

پیشگفتار..... ذ

## فصل ۱

۱

۱- اقتصاد امروز و دنیای شبکه‌ها..... ۱

هدف کلی..... ۱

هدف رفتاری..... ۱

۱-۱ قوانین جدید برای نظام اقتصادی جدید..... ۴

۱-۱-۱ پیوستن به جمع..... ۴

۱-۱-۱-۱ قدرت تمرکززدایی..... ۶

۱-۱-۱-۲ استراتژی‌ها..... ۱۰

۱-۱-۲ بازده صعودی..... ۱۲

۱-۱-۲-۱ موفقیت خودافزا..... ۱۲

۱-۱-۲-۲ استراتژی‌ها..... ۱۵

۱-۱-۳ فراوانی نه کمیابی..... ۱۶

۱-۱-۳-۱ ارزش از فراوانی جریان می‌گیرد..... ۱۶

۱-۱-۳-۲ استراتژی‌ها..... ۲۰

۱-۱-۴ رایگان‌سازی را پیگیری کنید..... ۲۱

۱-۱-۴-۱ چرا "نت" به سخاوت پاداش می‌دهد؟..... ۲۱

۱-۱-۴-۲ استراتژی‌ها..... ۲۷

۱-۱-۵ ابتدا وب را تغذیه کنید..... ۳۰

۱-۱-۵-۱ هرچه قدر که نت پیشرفت می‌کند، اعضا نیز بهره می‌برند..... ۳۰

۱-۱-۵-۲ استراتژی‌ها..... ۳۴

۱-۱-۶ در اوج واگذار کنید..... ۳۶

۱-۱-۶-۱ واگذاری بعد از موفقیت..... ۳۶

۱-۱-۶-۲ استراتژی‌ها..... ۳۹

۱-۱-۷ از "مکان‌ها" به سوی "فضاها"..... ۴۱

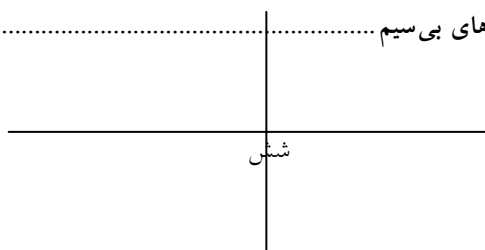
۱-۱-۷-۱ ساختن نوع دیگری از بزرگ بودن..... ۴۱

۱-۱-۷-۲ استراتژی‌ها..... ۴۶

- ۸-۱-۱ هماهنگی؟ خیر، سیلان پی در پی..... ۴۶
- ۱-۸-۱-۱ بدنبال نابرابری قابل حفظ باشید..... ۴۶
- ۲-۸-۱-۱ استراتژی ها..... ۴۸
- ۹-۱-۱ تکنولوژی رابطه..... ۵۰
- ۱-۹-۱-۱ با تکنولوژی شروع کنید، با اعتماد به پایان رسانید..... ۵۰
- ۲-۹-۱-۱ استراتژی ها..... ۵۴
- ۱۰-۱-۱ فرصت ها قبل از کارایی..... ۵۵
- ۱-۱۰-۱-۱ مشکل ها را حل نکنید، بدنبال ربودن فرصت ها باشید..... ۵۵
- ۲-۱۰-۱-۱ استراتژی ها..... ۵۹
- ۲-۱ جمع بندی..... ۶۰
- سوالات تشریحی فصل اول..... ۶۲

## فصل دوم

- ۶۳ اصول و مبانی شبکه ها..... ۶۳
- ۶۳ هدف کلی..... ۶۳
- ۶۳ هدف رفتاری..... ۶۳
- ۱-۲ تاریخچه شبکه ها..... ۶۴
- ۱-۱-۲ تاریخچه اینترنت..... ۶۵
- ۲-۱-۲ اینترنت: شبکه ای از شبکه ها..... ۶۶
- ۲-۲ آشنایی با سازمان های استاندارد در زمینه شبکه..... ۶۷
- ۱-۲-۲ ANSI..... ۶۸
- ۲-۲-۲ IEEE..... ۶۸
- ۳-۲-۲ ISO..... ۶۹
- ۴-۲-۲ IEC..... ۶۹
- ۵-۲-۲ IAB..... ۶۹
- ۳-۲ تقسیم بندی شبکه ها..... ۷۰
- ۱-۳-۲ شبکه های محلی..... ۷۱
- ۳-۳-۲ شبکه گسترده..... ۷۳
- ۴-۳-۲ شبکه های بی سیم..... ۷۴



۷۵	۲-۳-۵ شبکه شبکه ها
۷۵	۲-۴ لزوم طراحی لایه ای
۷۶	۲-۴-۱ اصول طراحی لایه ها
۷۸	۲-۴-۲ خدمات اتصال گرا و بی اتصال
۷۸	خدمات اتصال گرا:
۷۹	خدمات بدون اتصال:
۷۹	۲-۵ مدل های مرجع
۷۹	۲-۵-۱ مدل مرجع OSI:
۸۱	لایه فیزیکی:
۸۱	لایه پیوند داده ها:
۸۲	لایه شبکه:
۸۳	لایه انتقال:
۸۴	لایه جلسه:
۸۴	لایه نمایش:
۸۴	لایه کاربرد:
۸۵	۲-۵-۲ مدل مرجع TCP/IP
۸۵	لایه اینترنت:
۸۶	لایه انتقال:
۸۷	لایه کاربرد:
۸۸	لایه میزبان شبکه:
۸۸	۲-۵-۳ مقایسه مدل های مرجع OSI و TCP/IP
۹۱	۲-۵-۴ معایب مدل های مرجع OSI و TCP/IP
۹۱	زمان بندی نادرست:
۹۳	تکنولوژی نادرست:
۹۳	پیاده سازی نادرست:
۹۴	سیاست های نادرست:
۹۴	۲-۵-۵ نقدی بر مدل مرجع TCP/IP
۹۵	سؤالات تشریحی فصل دوم:
۹۷	سؤالات تستی فصل دوم:

### فصل ۳

۱۰۳

۱۰۳ ..... لایه فیزیکی

۱۰۳ ..... هدف کلی

۱۰۳ ..... هدف رفتاری

۱۰۴ ..... ۱-۳ محدودیت پهنای باند

۱۰۷ ..... ۲-۳ حداکثر نرخ داده در یک کانال:

۱۰۸ ..... ۳-۳ اجزاء فیزیکی انتقال:

۱۰۹ ..... ۱-۳-۳ کابل جفت تابیده:

۱۱۰ ..... ۲-۳-۳ کابل کوکسیال

۱۱۱ ..... ۳-۳-۳ فیبرهای نوری:

۱۱۳ ..... ۴-۳-۳ آداپتورهای رابط شبکه

۱۱۴ ..... ۵-۳-۳ هابهای شبکه

۱۱۴ ..... هابهای اترنت

۱۱۵ ..... ۴-۳ رسانه‌های انتقال بی‌سیم

۱۱۵ ..... ۱-۴-۳ مخابرات رادیویی

۱۱۶ ..... ۲-۴-۳ مخابرات میکروویو

۱۱۸ ..... ۳-۴-۳ امواج مادون قرمز و امواج نوری:

۱۲۰ ..... ۴-۴-۳ ماهواره‌ها

۱۲۰ ..... ماهواره‌های زمین ثابت

۱۲۱ ..... ماهواره‌های مدار متوسط

۱۲۱ ..... ماهواره‌های مدار پایین

۱۲۱ ..... ۵-۳ شبکه تلفن عمومی

۱۲۲ ..... ۱-۵-۳ ساختار سیستم تلفن

۱۲۵ ..... حلقه‌های محلی

۱۲۷ ..... ۲-۵-۳ مودمها

۱۳۲ ..... خطوط اجاره‌ای LEASED LINE

۱۳۴ ..... ۳-۵-۳ ADSL

۱۳۶ ..... ۴-۵-۳ مالتی پلکسینگ

۱۳۸	تسهیم سازی تقسیم فرکانسی
۱۳۹	تسهیم سازی تقسیم طول موج
۱۴۱	تسهیم سازی تقسیم زمانی
۱۴۷	SONET/SDH
۱۵۱	۳-۵-۵ راه گزینی SWITCHING
۱۵۲	راه گزینی مداری
۱۵۳	راه گزینی پیام
۱۵۴	راه گزینی بسته ای
۱۵۷	۳-۵-۶ مختصری درباره شبکه تلفن همراه
۱۶۰	سؤالات تشریحی فصل سوم:
۱۶۱	سؤالات تستی فصل سوم

## فصل ۴

۱۶۷	لایه پیوند داده ها
۱۶۷	هدف کلی
۱۶۷	هدف رفتاری
۱۶۸	۴-۱ مفاهیم اولیه لایه پیوند داده ها
۱۶۸	۴-۱-۱ وظایف لایه پیوند داده ها
۱۶۸	۴-۱-۲ خدماتی که به لایه شبکه داده می شود
۱۷۲	۴-۱-۳ قاب بندی، کنترل جریان، کنترل خطا
۱۷۲	قاب بندی
۱۷۷	کنترل خطا
۱۷۸	کنترل جریان
۱۷۹	۴-۲ روشهای کشف و تصحیح خطا در کانال
۱۸۰	۴-۲-۱ کدهای کشف و تصحیح خطا
۱۸۴	۴-۳ زیر لایه دسترسی به لایه انتقال
۱۸۵	۴-۴ مشکلات تخصیص کانال
۱۸۵	تخصیص کانال به شکل ایستا در شبکه های محلی و گسترده
۱۸۷	تخصیص کانال در شبکه های محلی گسترده به شکل پویا

۱۹۰	۵-۴ قراردادهای دستیابی چند گانه
۱۹۰	۱-۵-۴ ALOHA
۱۹۰	۱-۱-۵-۴ Pure ALOHA
۱۹۴	۲-۱-۵-۴ Slotted ALOHA
۱۹۶	۲-۵-۴ CSMA
۱۹۷	۱-۲-۵-۴ Persistent and Non Persistent CSMA
۱۹۹	۲-۲-۵-۴ CSMA/CD
۲۰۲	۳-۵-۴ قراردادهای بدون برخورد
۲۰۲	۱-۳-۵-۴ Bitmap
۲۰۴	۲-۳-۵-۴ Binary Count Down
۲۰۶	۴-۵-۴ قراردادهای شبکه‌های محلی بی‌سیم
۲۰۹	۱-۴-۵-۴ MACA
۲۱۰	۲-۴-۵-۴ MACAW
۲۱۱	۶-۴ اترنت
۲۱۱	۱-۶-۴ کابل کشی اترنت
۲۱۳	۲-۶-۴ کدینگ منچستر
۲۱۴	۳-۶-۴ پروتکل زیر لایه MAC در اترنت
۲۱۶	۴-۶-۴ اترنت سریع و اترنت گیگا بیت
۲۱۷	۷-۴ شبکه‌های بی‌سیم WirelessNetworking
۲۱۷	۱-۷-۴ مفاهیم و تعاریف
۲۲۳	۲-۷-۴ پارامترهای مؤثر در انتخاب و پیاده‌سازی یک سیستم WLAN
۲۲۶	۸-۴ بلوتوث
۲۲۷	۱-۸-۴ بلوتوث چیست؟
۲۲۸	۲-۸-۴ تاریخچه بلوتوث
۲۲۹	۳-۸-۴ بلوتوث چگونه کار می‌کند؟
۲۳۰	۴-۸-۴ مزایای بلوتوث
۲۳۱	سؤالات تشریحی فصل چهارم:
۲۳۲	سؤالات تستی فصل چهارم:

۲۳۹	لایه شبکه
۲۳۹	هدف کلی
۲۳۹	هدف رفتاری
۲۴۰	۱-۵ ملاحظات مهم در لایه شبکه
۲۴۰	۱-۱-۵ سوئیچینگ به روش ذخیره - هدایت
۲۴۱	۲-۱-۵ خدمات تهیه شده برای لایه انتقال
۲۴۲	۳-۱-۵ خدمات اتصال گرا و بی اتصال
۲۴۶	۴-۱-۵ مقایسه زیر شبکه های مدار مجازی و زیر شبکه های داده گرام
۲۴۹	۲-۵ الگوریتم های مسیریابی
۲۵۱	۱-۲-۵ اصل بهینگی
۲۵۳	۲-۲-۵ مسیریابی کوتاهترین مسیر
۲۵۶	۳-۲-۵ الگوریتم سیل آسا
۲۵۸	۴-۲-۵ مسیریابی بردار فاصله (DV)
۲۵۸	الگوریتم مسیریابی بردار فاصله
۲۶۰	۵-۲-۵ مسیریابی حالت پیوند (LS)
۲۶۱	اطلاعاتی راجع به همسایه ها
۲۶۲	اندازه گیری هزینه خط
۲۶۳	ایجاد بسته های حالت پیوند
۲۶۴	توزیع بسته های حالت پیوند
۲۶۷	محاسبه مسیرهای جدید
۲۶۸	۶-۲-۵ مسیریابی سلسله مراتبی
۲۷۲	۳-۵ الگوریتم های کنترل ازدحام
۲۷۲	۱-۳-۵ الگوریتم سطل سوراخ دار
۲۷۷	۲-۳-۵ الگوریتم سطل نشانه
۲۸۰	۴-۵ لایه شبکه در اینترنت
۲۸۰	۱-۴-۵ پروتکل IP
۲۸۴	۲-۴-۵ آدرس های IP

۲۸۷	.....	۳-۴-۵ آدرس های زیر شبکه
۲۹۱	.....	۴-۴-۵ نگاهی به چند پروتکل اینترنت
۲۹۱	.....	۱-۴-۴-۵ ICMP
۲۹۲	.....	۲-۴-۴-۵ ARP
۲۹۲	.....	۳-۴-۴-۵ DHCP و RARP و BootP
۲۹۳	.....	۵-۴-۵ چند پروتکل مسیریابی دیگر
۲۹۳	.....	۱-۵-۴-۵ OSPF
۲۹۵	.....	۲-۵-۴-۵ BGP
۲۹۶	.....	سوالات تشریحی فصل پنجم:
۲۹۷	.....	سوالات تستی فصل پنجم:



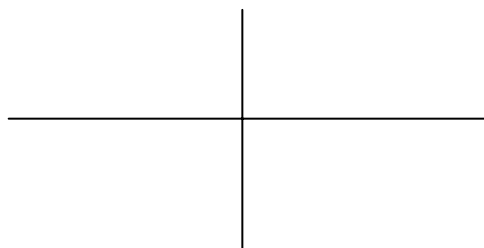
## پیشگفتار

کتاب حاضر با توجه به سر فصل تعیین شده برای دانشجویان دانشگاه پیام نور در رشته کامپیوتر با گرایش نرم افزار تهیه و تنظیم شده است. در تهیه این کتاب سعی بر آن شده است تا مباحثی که برای تدریس درس سه واحدی شبکه های کامپیوتری لازم به تدریس است، مطرح گردند. این کتاب مشتمل بر پنج فصل می باشد.

در انتهای هر فصل کتاب مجموعه ای از سؤالات تستی و تشریحی ارائه شده است.

نظر به لزوم جاگذاری معادل فارسی کلمات تخصصی برای راحتی فهم دانشجویان دو واژه نامه به صورت انگلیسی به فارسی و فارسی به انگلیسی در انتهای کتاب آمده است. در صفحه پایانی کتاب لیست منابع و مآخذ نیز برای آگاهی دانشجویان ارائه شده است.

این اثر با دقت نظر فراوان کارشناسان مدیریت تولید مواد و تجهیزات آموزشی مورد ارزیابی قرار گرفت که بدینوسیله از سرکار خانم خواجه پور و جناب آقای اکبری قدردانی می نمایم.



کتاب حاضر بعنوان منبع درسی در دانشگاه پیام نور اعلام شده که بعلت کوتاه بودن زمان امکان رفع کلیه ایرادات تایپی و نگارشی میسر نشد. لذا با وجود سعی و دقت فراوان در پدید آوردن اثری خودخوان ضمن پذیرفتن ایرادات احتمالی، در نوبت اول تیراژ این اثر محدود خواهد بود تا در نیمسال آینده بعد از دریافت پیشنهادات اصلاحی صاحب نظران، اساتید و دانشجویان نسبت به چاپ در تیراژ بالاتر اقدام گردد.

در پایان از آقای مهندس حسین رفیعی که در تنظیم و تدوین کتاب همکاری شایانی داشته اند سپاسگزاری می کنم.

داود کریم زادگان مقدم

پائیز ۱۳۸۵

# فصل ۱

## اقتصاد امروز و دنیای شبکه‌ها

### هدف کلی

آشنایی با نظام اقتصادی شبکه‌ای و اصول حاکم بر آن

### هدف رفتاری

دانشجو پس از مطالعه این فصل باید بتواند:

۱- نظام اقتصادی جدید را تشریح کرده و ارتباط آن را با دستاوردهای جدید بشر درک کند.

۲- اصول ده‌گانه اقتصاد جدید را برشمارد.

۳- اهمیت شبکه‌ها و بخصوص وب را در توسعه و تکامل اقتصاد جدید تحلیل نماید.

عصر حاضر به عصر اطلاعات شهره است و زیستن در چنین زمانه‌ای به بازنگری در تمامی شئون زندگی نیاز دارد. آموزش، فرهنگ، سنت‌ها، اقتصاد و قوانین اجتماعی به دوباره‌سازی و هماهنگی با عصر جدید نیاز دارند. اقتصاد به عنوان رکن اساسی زندگی بشر در این نظام دارای اهمیت بوده و نیازمند تحول ساختاری است. در این راستا باید قوانینی را برای اقتصاد جدید در نظر گرفت که با اصول و ساختار نظام نوین زندگی بشر تطابق داشته و خواسته‌های اقتصادی آن را برآورده کند. این اقتصاد جدید سه ویژگی متمایز دارد: ۱. جهانی است، ۲. وابسته به اشیاء و امور غیرملموسی چون ایده‌ها، اطلاعات و ارتباطات است ۳. اجزاء آن تماماً با هم در ارتباط است. این سه

ویژگی، نوع جدیدی از بازار و جامعه را ایجاد و تأسیس کرده‌اند، که از یک شبکه‌ی الکترونیکی جهانی نشأت می‌گیرد. در چنین اقتصادی شبکه‌ها به عنوان یکی از ارکان پیشرفت در دنیای امروز و اصلی‌ترین شاهراه ارتباطات دنیای جدید (که یکی از معیارهای سنجش رشد و توسعه فناوری اطلاعات در جوامع است) از اهمیت زیادی برخوردار است تا ضمن فوایدی چون از بین بردن نظام واسطه‌گری و سهولت و سرعت مبادلات اقتصادی، اقتصاد جدید را با ساختارهای فناوری عصر جدید هماهنگ و منطبق سازند. اگر ما نتوانیم منطق متمایز شبکه‌ها را درک کنیم، نخواهیم توانست از دگرگونی اقتصادی که پیش روی ماست، بهره ببریم. پیش فرض اصلی این است که اصولی را که دنیای نرم‌ها (دنیای غیرملموس، دنیای رسانه‌ها، دنیای نرم‌افزار) و دنیای خدمات را اداره می‌کنند، بزودی بردنیای سخت‌ها (دنیای واقعیات، دنیای اتم‌ها و اشیاء، دنیای فولاد و نفت و کار سختی که بوسیله عرق پیشانی ریخته می‌شود) حاکم خواهد شد.

فوت و فن تجارت غیرملموس، فوت و فن تجارت آینده خواهد شد. نظام اقتصادی جدید با چیزهایی چون اطلاعات، ارتباطات، حق کپی، تفریحات، امنیت‌ها، و زیرشاخه‌های آنها سروکار دارد. نظام اقتصادی ایالات متحده با استفاده از سیستم‌های سبک‌تر و انعطاف‌پذیرتر به سمت این غیرملموس‌ها در حرکت است. در طی فقط شش سال، وزن فیزیکی تولیداتی که در صدر فهرست تقاضاها در ایالات متحده وجود داشت، در هر دلار پنجاه درصد کاهش نشان داده‌اند. اکنون دنیای تجزیه‌یافته‌ی کامپیوترها، تفریحات و مخابرات، بزرگتر از هرکدام از غول‌های زمان گذشته چون ساختمان‌سازی، تولیدات مواد غذایی و یا کارخانجات اتومبیل گشته‌اند. این بخش‌های جدید که برپایه‌ی اطلاعات کار می‌کنند، پانزده درصد کل اقتصاد آمریکا را تشکیل می‌دهد. به عقیده دلانگ، آخرین قهرمان نجات‌دهنده اقتصاد، مجموعه اطلاعات، ارتباطات و سرگرمی‌ها خواهد بود. کسب و کار در قلمروی نرم‌افزار و ارتباطات موفقیت‌آمیز خواهند بود. مانند تردهستان، موفقیت را از کلاه جادویی خود بیرون می‌کشد و اختراعات بی‌پایان را روی هم انباشته می‌کند و خالق معجزات اقتصادی می‌شود. زنده باد کامپیوتر!

اما ارتباطات چیزی که همه تکنولوژی‌های دیجیتالی و رسانه‌ای به آن ختم می‌شوند، بخشی از نظام اقتصادی نیست، بلکه ارتباطات خودش نظام اقتصادی است. این پیش‌قراول نظام اقتصادی جدید، کامپیوتر نیست. دوره کامپیوترها به اتمام رسیده است. بیشتر نتایجی که از کامپیوترها به عنوان ماشین‌های مستقل انتظار داشته‌ایم، روی داده‌اند. نظام اقتصادی جدید حول محور ارتباطات عمیق و گسترده به گردش درمی‌آید. به همین دلیل است که شبکه‌ها این چنین مهم جلوه می‌نمایند. ارتباطات و هم‌پیمانش کامپیوترها، سرگذشتی ویژه در تاریخ اقتصادی دارند. البته نه بخاطر اینکه امروزه مبدل به یک بخش برجسته تجاری مد روز شده‌اند، بلکه بیشتر بخاطر تأثیرات فرهنگی، تکنولوژیکی و مفهومی است که در ریشه‌های زندگی مان درانداخته‌اند.

عظمت تأثیر نوآوری‌های شبکه به عظمت تأثیر ابداعات مالی و شاید از آن هم بزرگتر باشد. نظام اقتصادی ما، آمیخته‌ای است از روش‌های گوناگون تجارت، بازرگانی و تبادلات اجتماعی. کارکردهای نظام اقتصادی جدید، حول عاملان قدیم رشد می‌کنند. معامله‌ی پایاپای کالا، از اولین فرم‌های داد و ستد، هنوز از بین نرفته است. نظام اقتصادی معامله‌ی پایاپای، با گذر از عصر کشاورزی و عصر صنعتی، هنوز ادامه دارد. در واقع بیشترین چیزی که در وب گستره جهانی رخ نموده است، معامله‌ی پایاپای می‌باشد. حتی از حالا برای سالیان متمادی، بخش قابل توجهی از نظام اقتصادی به وسیله‌ی لایه‌های صنعتی ماشین‌هایی که کالاها و مواد را حمل و نقل می‌کنند، به چرخش در می‌آید. نظام اقتصادی گذشته، در چهارچوب نظام اقتصادی جدید بطور سودآوری به حیات خود ادامه خواهد داد.

در همان مسیری که جهان تراشه‌ها و فیبرهای نوری و امواج رادیویی در حرکت‌اند، بقیه جهان نیز در همان مسیر در حرکت خواهند بود. قالب‌های فولاد و خطوط انتقال نفت، دودکش‌ها و خطوط تولید کارخانجات و دانه‌های ریز و حتی نشخوارکردن گاوها نیز در شبکه‌ی دنیای تراشه‌های هوشمند و پهن‌بندهای سریع درهم تنیده می‌شوند و دیر یا زود، آنان نیز مانند هر چیز دیگری باید از قواعد جدید این نظام اقتصادی نو تبعیت کنند.

۴ شبکه‌های کامپیوتری

در این فصل، اقتصاد جدید، اصول آن و تعاملات آن با دنیای شبکه‌ها و فناوری روز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۱-۱ قوانین جدید برای نظام اقتصادی جدید

کوپن کلی می‌گوید این اصول را باید در عصر اقتصادی جدید در نظر گرفت:

۱- پیوستن به جمع

۲- بازده صعودی

۳- فراوانی، نه کمیابی

۴- رایگان‌سازی را پیگیری کنید

۵- ابتدا "وب" را تغذیه کنید

۶- در اوج واگذار کنید

۷- از "مکان‌ها" به سوی "فضاها"

۸- هماهنگی؟ خیر، سیلان پی‌درپی

۹- تکنولوژی رابطه

۱۰- فرصت‌ها قبل از کارایی

حال یک به یک این اصول را که پیکره نظام اقتصادی نوین را تشکیل می‌دهند بررسی می‌کنیم.

۱-۱-۱ پیوستن به جمع

اقتصاد امروز و دنیای شبکه‌ها ۵

هنگامی که قدرت از مرکز به بیرون جریان پیدا می‌کند، مزیت رقابتی متعلق به آنانی خواهد بود که یاد بگیرند چگونه نقاط قدرت غیرمتمرکز را در آغوش بگیرند. برای موفقیت در عصر حاضر باید جمع را درک کرده و خود را به آن پیوند دهید. شما باید جزئی از این دهکده بزرگ جهانی باشید که در جمع خود را محک زده و برای رسیدن به ایده‌آل‌ها رقابت می‌کنید.

### ۱-۱-۱-۱ قدرت تمرکززدایی

اتم، نشانه قرن بیستم است. به دور خود می‌چرخد و استعاره‌ای از فردیت را به نمایش می‌گذارد. اما عصر اتم گذشته است. سبیل قرن آینده، شبکه است. در شبکه هیچ مرکز و مداری وجود ندارد. هیچ اطمینانی یافت نمی‌شود. شبکه همچون تارهایی است که از هدف‌های نامشخص، بهم‌تنیده شده است. شبکه مدلی است برای نمایاندن تمام مدارها، تمام هوشمندی‌ها، تمام وابستگی‌های متقابل، تمام مسائل اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی، تمام ارتباطات، تمام دموکراسی، تمام خویشاوندی‌ها، تمام سیستم‌های بزرگ و تقریباً تمام چیزهایی که در نظر ما مهم و جالب به نظر می‌آیند.

### نت، آینده‌ی ماست

شاید بتوان بزرگترین دستاورد ما انسان‌ها را به هم‌بافتن مداوم زندگی‌هایمان، افکارمان و مصنوعاتمان به صورت یک شبکه در مقیاس جهانی دانست. این کار بزرگ برای دهه‌های متوالی ادامه داشته، ولی اخیراً توانایی ما به منظور برقراری ارتباط سرعت یافته است. دو دستاورد تکنولوژیکی جدید (تراشه سیلیکونی و فیبرنوری سیلیکات) با سرعتی باور نکردنی با هم در آمیخته‌اند. تلاقی این دو نوآوری مانند درهم شکسته شدن ذرات اتمی موجب رهاسازی نیرویی شده که تاکنون بی‌سابقه بوده است: قدرت نافذ و فراگیر نت. همچنان که این نت بزرگ گسترش می‌یابد، مجموعه‌ای سرزنده، سطح روی زمین را به صورت شبکه‌ای فرا می‌گیرند. ما سطح این کره خاکی را با جامعه شبکه‌ای شده می‌پوشانیم.

پویایی و حرکت جامعه ما به خصوص نظام اقتصادی جدید ما به طور روزافزونی از منطق شبکه‌ها تبعیت می‌کنند. دانستن چگونگی کارکرد شبکه‌ای می‌تواند کلیدی برای درک کارکرد نظام اقتصادی باشد.

محتوای هر شبکه‌ای شامل دو بخش است: گره‌ها و اتصالات. در این شبکه گسترده‌ای که در حال بنا نمودن آن هستیم، اندازه و حجم گره‌ها به شدت کاهش پیدا می‌کنند و همزمان کمیت و کیفیت اتصالات به طور انفجاری افزایش می‌یابند. این دو قلمروی



فیزیکی، کوچک شدن دنیای سیلیکونی و گسترش انفجاری اتصالات مرتبط به هم، ماتریسی را به وجود می‌آورد که از طریق آن ایده‌های نظام اقتصادی جدید به جریان می‌افتند. امروزه یک ترانزیستور سیلیکونی ساده فقط با میکروسکوپ قابل مشاهده است. در سالهایی نه‌چندان دور برای دیدن یک تراشه متشکل از ترانزیستورها نیز نیازمند میکروسکوپ خواهید بود. هر چه سایز تراشه‌های سیلیکونی کاهش می‌یابد، هزینه آنها نیز بسیار کاهش می‌یابد. اگر روند تغییرات به همین منوال ادامه یابد در سال ۲۰۰۵ حدود ۱۰ میلیارد تراشه ظریف سیلیکونی در محیط اطراف ما جاسازی خواهند شد.<sup>۱</sup> با قرار دادن ذره‌ای هوش در هر چیزی که می‌سازیم، ابتدا به نظر می‌آید که ما میلیارد‌ها مصنوع فاقد شعور داریم، ولی آنچه بوجود می‌آید میلیارد‌ها گره کوچکی است که یکی یکی به همدیگر متصل می‌باشند.

ما همه چیز را به همه چیز وصل می‌کنیم.

وقتی به هر چیزی اجازه دهیم میزان کمی داده را منتقل کند و یک سری اطلاعات ورودی را از مجاورت خود دریافت نماید، می‌توانیم یک شیء غیر فعال را به یک گره‌ی جاندار تبدیل کنیم.

نیازی نیست که هر شیء متصل شده داده‌های زیادی را جابه‌جا کند. یک تراشه ظریف درون یک مخزن آب در مزرعه‌ای واقع در استرالیا فقط یک پیغام تلگرافی دو بیتی در مورد پُر بودن یا پُر نبودن مخزن آب، جابجا می‌کند. برای انتقال بیت‌های فاقد شعور نیاز به سازماندهی خبره و پیشرفته‌ای نیست. اشیاء ثابت (قسمتی از ساختمان، دستگاه‌هایی که در کارخانه نصب شده‌اند، دوربین‌های ثابت) توسط سیم به همدیگر مرتبط‌اند. بقیه اجزاء متحرک (اکثر تولیدات) که بوسیله امواج مادون قرمز و رادیویی به همدیگر متصل شده‌اند، یک وب بدون سیم وسیع را تشکیل می‌دهند که بسیار بزرگتر

---

<sup>1</sup> کوین کلی در سال ۱۹۹۷ در چاپ اول کتاب خود این پیش‌بینی را کرد.

از شبکه‌ی سیمی است. عظمت و شکوه این ذره‌های به هم پیوسته در این است که نیازی به پیچیده بودن هر کدام از این اجزا نیست. آنها نیازی به تشخیص گفتار، هوش مصنوعی و یا سیستم‌های خیلی پیشرفته ندارند. در واقع نظام اقتصادی شبکه‌ای متکی بر قدرت بی‌خردانه بیت‌هایی است که در یک گروه به یکدیگر متصل شده‌اند. بارها و بارها ما شاهد پویایی مشابهی در سایر زمینه‌ها هستیم: سلول‌های فاقد شعور در بدن ما در یک گروه با هم کار می‌کنند تا یک سیستم هوشمند ایمنی پیچیده را ایجاد کنند. سیستم پیچیده‌ای که ما هنوز کاملاً آن را درک ننموده‌ایم.

**ذره‌های فاقد شعور که به صورت مناسب به یک توده متصل شوند نتایج هوشمندی بوجود می‌آورند.**

هزار میلیارد تراشه فاقد شعوری که به یک ذهن مجتمع متصل می‌شوند، سخت‌افزاری را بوجود می‌آورند و نرم‌افزاری که آن سخت‌افزار بوسیله آن کار می‌کند، نظام اقتصادی شبکه‌ای است. کره‌ای که سطحش با تراشه‌های مرتبط بهم پر شده است، حساسیت بالایی دارد. میلیون‌ها سنسور رطوبت سنج در مزارع کشاورزی، داده‌ها را منتقل می‌کنند، صدها ماهواره هواشناسی تصاویر دیجیتالی را به ما می‌فرستند، هزاران صندوق دریافت فروشگاه‌ها انبوه بیت‌های اطلاعاتی را بیرون می‌ریزند، انبوه صفحات نمایشگری که در کنار تخت‌های بیمارستان قرار دارند، اطلاعات را منتقل می‌کنند و میلیون‌ها سایت اینترنتی که حواس ما را به خودشان جلب می‌کنند و ده‌ها میلیون وسیله‌ای که گد موقعیت خود را انتقال می‌دهند، همه اینها حول شبکه به گردش در می‌آیند. ماتریس تمام این سیگنال‌ها، نت می‌باشد. نت فقط این نیست که اشخاص بتوانند بر روی آمریکن آنلاین با هم مکاتبه کنند، اگرچه قسمتی از وب همین است و بسیار هم فریبنده و جذاب نیز می‌باشد. نت تلاقی تجمعی میلیاردها شیء و موجود زنده است که از طریق هوا و شیشه به همدیگر متصل شده‌اند. از این نت است که نظام اقتصادی شبکه‌ای بوجود می‌آید. بر طبق گزارشات MCI، ترافیک داده‌ها روی سیستم مخابراتی جهانی بزودی از ترافیک صوتی فراتر می‌رود. در حال حاضر حجم کل ترافیک صوتی هزار برابر داده‌های مخابراتی است ولی در عرض سه سال این نسبت، عکس خواهد شد. تخمین زده می‌شود که ترافیک داده‌ها (صحبت ماشین‌ها با یکدیگر) در سال ۲۰۰۵

به ده برابر ترافیک صوتی برسد. این به معناست که تا سال ۲۰۱۵ بیشتر سیگنال‌هایی که رد و بدل می‌شود، صحبت ماشین با ماشین خواهد بود، یعنی انتقال فایل، جریان‌های اطلاعات و امثال اینها خواهد بود. امروزه نظام اقتصادی شبکه‌ای به گونه‌ای گسترش می‌یابد که مشتمل بر اعضا جدیدی شده است از جمله: عاملین، روبات‌ها، اشیاء و سرورها و چندین میلیارد انسان. ما صبر نمی‌کنیم تا هوش مصنوعی برای ما سیستم‌های هوشمند بسازد: این کار را با قدرت تجمعی محاسبات موجود در همه جا و ارتباطات فراگیر انجام می‌دهیم.

**مطمئن‌ترین راه برای رسیدن به هوش سرشار تجمع مقادیر زیادی از ذرات فاقد شعور می‌باشد.**

از مدل "اینترنت" می‌توان درس‌های زیادی برای نظام اقتصادی جدید آموخت. ولی شاید مهم‌ترین آنها پذیرفتن قدرت تجمعی اجزاء فاقد شعور باشد. هدف از قدرت تجمعی، کارایی بهتر در یک محیط مغشوش است. وقتی مسائل سریع و متلاطم اتفاق می‌افتند، تمایل دارند که حول یک کنترل مرکزی هدایت شوند. با متصل کردن تعدادی اجزاء ساده به یک اتحادیه نه چندان مستحکم، کنترل از مرکز به نقاط پائین‌تر یا بیرونی‌تر محوّل می‌شود، که در مجموع باعث می‌شود همه چیز در مسیر صحیح نگه داشته شوند. این سیستم موفقیت‌آمیز است، اما فراتر از آن است که تصور شود باید کنترل آن را کاملاً رها سازیم.

**تسلیم شدن محض به سطوح پائینی، منظور نظریه پیوستن به جمع نیست.**

وقتی راه‌های انتخاب زیادی وجود دارد، بدون عنصر هدایت از بالا، کنترل از پایین به بالا متوقف می‌شود. بدون داشتن عناصر رهبری، بسیاری از اعضا در گروه پائین به دلیل راه‌های انتخاب متفاوت قادر به حرکت نخواهند بود.

تعداد بی‌شماری اجزاء کوچک که در یک شبکه به همدیگر متصل می‌شوند، قدرت عظیمی را بوجود می‌آورند. ولی این قدرت گروهی نیاز به هدایت کمینه‌ای از بالا خواهد داشت تا بتواند بیشترین فایده خود را به انجام رساند. نظارت و سرپرستی

مناسب به شبکه بستگی دارد. در یک شرکت، رئیس و در شبکه‌ای اجتماعی، دولت و در شبکه‌های تکنیکی، استانداردها و کدها، نظارت و سرپرستی را به عهده دارند.

در حال حاضر با گسترش آنچه که انجام آن توسط سطوح پایین امکان‌پذیر است می‌توان دستاوردهای بیشتری نسبت به آنچه که در بالا تمرکز دارد، بدست آورد.

وقتی بحث به کنترل می‌رسد، در سطوح پائین فرصت‌های زیادی برای موفقیت وجود دارد. آنچه که برای ما مشهود است، وجود شبکه‌هایی است که براساس هم‌ترازی میلیون‌ها قسمت و با کمترین نظارت و بیشترین ارتباط مابین‌شان، توان انجام کارهایی را دارند که در مخیله هیچ‌کس نمی‌گنجد. ما هنوز حدود غیرمتمرکز شدن را نمی‌دانیم. بزرگترین سودی که در دهه‌های آینده به‌وسیله نظام اقتصادی جدید بدست می‌آید، اکتشاف و بهره‌برداری از قدرت شبکه‌های غیرمتمرکز و خودگردان خواهد بود.

در ابتدا برای هرشی یک تراشه می‌سازیم، سپس آنها را به هم متصل می‌کنیم. بعد از آن، کار را با وصل کردن انسان‌ها به یکدیگر ادامه می‌دهیم. آنقدر بحثمان را گسترش می‌دهیم تا جهان و مصنوعاتش را نیز دربرگیرد. اجازه می‌دهیم تا شبکه، اشیاء را تا آنجا که می‌تواند خودش هدایت کند. هر جا نیاز باشد، فرماندهی را اضافه می‌کنیم. در این ماتریس ارتباطات، تعامل می‌کنیم و به خلق می‌پردازیم. این نت است که آینده‌ی ماست. تمام فرآیند به زودی تکمیل نمی‌شود، ولی سرنوشت آنها مشخص است. همه چیز را به هم وصل می‌کنیم، تا تمام دنیای ساخته‌ی دست انسان را احاطه کنیم و در این احاطه، قدرت جدیدی خلق خواهد شد.

#### ۱-۱-۲ استراتژی‌ها

تکنولوژی را به سمت نامرئی شدن پیش برید. همانطوری که تکنولوژی در همه جا گسترده می‌شود، کم‌کم نامرئی نیز خواهد شد. هرچه تراشه‌ها بیشتر توسعه می‌یابند، کمتر متوجه حضور آنان می‌شویم. هرچه شبکه پیشرفت می‌کند، ما کمتر از آن آگاه خواهیم شد.

تکنولوژی کامپیوتر نیز دستخوش ناپدید شدن گشته است. اگر انقلاب اطلاعاتی نتیجه بخشد، کامپیوترهای مستقل رومیزی در نهایت ناپدید خواهند شد، تراشه‌های آن، خطوط ارتباطی‌اش، حتی رابط‌های بصری‌اش نیز در محیط اطراف ما محو می‌شوند تا اینکه ما دیگر از وجود آنها آگاهی پیدا نخواهیم کرد. (بجز زمانی که این تکنولوژی دچار مشکل شود). همچنان که عصر شبکه به بلوغ می‌رسد، خواهیم دانست که تراشه‌ها و فیبرهای نوری وقتی کامیاب خواهند شد که آنها را فراموش کنیم، چرا که چون معیار موفقیت تکنولوژی به میزان نامرئی بودن آن ارتباط دارد. بهترین استراتژی پایدار این است که محصولات و خدماتی را توسعه دهیم که قابلیت ناپدید شدن را داشته باشند.

اگر بی‌جان است، به آن جان بخشید. همانطور تکنولوژی نگارش، تمام چیزهایی را که ما می‌سازیم، پوشش می‌دهد (و نه فقط کاغذ را)، تکنولوژی‌های تعاملی نیز به زودی تمام آنچه را که می‌سازیم (و نه فقط کامپیوترها را) پوشش خواهند داد.

اگر متصل نشده است، آن را وصل کنید. به عنوان قدم اول، هرکارمند مؤسسه باید دسترسی مدام و راحت به یک سری امکانات متعارف از قبیل پست الکترونیکی، پست صوتی و رادیو و... داشته باشد. تا وقتی که ارتباطات ما به گونه‌ای نشود که در یک زمان معین در همه جا حضور داشته باشیم، نمی‌توانیم به طور کامل مزایای ارتباطات را باور کنیم.

دانش را نشر دهید. کمترین مقدار داده‌ها را نیز برای مطلع نگه داشتن تمام اجزاء سیستم از همدیگر، نگه دارید. برای مثال اگر شما سرپرست یک انبار کالا هستید، سیستم شما باید هر دقیقه نسبت به موقعیت اجزاء و قطعات آگاهی داشته باشد. این امر توسط بارکد کردن امکان‌پذیر می‌شود. ولی مسأله باید از این فراتر برود، این اجزا باید از آنچه که در سیستم در جریان است، آگاه باشند.

اگر شما در زمان حال نیستید، مرده‌اید. تجمعات، نیاز به ارتباط در زمان حال دارند. سیستم‌های زنده وقت چندانی برای پردازش سیگنال‌های وارد شونده ندارند. اگر نیاز

بود که این سیستم‌ها روی این مسئله بیش از حد وقت بگذارد، دیگر زنده به‌شمار نخواهند آمد.

سعی کنید بیشتر متفاوت باشید. با یک مشت شن‌ریزه، هرچه قدر هم تلاش کنید نمی‌توانید جریانی عظیم چون بهمن ایجاد کنید. ممکن است فردی صدها سال روی یک دانه شن مطالعه کند و هیچ وقت به این نتیجه نرسد که شن می‌تواند به یک توده بهمن مبدل شود. برای ایجاد یک توده شن، احتیاج به میلیون‌ها شن‌ریزه دارید. در سیستم‌ها تفاوت بیشتر است. شبکه‌ای با میلیون‌ها گره مطمئناً عملکرد متفاوتی نسبت به یک شبکه با صدها گره دارد.

### ۱-۱-۲ بازده صعودی

#### ۱-۱-۲-۱ موفقیت خودافزا

شبکه‌ها منطق خودشان را دارند. وقتی شما همه چیز را به همه چیز وصل کنید، اتفاق عجیبی پدید می‌آید.

ریاضی به ما می‌گوید که ارزش یک شبکه به نسبت مجذور تعداد افراد عضو افزایش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر همانطور که تعداد گره‌های یک شبکه بطور حسابی افزایش پیدا می‌کند، ارزش شبکه بطور نمایی افزایش می‌یابد. افزایش تعداد کمی عضو می‌تواند ارزش کل اعضا را بطور چشمگیری افزایش دهد.

معجزه "n" به توان دو" این است که چنانچه شما یک عضو جدید به مجموعه گروه بیافزایید، ارتباطات میان آنها را به مقدار خیلی بیشتری افزایش می‌دهید. شما ارزش بیشتری را از آنچه می‌افزایید، بدست می‌آورید. این مسئله در دنیای صنعتی صادق نیست. در نظام اقتصادی شبکه‌ای، یک تلاش کوچک می‌تواند به نتایج بزرگی بیانجامد.

وقتی ما به تعداد ارتباطات ممکن در شبکه می‌افزاییم، نه فقط تعداد ترکیباتی را که اعضا دو به دو با هم بوجود می‌آورند، افزایش می‌دهیم، بلکه برهمه گروه‌های ممکن می‌افزاییم. این ترکیبات اضافی ارزش شبکه را به سرعت بالا می‌برد. اینکه چه مقدار

عددی دقیق بر آن افزوده می‌شود اهمیت چندانی ندارد، کافی است بدانیم که ارزش یک شبکه نسبت به مقدار ورودی‌اش بی اندازه بیشتر می‌شود.

این گرایش شبکه‌ها که به طور شگفت‌آوری ورودی‌های کوچک را تشدید می‌کند، ما را به دومین قاعده‌ی کلیدی کلی منطق شبکه‌ها راه می‌برد: قانون بازده صعودی. به دلایلی این قانون، بیشتر رفتار عجیب و غریب نظام اقتصادی شبکه‌ای را استحکام می‌بخشد. ساده‌ترین نسخه آن شبیه زیر است: ارزش یک شبکه همانطور که اعضای آن افزایش می‌یابد، منفجر می‌شود و متقابلاً انفجار ارزش، اعضای بیشتری را بسوی خود می‌کشد و نتیجه را افزایش می‌دهد.

یک اظهار نظر قدیمی این مطلب را بطور خلاصه بیان می‌کند: آنهایی را که داده‌ای، دوباره پس خواهی گرفت.

در نظام اقتصاد صنعتی، موفقیت خود محدودکننده بود؛ نظام اقتصاد صنعتی از قانون بازده نزولی متابعت می‌کند. در نظام اقتصادی شبکه‌ای، موفقیت در خودافزایی می‌باشد. این نظام اقتصادی، از قانون بازده صعودی پیروی می‌کند.

اقتصاد صنعتی و اقتصاد شبکه‌ای دو فرق عمده با یکدیگر دارند:

اولاً: اقتصاد صنعتی به تدریج و بطور خطی ارزش را افزایش می‌دهد. تلاش‌های کم، منجر به نتایج ناچیزی می‌شوند، تلاش‌های بسیار، نتایج فراوانی را ببار می‌نشانند. ولی شبکه‌ها ارزش را بطور نمایی افزایش می‌دهند. کوشش‌های کم، یکدیگر را تقویت می‌کنند، به طوری که نتایج این تقویت می‌تواند به بهمن سهمگینی مبدل شود. در اینجا تفاوتی چون تفاوت یک قلک و سود انباشته می‌بینیم.

دوم و مهمتر اینکه؛ در اقتصادهای صنعتی یک سازمان مجرد تلاش‌های بسیاری برای غلبه بر رقبا صورت می‌دهد که بوسیله خلق ارزش با کمترین هزینه حاصل می‌گردد و این مزیت بوسیله شرکتی که پیشتاز است به تنهایی حاصل می‌شود. برعکس، بازده صعودی شبکه‌ای شده، بوسیله تمام شبکه خلق می‌شود و همه در رشد آن سهیم می‌باشند. عامل‌ها، کاربران و رقبای زیادی با کمک هم ارزش شبکه را خلق می‌کنند.

اگر چه عواید بازده صعودی ممکن است بطور نابرابر بوسیله یک شرکت برداشت شود و لیکن ارزش سودها در روابط "وب" بزرگتر نهفته است.

فروشنندگان انحصارگر در یک نظام اقتصادی شبکه‌ای مطلوبند. زیرا بخاطر بازده صعودی و ارزش "n به توان دو"، یک ائتلاف بزرگ منفرد بر تعدادی ائتلاف منفرد کوچک‌تر برتری دارد. نظام اقتصادی شبکه‌ای، فروشنندگان تک با توانایی باروری بالا بوجود می‌آورد. چیزی که در نظام اقتصادی شبکه‌ای تحمل ناپذیر است، "انحصار در نوآوری" است، یعنی اینکه بازار به یک منبع نوآوری وابسته شود. خطر انحصارگران در نظام اقتصادی شبکه‌ای این نیست که آنان می‌توانند قیمت‌ها را افزایش دهند، بلکه نگرانی آنجاست که آنان تنها نوآوران بازار بشوند. اما در اینجا راه‌هایی برای تشویق "تکثر در نوآوری" (یعنی منابع چندگانه نوآوری)، در دنیای انحصارگران وجود دارد: خلق سیستم‌های باز، حرکت از دارایی‌های هوشمند کلیدی به قلمروی عمومی، آزادکردن دمکراتیک منابع کدهای رمزگذاری شده. همانطور که ما به فهم اهمیت بازده صعودی و دیگر قواعد جدید نظام اقتصادی شبکه‌ای نائل می‌شویم، می‌توانیم انتظار داشته باشیم فهم ما از قواعد برندگان بازار نیز تغییر کند.

اول بودن یا بهتر بودن بعضی اوقات کمک می‌کند، اما همیشه راه‌گشا نخواهند بود. نتیجه رقابت در یک شبکه لزوماً بوسیله توانایی‌های رقبا معین نمی‌شود، بلکه به تفاوت‌های ناچیز بین رقبا و شانس آنها نیز بستگی دارد که بوسیله قدرت حلقه بازخورد مثبت مضاعف می‌شود. سرنوشت رقابت وابسته به مسیری است که موانع و حمایت‌های کوچک آن، می‌توانند سیستم را از سویی به سوی دیگر بکشاند. البته سرنوشت نهایی نمی‌تواند براساس شاخص‌های استثنایی و ویژه پیش بینی شوند.

چیزی که قابل پیش‌بینی است، نحوه‌ای است که شبکه‌ها، مزیت‌های کوچک را بزرگ می‌کنند، سپس مزیت‌های خلق شده حفظ می‌شوند. به همین نحو، قراردادهای پارامترهای آغازین می‌توانند به استانداردهای تغییرناپذیر مبدل شوند. استانداردهای تثبیت‌یافته یک شبکه، هم نعمت هستند و هم نعمت. نعمتند، چون که موافقت‌نامه‌های تک منظوره ریسک را کاهش می‌دهند و بنابراین جرعه‌های پیشرفت در همه زمینه‌ها



گسترش پیدا می‌کند و از بابتی نعمت به شمار می‌روند، چرا که به کسانی که صاحب استاندارد هستند و یا آن را کنترل می‌نمایند، بطور نابرابر پاداش می‌دهد.

اینترنت بهترین نمونه مجسم از انفجار موفقیت در نظام اقتصادی شبکه‌ای می‌باشد. همان طور که متخصصین شبکه با این سخن موافقت می‌کنند که اینترنت قبل از اینکه بر امواج رسانه‌ها سوار شود، برای دو دهه یک باتلاق فرهنگی (پرجذبه) منزوی بود. نمودار تعداد میزبانان اینترنت از دهه ۱۹۷۰ شروع شد، اما به سختی تا سال ۱۹۹۱ از آن تعداد کم فراتر رفت، تا اینکه از حول و حوش ۱۹۹۱ میزبانان جهانی آن ناگهان مثل قارچ رویدند و یک‌دفعه به تمام دنیا گسترده شدند.

در واقع اگر احساس می‌شود که "وب" در صف اول رشد قرار دارد، بخاطر آن است که برای اولین بار در تاریخ ما شاهد رشد بیولوژیکی در نظام تکنولوژیکی هستیم.

رفتار ارگانیکی در یک ماتریس تکنولوژیکی تعریف مناسبی از یک شبکه می‌باشد.

هر روزه ما شواهدی از رشد بیولوژیکی در سیستم‌های تکنولوژیکی می‌بینیم. این مسأله یکی از علائم نظام اقتصادی شبکه‌ای است. این بیولوژی در تکنولوژی ریشه گرفته است و یکی از دلایلی است که شبکه‌ها هرچیزی را تغییر می‌دهند.

تکنولوژی، فرهنگ ما می‌شود و فرهنگ ما تکنولوژی

تکنولوژی دیگر چیزی جدا از ما محسوب نمی‌شود، دیگر غریبه و حاشیه‌ای به شمار نمی‌رود، بلکه در مرکز زندگی ما قرار گرفته است. لوری اندرسون می‌گوید: "تکنولوژی آتشی است که همگی دور آن حلقه زده‌ایم. برای دهه‌های زیادی، تکنولوژی برتر در حاشیه حضور داشت. ناگهان سوسو زد و همه جا را فرا گرفت و مهمترین شد."

#### ۱-۲-۲-۱ استراتژی‌ها

به تأثیرات خارجی رسیدگی کنید. مراحل اول رشد نمایی، شبیه هر رشد جدید است. شما چگونه می‌توانید قبل از نیروی حرکت، اهمیت را نمایان سازید؟ بوسیله معین کردن اینکه رشد اولیه به تأثیرات شبکه مربوط است تا تلاش‌های مستقیم شرکت.

آیا بازده صعودی، سیستم‌های باز، اعضای "n به توان دو"، دروازه‌های چندگانه به شبکه‌های چندگانه نقشی دارند؟ محصولات یا شرکت‌ها یا تکنولوژی‌هایی که به میزان اندکی جلو می‌افتند، حتی وقتی که در درجه دوم هستند، بوسیله بهره‌برداری از اثرات نت، کاندیدای نخستین برای رشد نمایی به‌شمار می‌آیند.

وب‌های کوچکتر را هماهنگ کنید. سریع‌ترین راه برای آنکه ارزش شبکه‌ی خودتان را تقویت کنید، این است که شبکه‌های کوچکتر را دورهم جمع کنید تا آنها به عنوان یک شبکه بزرگتر عمل کنند و ارزش کلی "n به توان دو" را بدست بیاورند. اینترنت اینگونه به پیروزی رسید.

حلقه بازخوردی تشکیل دهید. شبکه‌ها، اتصالات را می‌فشارند و اتصالات، حلقه‌های بازخوردی را بوجود می‌آورند. در مفهوم کسب و کار نظام اقتصادی جدید، فهم بازخورد به همان اندازه مهم می‌باشد که بازگشت سرمایه اهمیت دارد.

از مدت زمان مورد نیاز برای به ثمر رسیدن محصول محافظت کنید. چون نظام اقتصادی شبکه‌ای به فرزی و چالاکی، اهمیت فراوان می‌دهد، در شبکه نت، هر آنچه که کند است و صبر و حوصله زیاد طلب می‌کند، زمین‌گیر خواهد شد.

نظام اقتصادی شبکه‌ای یک بازی است که براساس اصل بُرد، بُرد، انجام می‌پذیرد.

### ۱-۱-۳ فراوانی نه کمیابی

#### ۱-۱-۳-۱ ارزش از فراوانی جریان می‌گیرد

این فراوانی است که نظام اقتصادی شبکه‌ای را اداره می‌کند و نه کمیابی. نسخه‌برداری، رونوشت، کپی‌برداری، روبه تزاید است. هر چیزی که می‌تواند تولید شود، در فراوانی تولید می‌شود، فراوانی:

- ارزش خلق می‌کند.

- سیستم‌های بسته را باز می‌نماید.

- فرصت‌های زیادی را بوجود می‌آورد.

در نظام اقتصادی شبکه‌ای، چیزهایی که فراوان‌تر شوند، با ارزش‌ترند.

این نکته در تضاد مستقیم با دو اصل بدیهی بنیادینی است که ما از دوره صنعتی به ارث برده‌ایم.

اولین قاعده کلی قدیمی: ارزش‌ها از کمیابی نشأت می‌گیرند. برای مثال: چیزهای با ارزش در دوره صنعتی (الماس، طلا، نفت و درجه‌های دانشگاهی) گرانبها به نظر می‌رسند، چون کمیابند.

دومین قاعده کلی قدیمی: وقتی چیزها فراوان شدند، ارزش آنها کاسته می‌شود. برای مثال فرش‌ها زمانی کمیاب بودند. فرش‌های دستبافت فقط در خانه‌های ثروتمندان یافت می‌شدند. این فرشها، وقتی که توسط هزاران ماشین بافندگی قابلیت تولید پیدا کردند، وضعیت سمبولیک‌شان را از دست دادند. قانون سنتی کامل شد. عمومیت، ارزش را کاهش می‌دهد.

منطق شبکه‌ها، این درس صنعتی را برعکس کرده است. در نظام اقتصادی شبکه‌ای، ارزش از فراوانی نشأت می‌گیرد، همانطور که ماشین‌های فکس فراگیر و موجود در همه جا می‌شوند، ارزش ماشین‌های فکس موجود در جاهای دیگر نیز افزایش پیدا می‌کند. در حقیقت قدرت از فراوانی می‌آید. کپی ارزان می‌شود. پس اجازه دهید آنها توسعه پیدا کنند.

هر وقت که یک سیستم بسته، به سیستمی باز مبدل شود، بطور مستقیم شروع به تعامل با دیگر سیستم‌های موجود می‌کند و بدین وسیله صاحب ارزش‌های همه آن سیستم‌ها می‌شود.

در اواسط دهه ۱۹۸۰ من به یک جامعه آنلاین پیشگام که "ول" نامیده می‌شد، پیوستم. شما به مودم مخصوص "ول" تماس می‌گرفتید و سپس بعد از آنکه وصل شدید، می‌توانستید با هر یک از دو هزار عضو "ول" چت کنید یا نامه الکترونیکی بفرستید.

"ول" در طی زمان کوتاهی، جهشی بزرگ کرد و به ارائه خدمات نامه الکترونیکی در اینترنتی که در آن زمان ناشناخته و عجیب می‌نمود، پرداخت. ارزش "ول" در نظر دو هزار عضو افزایش یافت. چرا که حالا آنان می‌توانستند به هزاران پرفسور دانشگاه و کارشناسان زبده نامه الکترونیکی بفرستند. سپس "ول" سیستمش را بازتر کرد و سیستم **Ftp** را بوجود آورد، که به کاربران اجازه می‌داد تا از سرورهای دیگر به وسیله اینترنت فایل دریافت کنند یا به آنها فایل بفرستند. دوباره ارزش "ول" منفجر شد. با تلاش کمی ارزش فوق‌العاده‌ای شبکه **Ftp** را در برگرفت، حتی "ول" بازتر از این شد و به کاربران اجازه داد تا در محیط وب با یکدیگر مکالمه کنند. بنابراین همه ارزش‌های وب را جمع کرد.

در هر مرحله هزینه‌هایی وجود داشت. با ورود هر عضو به وب، کنترل کمتر بر محیط، صدای بیشتر، خرابکاری تصادفی یا بوسیله هکرها و بیشتر از همه نگرانی از اینکه الگوی کسب و کار بهم می‌ریزد، بوجود می‌آید. در همان زمان، آشکار شد که شرکت بسته "ول" از بین رفته است.

وقتی تعداد سیستم‌هایی که در یک نوآوری، شرکت یا تکنولوژی به هم می‌رسند بطور خطی افزایش پیدا می‌کنند، بر ارزش آنها بطور نمایی افزوده می‌شود.

قانون فراوانی در مورد فراگیری نیست. نفع شخصی یک کسب و کار معمولی تضمین‌کننده‌ی این است که همه شرکت‌های دنیا، محصولات یا خدماتشان را به هر خانه و یا هر مغازه‌ای بفرستند. محبوبیت هدفی سنتی بود، اما چیزی نیست که فراوانی شبکه بدنبال آن است.

آن فراوانی که نظام اقتصادی شبکه‌ای براساس آن ساخته شده، فراوانی فرصت‌ها است.

با این که این واقعیت وجود دارد که هر آدرس پست الکترونیکی اضافه در دنیا، ارزش همه آدرس‌های پست الکترونیکی قبلی را افزایش می‌دهد (و آن تأثیر ابتدایی فراوانی است)، افزایش ارزش بدین دلیل اتفاق می‌افتد که هر آدرس پست الکترونیکی یک گره فرصت محسوب می‌شود و نه فقط یک محصول مصنوعی. آدرس پست الکترونیکی

چیزی بیش از یک روش برای مبادله اطلاعات است. چرا که پست الکترونیکی از شبکه نشأت گرفته است و در آن فرصت‌های مختلف در جهات مختلف بطور هم‌زمان حرکت می‌کنند.

قانون فراوانی به دقیق‌ترین نحو بیان می‌کند: در یک شبکه هرچه فرصت‌های بیشتری بدست آیند، به سرعت فرصت‌های جدید دیگری خلق می‌شوند.

هر چه موقعیت‌های موجود بیشتری به چنگ آورده شوند، فرصت‌های جدید بیشتری که به‌طور نمایی افزایش می‌یابند از راه می‌رسند. شبکه‌ها، تعداد روابط بالقوه را افزایش می‌دهند و از این روابط، محصولات، خدمات و مواد عینی حاصل می‌شوند.

یک شیء منزوی، هرچقدر هم که خوب طراحی شده باشد، پتانسیل محدودی برای خلاق بودن دارد. یک شیء متصل، به عنوان یک گره در شبکه به شمار می‌رود و با گره‌های دیگر تعامل می‌کند، می‌تواند صدها رابطه منحصر بفرد برقرار کند، بطوریکه در نبود این اتصال، این کار به هیچ وجه امکان‌پذیر نخواهد بود.

**شبکه، کارخانه ممکنات است.**

در نظام اقتصادی شبکه‌ای، مخزن فراوانی آنقدر عظیم است که همین سر و کار داشتن با انتخاب‌های بی‌شمار و ممکناتی که بطور قارچ می‌رویند، می‌تواند به عنوان عامل محدودکننده‌ای در آینده به شمار آیند. راهیابی معقولانه از میان اقیانوس وسیع انتخاب‌ها، کاملاً دشوار است. یک سوپرمارکت در آمریکا ۳۰ تا ۴۰ هزار کالا به معرض فروش می‌گذارد. متوسط خریداران ۲۱ دقیقه در فروشگاه قدم می‌زنند و ۱۸ قلم کالا از میان این ۴۰ هزار کالا گلچین می‌کنند. این تصمیم‌گیری شاهکار شگفت‌انگیزی است. اما این نوع تصمیم‌گیری در مقایسه با آنچه که در وب اتفاق می‌افتد، ناچیز می‌نماید. یک میلیون وب‌سایت فهرست شده وجود دارد که شامل دویست و پنجاه میلیون صفحه می‌باشند. پیدا کردن صفحه مورد نظرمان از میان این کهکشان صفحه گیج‌کننده است. این تعداد صفحات هر ساله دو برابر نیز می‌شوند. سر و کار داشتن با فراوانی دشوار است، چون همه چیزهایی که ما در دنیا می‌سازیم مرکب‌اند.

تا می‌توانید به شبکه‌های دیگر بپیوندید. چون در نظام اقتصادی شبکه‌ای ارزش هر بسته به وسیله تعداد شبکه‌هایی که آن بسته از آنها عبور کرده است بطور نمایی تکثیر می‌یابد، به همین دلیل به صلاح شما خواهد بود که با شبکه‌های دیگر در تماس باشید. این فراوانی است. می‌توانید تعداد ارتباطاتی را که از شما و یا به سمت شما و یا به سمت خدماتتان و یا محصولاتتان می‌آیند، به حداکثر برسانید.

فرصت‌های دیگران را به حداکثر برسانید. در هر جنبه از کسب و کارتان (و زندگی شخصی‌تان) به دیگران اجازه دهید تا موفقیتشان را حول موفقیت شما بنا کنند. بجای اینکه وابستگی آنها به موفقیت خود را یک نوع مزاحمت یا بدتر یک نوع کلاهبرداری برداشت کنید، درک کنید که این اتصال تنگاتنگ، یک پایداری محسوب می‌شود. به صلاح است که شما بقیه را تشویق نمایید حول محور توجه مشتریانی که بدست آورده‌اید، خدمت ارائه دهند یا عرضه‌کننده مکمل‌های محصولاتتان باشند. یا اگر ایده‌ی خیلی جدیدی است، بدل قانونی آن را بسازید. در اولین نگاه این پیشنهاد کمی غیرمعقولانه به ذهن می‌رسد، اما مستقیماً هماهنگ با منطق شبکه است.

کالاهایتان را در انزوا نگه ندارید، اجازه دهید که جریان داشته باشند. هزینه‌های تولید مجدد همه چیز در حال پایین آمدن هستند. این در حالی است که هزینه اصلی، شامل هزینه تولید اولین کپی و هزینه جلب توجه به آن می‌باشد. دیگر لازم نیست بیش از حد مواظب محصولاتتان باشید. در عوض باید این آزادی برای آنان فراهم شود تا در همه جا به گردش درآیند.

از سیستم‌های اختصاصی اجتناب کنید. دیر یا زود سیستم‌های بسته باید یا تبدیل به سیستم‌های باز شوند و یا بمیرند. اگر برای دسترسی به خدمات آنلاینی باید با یک شماره تلفن خاص تماس گرفته شود، این خدمات رو به نابودی است. اگر نیازمند وسیله ویژه‌ای برای خواندن باشد، آن هم شکست خورده است. اگر چیزی را که می‌دانید، نتوانید با رقبا بصورت شراکت در میان بگذارید، بازهم بازنده‌اید. سیستم‌های بسته، فرصت‌های دیگران را از بین برده و نقاط قوتشان را کاهش می‌دهد. بدین دلیل

است که نظام اقتصادی شبکه‌ای، که بر پایه فراوانی شکل گرفته‌است، سیستم‌های بسته را نادیده می‌گیرد.

به دنبال کمیابی نباشید. هر عصری، توسط کسانی که می‌فهمند کمیابی در کجاست، برجسته می‌شود. در نظام اقتصادی شبکه‌ای قطعاً کمیابی نیز وجود خواهد داشت. اما با بهره‌برداری از فراوانی ثروت بیشتری حاصل خواهد شد.

### ۱-۱-۴ رایگان‌سازی را پیگیری کنید

#### ۱-۱-۴-۱ چرا "نت" به سخاوت پاداش می‌دهد؟

هر ساله بهترین کالاها ارزان‌تر می‌شوند. این اصل، آنقدر در زندگی ما تنیده شده که ما بدون آنکه به آن ببالیم، با توجه به آن سرمایه‌گذاری می‌کنیم. اما باید به آن ببالیم، چرا که این پارادوکس، موتور مهم نظام اقتصادی جدید به‌شمار می‌رود.

مصرف‌کنندگان قبل از عصر صنعتی، در ازای افزایش جزئی قیمت، انتظار رشد چندانی را در کیفیت کالا نداشتند. با گذشت سالها، محصولات بهبودیافته گران‌تر می‌شدند. اما با ورود اتوماسیون و انرژی ارزان در عصر صنعتی، صاحبان کارخانجات توانستند معادله را بکلی واژگون کنند. آنها در ازای افزایش کیفیت، هزینه‌ی کمتری را طلب نمودند.

با ورود ریزپردازنده‌ها این افسونگری شتاب بیشتری بخود گرفته است. در عصر اطلاعات، مصرف‌کنندگان به کیفیت به شدت برتر محصولات در ازای کاهش زیاد قیمت آنها در طی زمان، متکی شده‌اند. یک توصیه معقولانه به هر کسی که امروزه درباره خرید کالایی سؤال می‌کند، این است که باید خرید خود را تا زمانی که واقعاً به آن کالا نیازمند نشده، عقب بیاورند. یک متخصص حمل و نقل روزی به من می‌گفت، تقریباً در عصر اطلاعات چیزی با کشتی جابجا نمی‌شود. بلکه همه چیز، از طریق هوا جابجا خواهد شد. وقتی که محصولات در مسیر حمل و نقل هستند، دیگر شانس برای سقوط قیمت‌ها باقی نمی‌ماند.

شرکت‌های هوشمند، منحنی یادگیری را پیش‌بینی می‌کنند. شرکت‌های بسیار هوشمند، با افزایش تعداد معاملات به هر نحو که شده شیب این منحنی را افزایش می‌دهند. در حالی که بازده صعودی بصورت بالقوه تقاضای چیزی را بالا می‌برد (هر ماهه تقاضای آن را دو برابر می‌کند) تأثیرات شبکه، شیب سقوط قیمت‌ها را افزایش می‌دهد.

تراشه‌های کامپیوتری، نمودار یادگیری را با سرعت بیشتری به حرکت درمی‌آورند. تراشه‌های مناسب‌تر قیمت تمام جنس‌های تولید شده، از جمله تراشه‌های جدید را کاهش می‌دهند. مهندسين با استفاده از توانایی کامپیوترها به طریق مستقیم و غیرمستقیم برای خلق کامپیوترهای ارتقاء یافته به طور مستقیم و غیرمستقیم بهره می‌برند که هم افزایش نرخ ساخت تراشه‌ها را تسهیل می‌کنند و هم باعث سقوط قیمت‌هایشان شده و نهایتاً نرخ ارزان‌شدن کالاها را تسریع می‌بخشند. مزیت‌ها یک سیکل تکراری ایجاد می‌کنند.

حلقه‌های بازخوردی، شبکه‌ها را اشباع می‌کنند. چون مردمان و ماشین‌های زیادی در یک حلقه بازخورد مشترک بهم مرتبط شده‌اند، حلقه‌های مزیت شکل می‌گیرند. تکه‌های جدا از هم به یک جمع انباشته می‌پیوندند.

- گسترش دانش، کامپیوترها را باهوش‌تر می‌کند.
  - همان‌گونه که کامپیوترها باهوش‌تر می‌شوند، بعضی از این دانش‌ها را به خط تولید انتقال می‌دهیم، سپس هزینه‌های تولید کالا را پائین می‌آوریم و تکامل آنها را که شامل تراشه‌ها نیز می‌شوند، افزایش می‌دهیم.
  - تراشه‌های ارزان‌تر، هزینه‌های یک سرمایه‌گذاری رقابتی را کاهش می‌دهند، بنابراین رقابت و بسط دانش، هزینه‌ها را به میزان بیشتری کاهش می‌دهند.
- فوت و فن ارزان نمودن به سرعت در سراسر صنعت گسترش پیدا می‌کند و به خلق تراشه‌ها و ابزارهای ارتباطی بهتر و ارزان‌تر می‌انجامد.



همان‌گونه که قیمت‌ها ناگزیر به سوی مجانی شدن در حرکتند، بهترین عمل در نظام اقتصادی شبکه‌آی پیش‌بینی این ارزانی است.

آنقدر آمدن ارزانی در نظام اقتصادی جدید حتمی است که هر کسی با پیش‌بینی آن می‌تواند پول زیادی بدست آورد. یکی از پدیده‌هایی که حکایت از جدی بودن ارزانی می‌کرد و ریشه در انفجار بزرگ عصر اطلاعات داشت، هنگامی بود که نیمه‌هادی‌ها (ترانزیستورها) متولد شدند.

در نظام اقتصاد شبکه‌ای، قیمت تراشه‌ها و هزینه دسترسی به پهنای باند، تنها چیزهایی نیستند که به سمت صفر میل می‌کنند. بلکه هزینه محاسبه نیز به سمت صفر میل می‌کند. واحد اندازه‌گیری محاسبات بوسیله میلیون‌ها محاسبه در ثانیه اعلام می‌شود. به عبارت دیگر، هزینه‌های تراکنش نیز به سمت مجانی شدن میل می‌کند. اطلاعات (تیتراخبار و قیمت سهام) نیز به سوی مجانی شدن حرکت خواهند نمود.

در واقع همه چیزهایی که قابل کپی شدن می‌باشند، چه ملموس و چه غیرملموس، هوادار قانون قیمت‌گذاری معکوس هستند که می‌گوید هر چه بیشتر رشد کنند، ارزان‌تر خواهند شد.

در حالی که واقعیت این است که قیمت اتومبیل هیچگاه مجانی نخواهد شد، ولی هزینه هر مایل رانندگی می‌تواند به سمت صفر میل کند. این عملکرد (حرکت بدنه) در هر دلار پایین می‌آید، که بیانگر نکته مهمی است. چرا که هر زمان هزینه کارکرد به سمت صفر میل می‌کند، سهم مخارج همچنان ثابت باقی می‌ماند و یا حتی بالاتر نیز می‌رود. بهر حال با هزینه‌های ارزان‌تر، ما خیلی بیشتر سفر می‌کنیم. با محاسبات ارزان‌تر میلیارد‌ها محاسبه دیگری نیز انجام می‌دهیم. با وجود این، فروشندگان برای سود بردن باید این ارزان شدن در هر واحد را پیش‌بینی کنند.

تکنولوژی فرصتی را برای یک نیاز خلق کرد و سپس از آن فرصت سود برد.

در اینجا یک تصویر متفاوت از اصل عرضه و تقاضا وجود دارد که در فصل‌های مقدماتی هر کتاب اقتصادی آورده شده است. منحنی عرضه و تقاضای سستی حاوی

درس ساده‌ای است: اگر منبعی مصرف شود، آن منبع برای تولید گران‌تر می‌شود. برای مثال همان‌گونه که طلا استخراج می‌شود، آن تکه‌هایی که راحت‌تر قابل استخراج هستند (ارزان‌تر هستند)، اول پیدا می‌شوند. اما برای کشف تکه‌های کوچک طلا در میان تخته سنگ‌های بیست و پنج تنی، نیازمند قیمت‌گذاری بیشتری برای طلا هستیم تا تلاشمان ارزش وقت صرف‌کردن داشته باشد. بنابراین همچنانکه قیمت‌ها همراه با افزایش عرضه بالقوه، بالا می‌رود، منحنی عرضه به آرامی راه صعود می‌گیرد. در مقابل، درک سنتی از تقاضا می‌گوید که با عرضه زیاد، تقاضا کم می‌شود.

توسعه شتابان دانش و تکنولوژی در حالی که همزمان منحنی عرضه را پایین می‌آورد، منحنی تقاضا را بالا می‌برد. در اینجا یک نیروی خیلی قوی است که هر دو طرف را حرکت می‌دهد.

تکنولوژی و دانش، تقاضا را با سرعت بیشتری نسبت به پایین آمدن قیمت‌ها، بالا می‌برند و تقاضا بطور غیر مشابه با قیمت‌ها به سمت صفر میل نخواهد کرد. بسط آرزوها و نیازهای انسان تنها بوسیله قوه تخیل انسان محدود می‌شود، به زبانی دیگر، حدی برای آن وجود ندارد.

به مرور زمان هر محصولی در طی مسیری یک‌طرفه حرکت خواهد نمود که قیمت‌ش واژگون شده و به سمت مجانی شدن میل می‌کند. همان‌گونه که نظام اقتصادی شبکه‌ای همه محصولات تولید شده را (از باتری‌های تلفنی گرفته تا نیمکت‌های فنی) در برخواهد گرفت، این وسایل با سرعت بیشتری در سرایشی سقوط قیمت‌ها حرکت خواهند کرد.

بنابراین وظیفه، خلق چیزهای جدیدی است تا آنها را از این سرایشی سقوط قیمت‌ها به راحتی به سوی پایین بفرستیم، کوتاه سخن آنکه باید دست به خلق کالاها و خدمات زودتر از آنکه مردم آنها را به مصرف برسانند، زد.

در یک نظام اقتصادی که بر پایه شبکه بنا شده، انجام این کار خیلی راحت است و دلیل آن را باید در تلاقی ایده‌ها، پیوند روابط، انعطاف‌پذیری اتحادها و آن چابکی

سریعی که گره‌ای جدید را خلق می‌کند، جستجو کرد. تمام اینها حامی تولید دائمی کالاها و خدمات جدید می‌باشند.

کالاها و خدمات همان‌گونه که فراوان‌تر می‌شوند، با ارزش‌تر نیز شوند و اگر آن کالاها و خدمات همان‌گونه که با ارزش‌تر می‌شوند، ارزان‌تر شوند، بنابراین نتیجه طبیعی این منطق می‌گوید که اشیائی که بیشترین ارزش را دارند، باید بطور مجانی در همه‌جا یافت شوند.

همه جا بودن محرک افزایش بازگشت (سود) در نظام اقتصادی شبکه‌ای می‌باشد. سؤالی که در این میان مطرح می‌شود این است که: مقرون به صرفه‌ترین روشی که ما بتوانیم فراگیری در همه جا را بدست آوریم چیست؟ پاسخ این است: محصولاتمان را رایگان توزیع کنیم.

در واقع بسیاری از شرکت‌های خلاق در نظام اقتصادی جدید، رایگان‌سازی را پیگیری می‌نمایند. مایکروسافت مرورگر وب خود را مجانی توزیع کرد. شرکت نت اسکپ نیز مرورگر خود را به دنبال کدهای برنامه با ارزشش به رایگان توزیع کرده است. شرکت کوال کام تولیدکننده Eudora، برنامه پست الکترونیکی محبوبش را به رایگان در اختیار عموم قرار داد تا بتواند بعداً نسخه‌های به‌روزشده خود را بفروشد. تامسون، انتشاراتی که هشت میلیارد دلار در سال فروش دارد، داده‌های مالی با ارزش پیشین‌اش را برای سرمایه‌گذاران، به رایگان بر روی وب قرار داده است. هر ماهه، چند میلیون کپی از نرم‌افزار آنتی ویروس "مک‌کافی" به طور مجانی توزیع می‌شود و البته سان نیز برنامه جاوا را رایگان نموده است، که باعث شده قیمت سهامش افزایش یابد و یک صنعت خرد پیاده‌سازی، برنامه جاوا بوجود آید.

سؤال اصلی این است در این دنیای بخشش و سخاوت، شرکت‌ها چگونه به حیات خود ادامه می‌دهند؟ برای پاسخ به این سؤال توجه به سه نکته ضروری است:

اول: به ایده "رایگان‌سازی" به عنوان یک هدف طراحی شده برای قیمت‌گذاری فکر کنید. در اینجا حرکت به سمت مجانی‌شدن (میل به سمت قیمت‌های رایگان) وجود

دارد، حتی اگر به آن‌هم نرسیم و رفتارهای یک سیستم را به گونه‌ای تنظیم می‌نماید که گویی به آن رسیده‌ایم. یک نرخ خیلی ارزان می‌تواند اثری معادل مجانی بودن را داشته باشد.

دوم: مجانی کردن هسته یک محصول، باعث گران شدن خدمات دیگر می‌شود. بخاطر همین، سان، برنامه جاوا را مجانی توزیع می‌کند تا به فروش سرورها کمک نماید و نت اسکپ، مرورگر خود را به منظور کمک به فروش نرم‌افزار سرور تجاری، در میان مصرف‌کنندگان به رایگان توزیع می‌نماید.

سوم و مهمتر از همه، پیگیری رایگان‌سازی، راهی است که بوسیله آن، رایگان‌شدن نهایی خدمات و کالاها تمرین می‌شود. شما کسب و کارتان را طوری بنا می‌کنید که جنس تولیدی‌تان، تقریباً مجانی می‌نماید، و در انتظار قیمتی خواهید بود که آن کالا پیدا می‌کند. بنابراین درست است که وسائل بازی "سگا" برای مشتریان رایگان نیستند، ولی این وسائل به عنوان پیشگامان زیان‌دیده‌ای به شمار می‌روند که به حرکت به سوی تقدیر گریزناپذیرشان فرستاده می‌شوند، که این تقدیر همانا توزیع رایگان در نظام اقتصادی شبکه‌ای می‌باشد.

راه دیگر برای ملاحظه این اثر در واژه‌ی "توجه" نهفته است:

تنها فاکتوری که در دنیای فراوانی، کمیاب می‌شود "توجه" انسان است.

رایگان اعطا کردن، توجه انسان را و یا بخشی از ذهن او را جلب می‌کند، که بعدها منجر به سهم بازار می‌شود.

"رایگان‌سازی را پیگیری کنید" به طریقه دیگری نیز عمل می‌کند. اگر یکی از راه‌هایی که باعث افزایش ارزش کالایی می‌شود آن است که آن کالا را مجانی کنند، آن وقت خیلی از چیزهایی که در حال حاضر مجانی هستند، ممکن است ارزش نهفته‌ای پیدا کنند که برای ما هنوز قابل درک نیست. ما می‌توانیم انفجار ثروت جدیدی را با تعقیب نمودن کالاهای مجانی پیش‌بینی کنیم.

اما گذر از کاربرد تک‌منظوره و موقتی به تجاری بودن، به سرعت صورت نخواهد گرفت، برای دستیابی به فراگیری و همه جا بودن نیازمند گذر از شراکت می‌باشید.

ما می‌بینیم که تکنولوژی بطور فزاینده‌ای در حال گذر از میان "مرحله قبل از تجاری شدن" می‌باشد. توده عظیمی از مردم با صرف میلیون‌ها ساعت وقت سعی مشترک، بدون آنکه پولی مبادله کنند، با مهارتشان صدها هزار مخلوق درست کنند. این است جامعه‌ای که از "رایگان‌سازی" پیروی می‌کند! "لويس هاید" نویسنده، این سیر را "اقتصاد بخشش" نامیده است. وظیفه اصلی در اقتصاد بخشش، حفظ جریان سخاوت است. بوسیله احساس وام اجتماعی، معامله پایاپای و کمک خالصانه، سخاوت به جریان می‌افتد و شادی و ثروت را تولید می‌کند.

توزیع محصولات ناقص، عمل گریزناپذیر به منظور کاهش هزینه‌ها نیست. این مسیر، زیرکانه‌ترین راهی است برای کامل کردن محصول، وقتی که مشتریان شما، از شما باهوش‌تر هستند.

"مرحله قبل از تجاری شدن" و "منفعت عامه" در حال ارتقاء هستند. تصادفی نیست که شمار در حال افزایشی از شرکت‌های اینترنتی، قبل از اینکه سودآور شوند، عام می‌شوند به عبارتی از حالت خصوصی خارج می‌شوند. سرمایه‌گذاران، سهام‌هایی را می‌خرند که متعلق به شرکتی باشد که ارزش‌های مرحله قبل از تجاری شدن را دارا باشند. صنوف صاحب اعتبار قدیم، این مطلب را به عنوان یک علامت طمع و احتکار می‌بینند. اما واقعاً نشان از آن است که خیلی از اجزاء اقتصاد بخشش (توجه، اجتماع، استانداردها و هوش مشترک) باید قبل از آنکه تجارتي شدن به غلتک بی‌افتد، مهیا باشند. اقتصاد بخشش، تمرینی است برای دینامیک‌های رادیکال نظام اقتصادی شبکه‌ای.

#### ۱-۱-۴-۲ استراتژی‌ها

چه چیزی را می‌توانید به رایگان توزیع کنید؟ این مهم‌ترین سؤال این کتاب است. شما می‌توانید به این سؤال از دو راه پاسخ دهید: قیمت محصول را تا چقدر می‌توانید به حد رایگان بودن پیش برید، بدون آن که واقعاً قیمتش را به صفر رسانید. یا چگونه یک

چیز با ارزش را بدون بازگشت پولی می‌توانید واگذار نمایید. اگر هر کدام از این استراتژی‌ها با هوشمندی پیگیری شوند، نتیجه مشابهی بدست می‌آید. شبکه، ارزش بخشش را بیشتر می‌کند.

طوری عمل کنید انگار محصول یا سرویس شما مجانی است. منتشرکنندگان مجله نیز چنین می‌کنند. قیمت یک مجله به ندرت هزینه‌های چاپ آن را می‌پوشاند. به‌همین دلیل، بعضی ناشرین آن را طوری جلوه می‌دهند که انگار مجله را مجانی ارائه می‌دهند (و بعضی‌هایشان نیز واقعاً این کار را می‌کنند). آنها در عوض از طریق جذب آگهی کسب درآمد می‌کنند.

بر روی اولین کپی سرمایه‌گذاری کنید. فقط کپی اول زیان آور است. کپی دوم و کپی‌های بعدی به سمت مجانی شدن پیش می‌روند. اما اولین مورد بطور فزاینده‌ای گران‌قیمت است و سرمایه‌ی زیادی طلب می‌کند.

در انتظار ارزانی باشید. اگر هزینه‌های پیشنهادی محصولات رقیب شما فقط یک سوم هزینه‌های پیشنهادی شما باشند، آنوقت چکار خواهید کرد؟ یک روزی چنین خواهد شد، پس مدل‌هایی خلق کنید که این روند را تصدیق کنند.

شماره‌انداز را خاموش کنید، هزینه عضویت را حساب نمائید. قیمت‌گذاری ثابت یا ماهانه رایگان جلوه می‌نماید. هزینه‌ها پرداخت خواهند شد، شماره‌اندازی در کار نیست. این تاکتیک می‌تواند توسط یک شرکت (مثل تلویزیون کابلی) و یا توسط مشتریان (مثل AOL) مورد سوءاستفاده واقع شود.

بازارهای کمکی، بازارهای اصلی می‌شوند. نرم‌افزاری رایگان است، در حالی که کتاب راهنمای آن ده هزار دلار قیمت دارد. این شوخی نیست؟ شرکت ارائه‌دهنده راه حل سگینوس، که برپایه سانی ویل کالیفرنیا بنیادگذاری شده است، بیست میلیون دلار در سال برای فروش پشتیبانی برای نرم‌افزار رایگان یونیکس بدست می‌آورد.

به جایی اشاره کنید که در آنجا ارزش به سمت "مجانی شدن" باشد و سپس به همان راه بروید. نت اسکپ بعدی، یاهو بعدی، مایکروسافت بعدی در حال فعالیت هستند.

آنان کالاهایشان را به طور رایگان ارائه می‌دهند. آنها را بیابید و سوار واگنی شوید که به سمت آن ستاره‌ها خوش اقبال در حرکتند. به دنبال فوت و فن زیر باشید: دریافت آونمان برای چیزهای کمکی، اشتراک و سخاوتی بی‌دریغ، رفتاری در جهت رسیدن به قیمت‌های رایگان است. اگر آنان قیمت‌هایشان را رایگان می‌کنند تا از اثرات شبکه بهره‌مند شوند، آنها یک مخترع واقعی هستند.

### ۱-۱-۵ ابتدا وب را تغذیه کنید

۱-۱-۵-۱ هر چه قدر که نت پیشرفت می‌کند، اعضا نیز بهره می‌برند.

ویژگی متمایز شبکه آن است که مرکز مشخص و مرز معینی ندارد. در شبکه، هر چیزی بالقوه دارای مسافت مساوی با هر چیز دیگری است.

بنابراین هویت ما، اولین چیزی است که توسط نظام اقتصادی شبکه‌ای اصلاح می‌شود.

تمایز اساسی میان ما و آنها (که یکبار به عنوان تعهد یک فرد سازمانی در عصر صنعتی به‌شمار می‌آمد) در نظام اقتصادی شبکه‌ای معنایی ندارد. تنها چیزی که باعث می‌شود شما خودی باشید این است که آیا شما متصل به شبکه هستید یا نه؟

تعهد فردی به شرکت، برداشته شده و به سمت شبکه و پلات‌فرم‌های آن منتقل گشته است.

وقتی که انتخاب بین سیستم‌های باز یا بسته وجود داشته باشد، مشتریان اشتیاق شدیدی به معماری سیستم‌های باز نشان می‌دهند. آنها دوباره و دوباره یک سیستم باز را انتخاب خواهند کرد. امروزه دشوارترین کار شرکت‌ها، یافتن یک شبکه مرجح برای انجام کارهای تجاری است. چراکه آینده شرکت‌ها بیش از پیش به شبکه‌ای که در آن قرار دارند، بستگی دارد.

همان‌گونه که سرنوشت شرکت و وب درهم تنیده شده است، مهم‌ترین مسئله، سلامت ماتریس گره و شبکه می‌باشد.

بزودی بهینه‌کردن ارزش نت، خودش به مهم‌ترین استراتژی یک شرکت تبدیل می‌شود. برای مثال، شرکت‌های سازنده‌ی بازی، انرژی زیادی برای تقویت پلات‌فرم‌ها (جذب کاربرها، تهیه‌کنندگان بازی‌ها و تولیدکنندگان سخت‌افزاری) حین انجام بازی‌ها می‌گذارند. اگر وب آنها پیشرفت نکند، آنها از بین می‌روند. این بیانگر یک تغییر



ناگهانی و نشان‌دهنده‌ی یک تغییر جهت اساسی است. قبلاً، کارمندان یک شرکت بر روی دو چیز توجهشان را متمرکز می‌کردند: خودِ شرکت و بازار آن.

در نظام اقتصادی شبکه‌ای، تمرکز اولیه یک شرکت از بیشینه‌کردن ارزش شرکت، به بیشینه‌کردن ارزش شبکه، انتقال یافته است.

شبکه‌ها نیازمند سرمایه‌گذاری‌های مشابهی نیستند. استانداردهای CDهای موسیقی و شبکه‌های عرضه‌کننده‌های آنها تا بحال بخوبی جا افتاده‌اند، ولی در مورد استانداردهای DVDهای ویدئویی جدید اینگونه نیست. یک شرکت ارائه موسیقی که محصولاتش را بر روی CD ارائه می‌دهد، انرژی کمتری برای تضمین پیشرفت پلات‌فرم‌های CD اختصاص می‌دهد تا یک شرکت فیلم‌سازی که فیلم‌هایش را بر روی DVD ارائه می‌دهد.

هر تکنولوژی شبکه از یک چرخه‌ی طبیعی حیات تبعیت می‌نماید، که دارای سه مرحله می‌باشد.

- قبل از استاندارد
- انتخاب استاندارد
- تثبیت استاندارد

استراتژی یک شرکت، بستگی دارد به اینکه شبکه در کدام مرحله چرخه‌ی طبیعی حیات قرار دارد:

مهیج‌ترین مرحله، مرحله قبل از استاندارد است. این دوره بوسیله نوآوری‌ها، آرزوهای بزرگ و جاه‌طلبی‌های فراوان قابل شناسایی است. ایده‌ها، بطور روان جاری می‌شوند. از آنجائی که تخصصی وجود ندارد، هرکسی می‌تواند وارد رقابت شود.

شبکه‌ها در مرحله انتخاب استاندارد، دینامیک متفاوتی دارند. انتخاب‌های فراوان در مرحله قبل از استاندارد، به تدریج به دو یا سه انتخاب کاهش پیدا می‌کنند. در این

مرحله وفاداری به یک استاندارد تغییرپذیر است. در این دوره، شبکه‌ها نیازمند ارائه تعهدات قوی برای ادامه حیاتشان هستند.

مرحله‌ی نهایی در چرخه‌ی حیات شبکه‌ها مرحله "تثبیت شدن" است. جایی که یک استاندارد به طور وسیع پذیرفته می‌شود و در بافت تکنولوژی جا می‌گیرد و دیگر بیرون کردن آن استاندارد از شبکه موجود، کار غیرممکنی می‌شود (حداقل تا زمانی که شبکه وجود دارد).

**برای دستیابی به بیشترین موفقیت، ابتدا وب را تغذیه کنید.**

رسیدن به یک استاندارد در حرف آسانتر از عمل است. همیشه استانداردسازی، مرحله طاقت‌فرسا و توان‌فرسایی بوده است و نتیجه نهایی نیز از نظر جهانی محکوم شده است. برای آنکه استاندارد سازی فرزند مصالحه و کنار آمدن است. اما برای آنکه استاندارد مؤثر واقع شود، باید قبول کردنش اختیاری باشد. می‌توان با ارائه نمودن استانداردهای متفاوت دیگر فضایی را بوجود آورد که اظهار نظرهای گوناگون امکان ظهور داشته باشند.

**در نظام اقتصادی شبکه‌ای، هرچه جلوتر می‌رویم انرژی کمتری برای انجام یک معامله صرف می‌شود، ولی تلاش بیشتری برای موافقت بر روی الگویی که معاملات باید از آن پیروی کنند، صورت می‌گیرد.**

بنابراین "ابتدا وب را تغذیه کردن" ضروری‌تر به نظر می‌رسد. کسب و کارها می‌توانند انتظار داشته باشند که سرمایه فکری زیادی برای تنظیم، مصالحه، تصمیم‌گیری، پیش‌بینی و هواداری از استانداردهای پدیدار شده اختصاص دهند.

**هر چه اقتصاد بیشتر به طرف مواد غیرملموس حرکت کند، بیشتر محتاج استانداردها می‌شود.**

اما مصرف‌کنندگان، زیر کوله‌بار تصمیم‌ها می‌نالدند. در نظام اقتصادی جدید یک معامله پایاپای وجود دارد که از طرفی راحتی‌هایی را فراهم می‌نماید و در عین حال

دشواری‌هایی را نیز به همراه دارد. سمت مثبت این معامله این است که مصرف‌کنندگان بیشترین سود را از بهره‌وری که بوسیله تکنولوژی فراهم می‌شود بدست می‌آورند.

**بالاخره، استانداردهای تکنیکی مانند قوانین مهم خواهند شد.**

قوانین، استانداردهای اجتماعی کُدگذاری شده می‌باشند. اما در آینده، استانداردهای تکنیکی کُدگذاری شده، به اهمیت قوانین می‌رسند. لورسن لسیگ استاد حقوق دانشگاه‌هاروارد، می‌گوید: "قوانین بی‌ربط می‌شوند. مرکز واقعی قوانین کدهای کامپیوتری می‌شوند" همان‌طور که شبکه‌ها رشد می‌کنند و انتقال از دوره قبل از استاندارد فاقد عمومیت به دوره پرشور نوآوری‌ها و پس از آن به دوره سیستم‌های کاملاً تکامل یافته با استانداردهای عمیقاً تثبیت شده می‌رسد، استانداردها، بطور فزاینده‌ای به چیزی شبیه قوانین مبدل می‌شوند.

**"نت" بطور گریزناپذیری، هر چیزی در جهان را به درون خود خواهد کشید.**

ناظران زیادی تأکید می‌کنند که با فراگیر شدن "نت"، جانشین‌سازی تدریجی اطلاعات بجای مواد، در اقتصاد ما رخ خواهد داد. اتومبیل‌ها سبک‌تر از قبل میشوند و بهتر از قبل کار می‌کنند. مواد صنعتی بوسیله مواد کم‌وزن با تکنولوژی بالا که بصورت پلاستیکی و مواد فیبری کامپوزیت هستند، جایگزین می‌شوند. همچنین اشیاء بی‌حرکت، اطلاعات را می‌گیرند و جرم از دست می‌دهند. بخاطر مواد بهبودیافته، روش‌های ساخت با تکنولوژی بالا و وسایل دفتری هوشمندتر ساختمان‌های جدید نسبت به نمونه‌های مشابه در دهه ۱۹۵۰، وزن کمتری خواهند داشت. فقط رادیوی شما نیست که کوچک می‌شود، بلکه همه نظام اقتصادی وزنش را از دست می‌دهد.

جهانی‌شدن و تکنولوژی جدید شبکه‌ای، این جداسازی کالاها و خدمات را تسریع می‌بخشند. دینامیک اطلاعاتی جدید به تدریج جایگزین دینامیک صنعتی شدن قدیمی می‌شود، تا اینکه رفتار شبکه، تمام نظام اقتصادی را فراگیرد.

**منطق شبکه، هر اتمی را که با آن سروکار داریم، بیت به بیت فرا می‌گیرد.**

منطق شبکه گسترش پیدا می‌کند. از پایه‌هایش در تراشه‌های سیلیکون تا فولاد، تخته چندلا، رنگ‌های شیمیایی و تکه‌های چپس سیب‌زمینی. هر مصنوعی، بدون توجه به اینکه تراشه‌های سیلکونی بر روی آن قرار گرفته باشد یا نه، به اصول شبکه پاسخ خواهد داد.

**چون اطلاعات بر جرم غلبه می‌یابد، همه تجارت به سمت نظام اقتصادی شبکه‌ای پیش می‌رود.**

نیکلاس نگروپونت مدیر آزمایشگاه رسانه‌ای MIT حدس زده است که نظام اقتصادی آنلاین تا سال ۲۰۰۰ به هزار میلیارد دلار برسد. بیشتر اقتصاددانان این رقم را بسیار خوشبینانه می‌بینند. اما واقعاً این رقم خوشبینانه، کمتر از حد واقعی ارزیابی شده است. این بررسی هنوز نتوانسته به درستی میزان حرکت دنیای اقتصاد را به درون اینترنت (آن‌گونه که نظام اقتصادی شبکه‌ای، ماشین‌ها، ترافیک، فولاد و غلات را دربرمی‌گیرد) پیش‌بینی نماید. حتی اگر همه ماشین‌ها بطور آنلاین فروخته نشوند، اما روشی را که ماشین‌ها طراحی، ساخت و عمل می‌کنند بستگی به منطق شبکه و قدرت تراشه‌ها خواهد داشت.

#### ۱-۱-۵ استراتژی‌ها

ارزش شبکه را پیشینه کنید. در ابتدا وب را تغذیه کنید. هر چه قدر حضور در شبکه‌ها راحت‌تر شود، شبکه‌ها آسان‌تر تغذیه می‌گردند. هرچه ذینفعان شبکه شما متنوع‌تر باشند مانند رقبا، خریداران، انجمن‌ها و منتقدان بهتر است.

در جستجوی بزرگترین مخرج مشترک باشید. بخاطر قوانین "فراوانی" و "بازده صعودی"، با ارزش‌ترین نوآوری‌ها، آنهایی نیستند که بالاترین کیفیت را داشته باشند، بلکه آنهایی هستند که بالاترین کیفیت را در وسیع‌ترین گستره دارا باشند.

بر روی اسپرانتو سرمایه‌گذاری نکنید. مهم نیست که آیا روش دیگری برای انجام کاری برتر وجود دارد یا نه. به هرصورت آن روش نمی‌تواند جایگزین یک استاندارد جا افتاده مانند انگلیسی شود. از هرگونه طرح‌هایی که نیازمند خریداری پروتکل‌های

جدیدست، در حالی که نسخه‌های قابل استفاده دیگری به مقدار گسترده مورد پذیرش واقع شده‌اند، پرهیزید.

استاندارد جا افتاده را در مرزهای جدید بکار بندید. آیا راهی برای استفاده از استانداردها و "وب"های موجود در زمینه‌های مختلف وجود دارد؟ ابداع یک استاندارد نوین برای شبکه‌های موجود، عملی نیست. اما بعضی از بزرگترین داستان‌های موفقیت‌آمیز فعلی در مورد شرکت‌هایی است که پس از تسلط یافتن بر روی یک شبکه، از استانداردهای جا افتاده‌ی آن شبکه استفاده کرده و از آن استاندارد جا افتاده به‌منظور بهره‌برداری از شبکه‌ی تأسیس شده‌ای که نیازمند رشد می‌باشد استفاده می‌کند.

آن را "جاندار" کنید. وقتی که نظام اقتصادی شبکه‌ای شکوفا می‌شود، بیشتر شرکت‌ها از خودشان این سؤال را می‌پرسند: چگونه ما می‌توانیم آن کارهایی را که انجام می‌دهیم با بکارگیری منطق شبکه انجام دهیم؟ چگونه می‌توانیم محصولاتی را که براساس تأثیرات شبکه رفتار می‌کند، فراهم نماییم؟ چگونه می‌توانیم محصولات و خدمات‌مان را بصورت شبکه‌ای فراگیر نماییم؟ (پاسخ این نیست که آنان را بر روی وب‌سایت بگذاریم). برای مثال معماران، حجم زیادی از داده‌ها را تولید می‌کنند. آنها چگونه می‌توانند استاندارد شده باشند؟ چگونه داده‌ها از میان این اشیای فیزیکی (مثل درب‌ها) و یا از طریق آنها جریان پیدا کنند؟ کمترین کارکردی که ما می‌توانیم به پنجره‌های شیشه‌ای منتسب کنیم، تا به شبکه‌ها متصل شوند چیست؟ چه گام‌هایی می‌توان برداشت تا یک پیمانکار به جریان‌های شبکه‌ای شده از اطلاعات، اجازه دهد از هر معمار به هر پیمانکار، از هر پیمانکار به هر سازنده و از هر سازنده به هر مشتری دیگر انتقال یابد؟ چگونه می‌توانیم تعداد شبکه‌هایی که به ما خدمات ارائه می‌کند را، افزایش دهیم؟

طرفدار نت باشیم. تصور کنید که در سال ۱۹۶۰ یک پیشگو، رازی را به شما می‌گفت: که در ۵۰ سال آینده ابعاد کامپیوترها کوچک می‌شوند و قیمتشان به طرز قابل پیش‌بینی کاهش می‌یابد. شما با کمک این راز هر زمان که می‌خواستید تصمیمی براساس تکنولوژی بگیرید، هر بار که بر روی کوچک شدن و ارزان شدن حساب می‌کردید، موفق‌تر می‌بودید. در واقع اگر کمی بیش از این قانون اطلاع داشتید، می‌توانستید معجزات مالی بدست آورید. این راز دنیای امروز است: در پنجاه سال آینده "نت"

گسترش می‌یابد و سال به سال بر روی یک پایه قابل پیش‌بینی محکم‌تر می‌شود. هرچه "نت" اعضای جدیدی بگیرد، ارزشش بیشتر می‌شود و هزینه‌های تراکنش به سمت صفر میل می‌کند. هر وقت شما نیاز دارید که یک تصمیم براساس تکنولوژی بگیرید، اگر از استانداردهای یکپارچه و سیستم‌های باز طرفداری کنید، تصمیم درستی گرفته‌اید.

هم‌پیمانان وفادار را به خدمت گیرید. "وب"های اقتصادی، هم‌پیمان نیستند. وابستگی‌های مالی کمی میان اعضای یک "وب" وجود دارد. یک روش مؤثر برای تأسیس استانداردها و هماهنگی برای پیشرفت، از طریق بخدمت‌گیری هم‌پیمانان وفادار می‌باشد. این افراد نه فروشنده‌اند و نه مجری. آنها با شناسایی کسانی که علایق مشترک دارند و سپس کمک در جمع‌آوری آنها وب را گسترش می‌دهند.

#### ۱-۱-۶ در اوج واگذار کنید

##### ۱-۱-۶-۱ واگذاری بعد از موفقیت

طبیعت به شدت متصل به هم در نظام اقتصادی در حال ظهور، رفتارشان را بصورت یک اجتماع بیولوژیکی درآورده است. همان‌گونه که جنگ‌ها و نبردها علامت نظام اقتصادی صنعتی بودند، همکاری در تکامل و گسترش یافتن نیز از ویژگی‌های نظام اقتصادی جدید به شمار می‌رود.

نظام اقتصادی شبکه‌ای که غنی، متعامل و بسیار انعطاف‌پذیر است، اکوسیستم فعالی است که چون یک جنگل در طول سال دچار دگرگونی می‌شود. فرصت‌های مناسب جدید دائماً در حال پدیدآمدن هستند و سپس سریعاً ناپدید می‌شوند. رقبا، زیردستان شما چون قارچ می‌رویند و حریصانه فرصت‌ها را از گفتان می‌ربایند. شما پادشاه کوهستانی هستید، که ممکن است روز بعد این کوهستان وجود نداشته باشد.

بیولوژیست‌ها این تنازع ارگانیسم برای تطبیق با محل سکونت را به عنوان یک صعود و سربالایی دشوار توصیف کرده‌اند، جایی که سربالایی دشوار به معنی تطبیق بیشتر معنا می‌دهد. در این استعاره، یک ارگانیسم، حداکثر تطبیق نسبت به زمان را موقعی بدست

می‌آورد که در قلّه قرار دارد. بجای یک ارگانیزم، یک سازمان تجاری را در نظر بگیرید. یک شرکت تلاش زیادی می‌کند تا از پائین به بالا برسد. کیفیت محصولاتش را ارتقاء می‌دهد تا در صدر بنشیند، بطوری‌که حداکثر تطابق را با محیط مصرف‌کنندگان پیدا کند.

به تعبیر بیولوژیکی، مسیر نظام اقتصادی جدید، بوسیله شکاف‌ها، از هم گسیختگی‌ها و سرایشی‌های تند، ناهموارگشته است. در این نظام اقتصادی، مسیر حرکت پُر از بن‌بست‌های معما گونه‌ای است که به اوج‌های ساختگی نیز ممکن است ره ببرند، ولی خیلی از راه‌ها به خاطر ناهمواری‌های موجود، غیر قابل عبور می‌باشند. به دلیل اینکه نظام اقتصادی جدید، با الگویی سراسری آمیخته نیست، قطعیتی وجود ندارد که یک شرکت که در خیال رسیدن به اوج بازارهای جدید می‌باشد، واقعاً از یک تلّ خاک بالاتر رفته باشد. به زبان بیولوژیکی، آنها ممکن است که موفق شوند به اوج برسند و در صدر بنشینند، اما خیلی زود متوجه شوند در قلّه‌ای پایین‌تر از اوج قرار دارند.

### خبر ناگوار "توقف در یک قلّه محلی" در نظام اقتصادی جدید، قطعی است.

در نظام اقتصادی جدید عدم ثبات و عدم تعادل، هنجار می‌باشند. بهینه‌سازی، عمر چندانی نخواهد داشت. دیر یا زود، یک محصول از اوج تازگی، به افول می‌گراید. در واقع یک اختراع در دوره تازگیش، هم‌زمان شانس افولش را نیز افزایش می‌دهد. آتربک در "تسلط یافتن بر قوانین دینامیک نوآوری" که مطالعه‌ای درباره نوآوری در صنعت اتومبیل است، می‌آورد: "نتیجه ناخوشایند موفقیت در یک نسل از تکنولوژی، محدود شدن، تمرکز و آسیب‌پذیر شدن در مقابل رقبایی است که در تقلا هستند نسل جدیدی از تکنولوژی را به اوج برسانند." محصولی ممکن است بی‌نظیر باشد، ولی فقط برای دسته کمی از مشتریان (که روز به روز کمتر نیز می‌شوند) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### هر چه شرکت بهتر باشد، تصمیم واگذاری موفقیت برایش دشوارتر است.

همه چیز در سازمان مدرن، وقف جلو راندن سازمان به سوی قلّه می‌باشد. مدیر ارشد اجرایی زبده حقوق بالایی می‌گیرد تا شرکت را به قلّه برساند. دوائر مسئول کیفیت

تمام نیرو و توان را به سوی قلّه‌ی انجام کار بهینه تجهیز می‌کند. مشاورین، بر روی جزئی‌ترین چیزها هم نظارت می‌کنند. تلاش می‌کنند هر چیزی را که ممکن است در رسیدن به قلّه خللی وارد کنند، حذف نمایند. مهندسی مجدد، بر روی داده‌های کامپیوتری که قسمت‌های عقب افتاده‌تر سازمان را نشان می‌دهد، تمرکز می‌کند. حتی پذیرش گران هتل‌ها نیز در جستجوی اوج مطلوبیت هستند.

**بدون متخصص شدن در ویرانی موقعیت‌های امن، نمی‌توان در نوآوری متخصص شد.**

در اوج تکامل بودن ایرادی ندارد. برای آنکه حداکثر تناسب را برای یک وضعیت مناسب برای ارائه خدمات بهینه داشته باشیم، باید در جستجوی اوج تکامل باشیم. این دغدغه همیشه از اهداف هر شرکت یا هر فردی باقی خواهند ماند. اما چرا باید در اوج، کمال را رها کنیم؟

مشکل ما در اوج، خود کمال نیست، بلکه مشکل، چشم‌انداز کمی است که در آن نقطه وجود دارد. موفقیت فراوان در ارائه یک محصول و یا یک نوع خدمت، چشم‌انداز بزرگتری از فرصت‌های موجود در نظام اقتصادی (بطورکل) و مسیر پیش روی به سرعت در حال تغییر را از بین می‌برد. شرکت‌های با طول عمر دراز، به شدت نگرش به بیرون دارند. این شرکت‌ها می‌توانند مشخص‌کننده‌ی نقاط اوج جهانی باشند و تمایزکننده‌ی این نقاط از نقاط اوج ساختگی باشند. آنها می‌فهمند که تمرکزهای داخلی مخصوصاً تمرکزهای تنگ‌بینانه‌ای که منحصراً معطوف به "بهترین در سطح جهان بودن" می‌باشند، بدلیل نابینا کردن سازمان نسبت به جستجوی ارتفاعات جدید مانع تطبیق دراز مدت می‌شود. بهتر است در درازمدت یک دیدگاه بیرونی داشت که همیشه بدنبال کوه‌های دیگر برای صعود به آنها بود.

**واگذاری در اوج، عملی خلاف به دنبال اوج تکامل بودن نیست، بلکه عملی علیه کوتاه‌نظری است.**



در اینجا علاوه بر قِلّت مدیرانی که حاضرند سودآوری‌شان را کاهش دهند و تمایل غریزی طبیعی‌ای که شرکت‌ها نسبت به اوج تکامل دارند، دلایل دیگری نیز برای دشوار بودن واگذاری در اوج وجود دارد. اقتصاددانان پاول میل‌گروم و جان روبرتز درباره توانایی‌های (خصوصیت‌های پیروزی‌آفرین) تعداد زیادی از شرکت‌هایی که در تولید مدرن سهمی ایفا می‌کنند، مطالعه کرده‌اند و نتیجه‌گیری نموده‌اند که توانایی‌های شرکت‌ها، تمایل به ظهور در پیکره‌ها و یا در مجموعه‌ای از مهارت‌ها را داشته‌اند.

به خاطر اینکه مجموعه مهارت‌های کسب شده، سازمان را برای عدم تغییر تحت فشار قرار می‌دهد تا از وضع موجود سازمان دفاع نماید، شاید بهتر باشد بجای عوض کردن سازمان موفق قدیمی، یک سازمان جدید تأسیس کنیم.

دلیل مهمی وجود دارد که چرا نظام اقتصادی شبکه‌ای در آغاز کار غنی است. شروعی جدید برای سرهم نمودن مجموعه‌ی جدیدی از قابلیت‌ها نسبت به تلاش برای آرایش مجدد یک شرکت تأسیس یافته‌ای که به شدت نسبت به از هم بازشدن مقاومت می‌کند، راه کم ریسک‌تری است.

**برای بیشینه کردن نوآوری، حاشیه‌ها را بیشینه کنید.**

سرحداث، حواشی و انزوای موقت را (جاهایی که اختلاف سطح می‌تواند بارقه‌های نوینی را بوجود آورد) تشویق کنید. اصول "اسناک‌ورکس" نقش بسیار مهمی در نظام اقتصادی شبکه‌ای دارد. طبق تعریف یک شبکه، یک حاشیه فوق‌العاده بزرگ است و مرکز تثبیت شده‌ای ندارد. همان‌گونه که شبکه رشد می‌کند، فرصت‌های فزاینده‌ای را جهت حفاظت از نوآوری‌های جاهای دورافتاده، جاهایی که دور از چشم ناظران است، اما ارتباطات بهم پیوسته و نزدیکی با یکدیگر دارند، بوجود می‌آورد. وقتی که نوآوری‌ها به خوبی تنظیم شوند، می‌توانند در وسعتی پهناور تکرار شوند. با وجود ابعاد جهانی نظام اقتصادی شبکه‌ای، یک پیشرفت می‌تواند خیلی سریع گسترش یابد و به طور کامل در سراسر جهان پخش شود.

یک چشم‌انداز واضح را از مسافتی نزدیک اشتباه نگیرید. واگذاری، وقتی وحشت‌آور می‌شود که یک شرکت هنگام فرود به بیابان‌های سخت، بین کوه‌های موفقیت، باید سالم و بی‌عیب و نقص باقی بماند. این شرکت باید هنگامی که در حال پایین آمدن است، کم و بیش سودآور باقی بماند. شما نمی‌توانید از روی یک قلّه به قلّه دیگر جهش کنید. مهم نیست یک سازمان چه مقدار دارای زیرکی و چابکی است، به هر حال آن سازمان نمی‌تواند به جایی برود که می‌خواهد، مگر آنکه در قدم به قدم از مکان‌های ناخوشایند بگذرد. تحمل یک دوره پایین‌تر از تطابق بهینه، وقتی که تصویر خیلی شفافی از تکامل جدید در یک چشم‌انداز واضح وجود ندارد، دو چندان دشوار می‌شود.

شبکه را صادر کنید. در اینجا یک استراتژی دقیق برای عبور از این درّه‌ها وجود دارد. تنها نروید. شرکت‌های تأسیس شده، کاری را می‌کنند که باید انجام دهند: بهم‌بافتن ده‌ها و بلکه صدها هم‌پیمان و شریک با یکدیگر، جستجوی هرچه بیشتر شبکه‌های ارتباطی در یک زمینه، شریک شدن در ریسک به وسیله ساختن یک "وب". کاروان مخلوطی از شرکت‌ها با امیدواری بیشتری می‌تواند از این مسیر بگذرد. پیوستن به هم امکانات زیادی به این شبکه می‌دهد.

چه کسی مسئول واگذاری است؟ رهبران کمی وجود دارند که بتوانند به همان خوبی که می‌سازند، به‌طور خلاقانه ویران کنند. کمتر کمیته‌ای است که می‌تواند رأی دهد چیزی که کار می‌کند، باید از کار بیافتد. کمتر بیگانه‌ای پیدا می‌شود که وقتی نصیحت می‌کند طلای قدیمی باید واگذار شود، مورد قبول قرار گیرد. طلای قدیمی می‌تواند یک روش تولید قدیمی باشد شما مسئول واگذاری هستید. همه مسئول این کارند. البته این کار فقط یکی از وظایف موجود در نظام اقتصادی شبکه‌ای به‌شمار می‌رود.

موفقیت را مورد سؤال قرار دهید. هر موفقیتی نیازمند رهاکردن نیست، اما هر موفقیتی نیازمند این است که شدیداً مورد سؤال واقع شود، آیا جانشین‌های موجهی برای آن وجود دارند؟ آیا جایگزین‌های رادیکال، توجه مضاعفی را می‌طلبند؟ شما نیازمندید که نوآوری‌ها را از فواصل دور دریابید و نه از جایی که در آن ایستاده‌اید. آیا آنها نوآوری‌هایی هستند که قواعد بازی را تغییر می‌دهند؟ باید از پیشرفت‌های کوچک و در حال رشد آگاه بود و قدم‌های کودکانه در همان کوه را زیرنظر داشت. این مسئله

می‌تواند یک نوع عدم پذیرش به شمار آید. نیکلاس نگروپونت مدیر آزمایشگاه رسانه MIT اظهار داشته است که "پیروی از حرکت تدریجی بدترین دشمن نوآوری به شمار می‌رود".

جستجو به عنوان یک روش زندگی. در نظام اقتصادی شبکه‌ای، ۹ فرصت از ۱۰ فرصتی که رقبای سرسخت به شما می‌دهند، خارج از حیطه‌ی کاری شماست. وقتی که در شرایط ناپایدار هستید ضروری است به وسیع‌ترین جستجوها دست زنید تا مکان‌هایی را که نوآوری‌ها از آنجا فوران می‌کنند، بیابید. نوآوری‌ها به طور فزاینده‌ای از قلمروهای دیگر برمی‌خیزند.

### ۱-۱-۷ از "مکان‌ها" به سوی "فضاها"

#### ۱-۱-۷-۱ ساختن نوع دیگری از بزرگ بودن

"جغرافیا مرده است!" این اظهارنظر در بین هواداران دیجیتالی شدن و مخابراتی‌ها بصورت کلیشه درآمده است. گفته می‌شود ظهور ارتباطات جهانی و کم‌خرج، طلّیعه عصری است که در آن عصر فاصله، مکان، سکونت و جغرافیا بی‌اهمیت تلقی می‌شوند. البته نیمی از این مطلب واقعیت دارد.

البته "مکان" هنوز اهمیت دارد و برای مدت زمانی طولانی نیز همین‌طور خواهد ماند. اگر چه نظام اقتصادی جدید، بیشتر در "فضا" عمل می‌کند تا در مکان و به مرور زمان حجم بیشتر و بیشتری از تراکنش‌های اقتصادی به چنین فضایی کوچ خواهند کرد.

البته جغرافیا و سکونت واقعی باقی می‌مانند، شهرها رشد خواهند کرد و ارزش یک مکان منحصربه‌فرد مانند یک منطقه بیابانی و یا یک روستای فریبنده روی یک تپه همچنان افزایش خواهد یافت.

مردم در "مکان‌ها" سکنی می‌گیرند، اما نظام اقتصادی به‌طور فزاینده‌ای در "فضا" سکنی خواهد گرفت.

یک مکان از چهار بعد محدود می‌شود. دو چیز در کنار هم، آنها باید در یکی از چهار جهت محور نسبت به یکدیگر قرار داشته باشند: بالا/پایین، چپ/راست، عقب/جلو،  $x$  و  $y$ ،  $z$  و زمان. علیرغم اهمیت و غنایی که مکان‌های فیزیکی از آن بهره می‌برند (و نمی‌توانیم درک کنیم که چه ثروتی در آنان نهفته است)، مکان‌های فیزیکی تعداد ارتباطاتی را که موجودیت‌ها می‌توانند با هم داشته باشند، محدود می‌کنند. در یک "مکان" یک شخص فقط با افراد محدود و نسبتاً کمی که در همان محدوده قرار دارند می‌تواند در ارتباط باشد. مصنوعات فقط با مصنوعات دیگر در نزدیکی خودشان می‌توانند ارتباط داشته باشند.

فضا غیرمشابه با مکان، محیطی است که به‌طور الکترونیکی خلق شده است. جایی است که حجم بیشتر و بیشتری از نظام اقتصادی در آن جریان دارد. فضا غیرمشابه با مکان ابعاد نامحدودی دارد. موجودیت‌ها (مردم، اشیاء، عاملین، بیت‌ها، گره‌ها و...) می‌توانند به هزاران گونه متفاوت و هزاران جهت مختلف در کنار هم قرارگیرند. یک شخص در یک فضای الکترونیکی می‌تواند هم‌زمان با ده میلیون نفر ارتباط برقرار کند و یا با بیست هزار نفر در یک بازی شرکت کند. کاری که در فضای فیزیکی غیرممکن است.

پسوند پذیرفته شده‌ی "فضا"، نسخه ناقصی از فضای سایبر به شمار می‌رود که واژه‌ی تخیلی علمی برای فضای الکترونیکی است. اما ریشه‌ی واژه عمیق‌تر از این حرف‌هاست. مفهوم تکنیکی "فضا" از علم کامپیوتر و ریاضیات نشأت می‌گیرد. راهی است که دانشمندان از آن به منظور توضیح سیستم‌های پیچیده استفاده می‌کنند؛ فضاها ی خیلی پیچیده پویایی منحصر بفرد خودشان را دارند. بحث "فضا" وقتی که توصیف‌کننده‌ی شکل نامعین و نامحدود شبکه‌هاست، خیلی بکار می‌آید. نت، همان‌گونه که در برگرفته میلیاردها شیء و عامل است، در جایی عمل می‌کند که به تعبیر ریاضی‌دانان ابعاد خیلی بزرگ گفته می‌شود. نت پویایی شگفت‌انگیزی دارد. همان‌گونه که محیط‌های واسط الکترونیکی توسعه می‌یابند، مکان تأثیر کمتر و فضا پیچیدگی بیشتری پیدا می‌کند. همان‌طور که نظام اقتصادی به هر رسانه شبکه‌ای نفوذ می‌کند، نظام اقتصادی، مکان فیزیکی بازار را به فضای ذهنی بازار تبدیل می‌کند.

## نظام اقتصادی شبکه‌ای از "مکان" به "فضا" انتقال پیدا می‌کند.

در قلمروی جدید فضاهای با ابعاد بالا، نظام اقتصادی شبکه‌ای رفتارهایی برپایه "فضا" از خود نشان می‌دهد که در ادامه آمده‌است:

- نوع دیگری از بزرگی
- خوشه‌ای شدن بدون نظم
- اقتدار هم رده و برابر
- واسطه‌گری دوباره

نظام اقتصادی صنعتی رابطه مستقیم مشتریان و کالاهایی را که آنان نیازمندشان بودند، غیرممکن ساخت. اگر شما موز می‌خواهید، واسطه‌های بسیاری باید در کار باشند تا این میوه را از مزرعه‌ای در هندوراس به آشپزخانه منزل شما انتقال دهند. بین نویسنده کتاب و شما، نیاز به زنجیره‌ای از ویرایشگران، بانکداران، چاپگران، توزیع‌کنندگان، خریداران عمده و فروشندگان قرار دارند. بین شما و مراقبت خوب از سلامت شما، دکترها، پرستاران، بیمه‌گران بزرگ و کارکنان بیمارستان وجود دارند. بین شما و ماشین رویائی‌تان، مجموعه‌ای از معدن‌چیان، ذوب‌فلزات، مهندسان، کارخانه‌داران، راه‌آهن، محل نمایش و فروشنده وجود دارند. هر کدام از این عاملین، کالا یا خدماتی را به پیش بردند. بعضی از آنان به وسیله کامل کردن محصول (مثل مهندسین ماشین) یا ارائه خدمات (مثل کارکنان بیمارستان) و بعضی‌ها فقط با انتقال فیزیکی محصول به سوی شما (مثل قایق‌های موز) در این زنجیره به ایفاء نقش می‌پردازند. در تئوری کسب و کار این خط به عنوان زنجیره ارزش نامیده می‌شود. هر واسطه در این زنجیره طولانی مقداری ارزش اضافه می‌نماید که قیمتی را که بر روی قیمت نهایی کالا می‌آید توجیه می‌کند. شرکت‌ها برای داخل نمودن خودشان به این زنجیره ارزش رقابت می‌کنند، تا کنترل بیشتری از این زنجیر را بدست آورند. یکی از اولین تأثیرات قابل توجه ارتباطات کامپیوتری و شبکه‌ای شده این بود که به طرز وحشتناکی این زنجیره را پاره کرد. پاول سافو آینده‌نگر می‌گوید: تعاملات چندگانه نیازمند حفظ و نگهداری هستند

تا در نظام اقتصادی جدید حرکت از "زنجیره‌ی ارزشی به زنجیره‌ی وب" صورت گیرد.

### در فضای بازار شبکه‌ها، ارزش‌ها در وب‌ها جاری هستند.

بسیاری از زنجیره‌های ارزشی کلاسیک مملو از واسطه‌هایی بودند که خدمات و محصول نهایی را توزیع می‌کردند. خریداران عمده‌ی موز را در نظر بگیرید. اگرچه آنان محصولات را به‌طور فیزیکی جابجا می‌کنند و با هزینه‌های سنگین، کالاها را در انبار نگهداری می‌نمایند، ولی ارزش اصلی برای مشتریان، ارزش اطلاعاتی آنان است.

همان‌طور که فعالیت‌های مالی بیشتر به سمت دانش و اطلاعات حرکت می‌کنند، به نظر می‌رسد نظام اقتصادی آماده حذف واسطه‌ها می‌شود. چرا باید کالاهاى عصر دیجیتال (محصولاتی مانند سی‌دی‌های موزیک و گزارشات خبری) از هر راهی جز کوتاه‌ترین راه ممکن، که مستقیماً از هنرمند یا نویسنده به شما که شنونده هستید، برسد. اخبار داستان‌های موفقیت‌های اخیر، مانند نمونه "مت دراگ" به تمایل شبکه برای حذف واسطه‌ها امید می‌بخشد.

شبکه به هر سو که برود، واسطه‌ها نیز به همان سو می‌روند، گره‌ها هرچه بیشتر شوند، واسطه‌ها بیشتر می‌شوند.

انجام یک تراکنش تقریباً در هر کجا و در هر زمان آنقدر ارزان خواهد شد که ارزش‌های جزئی که بر مبنای هزینه‌های خرد تراکنش صورت می‌گیرند، می‌توانند به‌صورت دقیق هم در فرآیند تولید و هم در خود کالا به طرز ماهرانه‌ای اعمال شوند. به این علت که ارزش جزء خیلی ارزان است، فضای اقتصادی برای وجود خرده ارزش‌های بسیار زیادی خلق می‌شود که قبلاً این فضا توسط واسطه‌ها پر می‌شدند. هنگامی که هزینه‌های تراکنش به میزان بسیار اندکی می‌رسند، بعضی از ذره‌های ارزشی می‌توانند به طرز سودآوری و به‌طور بیشتر و بیشتری به این فرآیندها اضافه شوند.

ریاضیات ترکیبی شبکه‌ها، فرصت‌های بیشتری برای بوجود آوردن واسطه‌ها خلق کرده است. طبق تعریف، هر گره بر روی یک شبکه، یک گره بین دیگر گره‌هاست. هرچه

ارتباطات بیشتری میان اعضای نت برقرار باشد، همان قدر گره‌های واسطه‌ای بیشتری وجود خواهند داشت. هر چیزی در شبکه، واسطه چیز دیگری است.

**همه گره‌ها در شبکه واسطه‌اند.**

روزی هرکسی در دنیا پست الکترونیکی خواهد داشت، و وقتی که این طور شود من تمایلی نخواهم داشت روزانه شش میلیارد پست الکترونیکی به من ارسال شود و آدم‌ها آنچه را که در ذهن‌شان می‌گذرد، با من به اشتراک گذارند. از آنجائی که نیمی از دنیا احتمالاً تجارت خاص خودشان را خواهند داشت و نیمی از آنان نیز تازه‌کار خواهند بود، من هرکاری خواهم کرد تا بتوانم واسطه‌هایی بین جعبه پست الکترونیکی‌ام و فرستنده پست الکترونیکی به منظور دسته‌دسته کردن و فیلتر کردن نامه‌های ارسالی، قرار دهم.

**اما آنها که بزرگ هستند، نوع دیگری از بزرگی را دارا خواهند بود.**

در فضای شبکه‌ها، اندازه را باید به گونه‌ای دیگر دید. سازمان‌های جدید، گسترده در پهنا، پراکنده و دارای هسته‌های تو در تو و متورم در میانه هستند. شرکت‌ها، بیشتر شکل‌شان عوض خواهند شد تا اینکه اندازه‌شان تغییر کنند.

**نظام اقتصادی شبکه‌ای، مشوق فضای میانه است، که با عرضه‌ی تکنولوژی، عجایب در اندازه‌های متوسط را پرورش می‌دهد (کاری که عصر صنعتی نتوانست انجام دهد).**

تکنولوژی تولیداتِ جمعی باقی خواهد ماند. تکنولوژی که برای سفارشی‌سازی به کار می‌رود، شتاب خواهد گرفت. اما برای اولین بار، به طور طبیعی تکنولوژی مناسب برای اندازه کوچک‌تر از "توده" و بزرگتر از "خود" را پرورش داده‌ایم.

**برای خلق یک بازارچه بزرگ، باید از یک دهکده استفاده کرد. وجود اجتماع قبل از تجارت ضروری است.**

ما ابزارهایی داریم تا به ایده‌های موجود در کتاب یک شخص (مانند ایندکس و فهرست مطالب) دست بیابیم. ما ابزارهایی نیز داریم تا به ایده‌های یک کتابخانه با یک میلیون کتاب دست بیابیم (مانند کاتالوگ کارت‌هایشان) اما به ایده‌هایی که در حیطه تخصصی ده هزار دانشور یا هزار کتاب قرار دارند، دسترسی نداریم.

### نت حرکت از رسانه توده‌ای به رسانه‌ی آشفته می‌باشد.

در رسانه‌ی آشفته‌ی جدید، شایعه، دسیسه و ظن شدید گسترش می‌یابد. اینها همیشه جنبه‌های منفی اجتماعات بوده‌اند؛ شبکه‌های میانه باید یاد بگیرند که چگونه با وب‌های غیرقابل نفوذ و با حساسیت بالا کنار بیایند. با سرمایه‌گذاری بر روی این نقاط ضعف، داده پراکنی به‌طور نمادین در نظام اقتصادی شبکه‌ای رشد خواهد یافت.

### ۱-۱-۷-۲ استراتژی‌ها

سمت و سوی شبکه به سوی خارج است. مانند چرخش سریع کهکشان، نت یک نیروی رام‌نشدنی بوجود می‌آورد که در آن همه چیز را از درون به سمت حاشیه‌های بیرون می‌فرستد. چون میزان ناچیزی، در درون می‌ماند، فعالیت به پیرامون انتقال می‌یابد. شرکت‌ها بجای اینکه جلوی این نیروی گریز از مرکز را بگیرند، باید برون‌سپاری مسئولیت‌ها را به شرکت‌های شبکه‌ای بی شکل در نظر بگیرند. اوج تسلیم شدن در مقابل نیروی نت، برون‌سپاری فعالیت‌های مرکزی است.

آماده جمعیت ناگهانی باشید. فضای الکترونیک یک جمعیت تماشاچی انبوه را پراکنده می‌کند: آنها ناگهانی ظاهر می‌شوند و ناگهانی می‌روند.

در طی مسابقه شطرنج بین ابرکامپیوتر و گری کاسپارف، وبسایت IBM پنج میلیون مشاهده‌گر داشت. وقتی که مسابقه تمام شد وبسایت خالی شد.

### ۱-۱-۸ هماهنگی؟ خیر، سیلان پی‌درپی

### ۱-۱-۸-۱ بدنبال نابرابری قابل حفظ باشید



در چشم‌انداز صنعتی، نظام اقتصادی، ماشینی بود که باید به سوی کارایی بهینه به حرکت می‌افتاد، و موقعی که به حد کافی تنظیم شده بود، باید در هماهنگی مولد نگهداری داشته می‌شد. شرکت‌ها یا صنایع مخصوصاً آنهایی که از لحاظ تولید جنس و کار فعال بودند باید مورد محافظت قرار می‌گرفتند. انگار این شرکت‌ها آنقدر ارزشمند بودند که می‌بایست مانند گوهری با ارزش از آن نگهداری می‌شد.

همان‌گونه که شبکه به دنیای ما نفوذ می‌کند، نظام اقتصادی شبیه یک اکولوژی ارگانیسم‌ها شده، که بهم پیوسته‌اند و با هم رشد می‌کنند. این نظام دائماً در حال تحول و عمیقاً در هم پیچیده است و حتی از حاشیه‌هایش نیز گسترش می‌یابد.

### نظام اقتصادی شبکه‌ای از تغییر به سیلان در حرکت است.

تغییر در شدیدترین نوعش تفاوتی سریع است، در حالی که، سیلان بیشتر شبیه شیوا، خداوند هندو است، نیروی آفریننده‌ی ویرانگر و آفرینش‌گر. سیلان، بی‌عرضه‌گان را زیر پا می‌نهد و آفریننده‌ی یک چارچوب برای نوآوری و زایشی دوباره است. این وضعیت پویا، ممکن است به عنوان "احیا مرکب" تصور شود که آفرینش آن بر لبه‌ی آشوب قرار داشته باشد.

اگر یک سیستم به تعادل و هماهنگی برسد، ناگزیر راکد خواهد شد و خواهد مرد.

نوآوری، به هم‌ریختگی است؛ نوآوری پایدار، بهم‌ریختگی مداوم است. به نظر می‌رسد، این مطلب هدف یک شبکه‌ی با کیفیت باشد: حفظ یک عدم تعادل همیشگی. معذود اقتصاددانانی که درباره‌ی نظام اقتصادی جدید مطالعه نموده‌اند به نتیجه مشابهی رسیده‌اند.

سویه‌های تاریک "سیلان" این است که نظام اقتصادی جدید به وسیله انقراض دائمی شرکت‌های فردی رشد می‌یابد، شرکت‌هایی که یا عقب ماندند و یا به شرکت‌های جدید در حیطه‌های نو مبدل می‌گردند. صنایع و شغل‌ها همچنین تغییرات زیادی را تجربه خواهند کرد. البته دوره تغییرات سریع شغلی برای استخدام شده‌ها به اتمام رسیده است، چه برسد به استخدام مادام‌العمر آنها. حرفه‌ها (البته اگر چنین نامی را

بتوان بر روی آنها گذاشت) به‌طور فزاینده‌ای شبیه شبکه‌های تعهدات چندگانه و هم‌زمان، چرخش مهارت‌های جدید و نقش‌های از مد افتاده را به جریان می‌اندازند.

به بیان شاعرانه، اساسی‌ترین هدف نظام اقتصادی جدید، چیش دوباره نظام اقتصادی صنعتی است. چیش دوباره شرکت به شرکت و صنعت به صنعت.

در حقیقت نمی‌توان پوسته صنعتی را کاملاً برداشت. اما یک وب گسترده‌تر می‌تواند سازمان‌های جدیدتر، انعطاف‌پذیرتر و به سختی بهم متصل شده را حول آن ببافد. این شرکت‌های تازه به دوران رسیده، متکی بر تغییرات و سیلان دائمی می‌باشند.

آنچه که نظام اقتصادی شبکه‌ای مشوق آن است، یک سیلان گلچین شده است. نوع درستی از تغییر با مقدار دُر مناسب. تقریباً از هر لحاظ، این نوع تغییر را ما به نوآوری تعبیر می‌کنیم.

برای بدست آوردن نوآوری ماندگار، نیازمند بدست آوردن عدم تعادل دائمی هستید. جستجوی عدم تعادل دائمی یعنی اینکه باید بدون آنکه تسلیم شوید یا عقب‌نشینی کنید، به تعقیب پرتگاه‌ها پردازید.

یک شرکت، مؤسسه یا هر فرد باید در وضعیتی نزدیک به سقوط بنشیند. در این وضعیت خطرناک مستعد سقوط است، اما به‌طور مداوم خودش را باز می‌یابد و هیچ وقت به ورطه‌ی سقوط مطلق نمی‌افتد. و طوری نیز لنگر نمی‌اندازد که تکانی نخورد. انگار در قلمروی مخاطره‌آمیز مقداری می‌جهد، اما از قدرت سقوط برای به پیش‌راندن شکوهمند خود استفاده می‌کند. بسیاری از مردم این کار را با موج‌سواری مقایسه می‌کنند.

تغییر به طول موج متفاوتی می‌رسد، در این جا تغییراتی در بازی، تغییراتی در قواعد بازی و تغییراتی درباره اینکه چگونه قواعد بازی تغییر می‌کند، وجود دارد.

با حرکت روان بسوی لبه‌ی آشوب حرکت کنید. هزینه تکان‌های دائمی بنیادین را پردازید: بیکاری و ناکارایی را پذیرا شوید. اگر مردم گله‌ای از پرآشوبی مکان نکردند، بدانید دچار مشکلی شده‌اید. لازم نیست همه سازمان دچار آشوب شود (امیدواریم دپارتمان حسابداری این‌طور نشود) اما قسمت‌های کلیدی باید دچار آشوب شوند. وظیفه، ممکن است بخواهد دگرگون شود، اگر واقع‌بینانه نگاه کنیم نگهداریِ عدم تعادل دشوار است.

بجای ممنوع کردن سیلان، از آن بهره‌برداری کنید. نقش تلفن از ابتدا این بود که اختلال و ناامنی موجود در سیستم را به‌وسیله ایجاد مدار، کمینه و تماس بین مبدا و مقصد را برقرار کند. در این نقش مسیر ثابتی تخصیص داده می‌شود. از طرف دیگر، اینترنت که بر تغییرات پرآشوب متکی است و بزودی همه سیستم تلفن را دربرخواهد گرفت، پیغام‌ها را (که شامل صدا نیز می‌شود) در بیت‌های جزء جزء شده (بسته‌ها) از طریق مسیرهای فراوان پراکنده می‌کند. به عبارت دیگر در روش اینترنتی بیشتر از آنکه ایرادات را ندیده بگیرند، فرض می‌کنند که ایرادات وجود دارند و از سیلان پرآشوب بهره می‌برد. بدنبال آن باشید که سیلان کجاست و سوار آن شوید.

شما نمی‌توانید از همان ابتدا پیچیدگی را به سازمان خود تزریق کنید. شبکه‌ها نسبت به تغییرات شدید با دامنه گسترده دارای جهت‌گیری هستند. تنها راه برای بکاربری یک سیستم جدید گسترده، رشد آن است. شما نمی‌توانید آن را تزریق نمائید. بعد از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی، روسیه تلاش برای تزریق سرمایه‌داری کرده است. اما این سیستم پیچیده قابل تزریق نیست. این سیستم باید رشد کند. نظام اقتصادی شبکه‌ای علاقه‌مند است که سازمان‌های بزرگ از نمونه‌های کوچک که تحت‌الحمایه‌ی نمونه‌ی بزرگ هستند ولی در عین حال به‌طور مستقل عمل می‌کنند، به‌وجود بیایند. شبکه‌ها به‌جای آنکه تزریق شوند نیاز به رشد دارند. نیازمند آن هستند که در طی زمان انباشته شوند.

هسته را حفظ کنید و به بقیه جاها اجازه سیلان دهید. نویسندگان جیمزکولین و جری پوراس در اثر بی نظیر پرفروششان "ساخته شده برای ماندگاری" بحثی را آورده‌اند که شرکت‌های با طول عمر دراز، قادر خواهند بود که برای پنجاه سال و یا

بیشتر، با حفظ قلب کوچکی از ارزش‌های بدون تغییرشان همچنان سودمند باقی بمانند، و سپس پیشرفت را در هر چیز دیگر به حرکت درآورند. تغییری که همه کسب و کارها از استخراج معدن گرفته تا بیمه را دربرمی‌گیرد. خارج از هسته ارزش‌ها، هیچ چیز نباید از سیلان معاف باشد. هیچ چیز.

### ۱-۱-۹ تکنولوژی رابطه

#### ۱-۱-۹-۱ با تکنولوژی شروع کنید، با اعتماد به پایان رسانید.

ضرورت اقتصادی اصلی عصر صنعتی، افزایش بهره‌وری بود. هر جنبه‌ای از شرکت صنعتی (از ماشین‌هایش تا ساختار سازمانی‌اش) طوری درست شده بود که کارایی تولید اقتصادی را افزایش دهد. اما امروزه بهره‌وری، در نظام اقتصادی شبکه‌ای یک محصول حاشیه‌ای بی‌معناست.

#### ضرورت اقتصادی اصلی نظام اقتصادی شبکه‌ای، تقویت رابطه‌هاست.

هر جنبه از یک شرکت شبکه‌ای شده (از سخت‌افزارش گرفته تا سازمان گسترده شده‌اش) برای افزایش کمیت و کیفیت روابط اقتصادی خلق شده است.

شبکه، ساختاری برای تولید روابط می‌باشد. همان‌طور که رودخانه‌ها کشتی‌های باری را حمل می‌کنند، شبکه‌ها نیز بستر حرکت روابط می‌باشند. وقتی هر چیزی، به هر چیز دیگر متصل شد، روابط فوق‌العاده گسترده می‌شوند. هراتصال در شبکه باعث یک ارتباط می‌شود. بین شرکت‌ها و شرکت‌های دیگر، بین شرکت‌ها و مشتریان، بین مشتریان و دولت، بین مشتریان و ماشین‌ها، بین ماشین‌ها و ماشین‌ها، بین اشیاء و دیگر اشیاء، بین اشیاء و مشتریان. در اینجا پایانی برای پیچیدگی و ظرافت روابطی که در نظام اقتصادی شبکه‌ای ایجاد می‌شود، وجود ندارد.

وقتی که اطلاعات فراوان است، هم‌سطحان اطلاعاتی غلبه می‌یابند.

در حقیقت، همان‌طور که اطلاعات قابل اعتماد همه‌گیر می‌شوند، هیچ چیزی نمی‌تواند مانع غلبه یافتن هم‌سطحان اطلاعاتی شود. همان‌گونه که کامپیوترها و ارتباطات، میلیون‌ها بیت اطلاعاتی را در همه ابعاد رها می‌کنند، ما شاهد ارتقاء سطح اطلاعاتی در هر بعد و جهتی هستیم. پست الکترونیکی و پست صوتی از طریق ارتقاء سطح اطلاعاتی که به وجود می‌آورند، به سازمان فشار وارد می‌کنند. تأثیر هم‌سطح کردن که حاصل تکنولوژی‌های شبکه‌ای است و آشفتگی‌های متعاقب آن در سازمان شرکت‌ها به خوبی شناخته شده است. البته از خیلی جهات پدید آمدن روابط هم‌سطحی اطلاعاتی که بین مدیر و کارمند در حال ظهور است، شاید جذابیت چندانی نداشته باشد و یا کم‌اهمیت‌ترین تغییر روابطی باشد که در حال وقوع است.

آنچه که پیامد مهم‌تری دارد، نوع رابطه بین مشتری و شرکت است که تحت تاثیر هم‌سطح شدن اطلاعات قرار می‌گیرد. مهم‌تر از آن، رابطه بین شرکت و شرکت است که خیلی سریع به یک وب از نت‌های روی هم افتاده انتقال یافته است. باز از آن حیاتی‌تر رابطه بین مشتری و مشتری است که تازه به جریان افتاده و نهایتاً رابطه ترفیع داده شده‌ای است که بین مشتریان و بقیه جامعه در حال برقراری است (رابطه‌ای که اخیراً در حال تعریف شدن است) و همین‌طور که اقتصاد خودش را داخل هرگونه فعالیتی می‌نماید، این رابطه ممکن است نسبت به بقیه روابط جایگاه مهم‌تری را به خود اختصاص دهد.

خارجی‌های شرکت، مانند کارمندان عمل می‌کنند، کارمندان مانند خارجی‌ها عمل می‌کنند، روابط جدید، نقش‌های کارمندان و مشتریان را در هم می‌آمیزند تا به یک نقطه واحد برسند. آنها، مشتری و شرکت را یکی می‌کنند.

این تکامل مشترک بین کاربران و تولیدکنندگان، چیزی بیش از یک حس شاعرانه است. در واقع مالکین شبکه تلفن چیزی را نمی‌فروشد، به‌جز فرصتی که برای مشتریان خود فراهم می‌نمایند تا بین خودشان مکالمه داشته باشند، مکالمه‌هایی که خود مشتریان، آنها را خلق می‌کنند. شما می‌توانید بگوئید که شرکت‌های تلفن با هم در خلق خدمات

تلفنی همکاری می‌کنند. محوکردن فاصله مبدأ و مقصد، باعث بوجود آمدن خدمات آنلاین می‌شود.

در نظام اقتصادی شبکه‌ای، تولید و مصرف به یک نقطه مشترک می‌رسند:  
تولیدکنندگی و مصرف‌کنندگی واحد (Prosuming)

آینده تولیدکنندگی و مصرف‌کنندگی واحد به وضوح به‌طور آنلاین دیده می‌شود، جایی که بهترین کالاها به وسیله مردمانی که آنها را مصرف می‌کنند، ساخته می‌شود.

چون یک رابطه شامل سرمایه‌گذاری دو عضو است، افزایش ارزش آن وقتی دو برابر می‌شود که یک نفر در آن سرمایه‌گذاری کرده است.

هزینه جابجا کردن روابط، سنگین است. اگر شما رابطه‌ای را رها کنید، دو برابر هزینه پرداخته‌اید. درحقیقت شما همه چیزهایی را که دیگری برای رابطه پرداخته است و تمام سرمایه‌گذاری خودتان را نیز از دست می‌دهید.

تکنولوژی رابطه مانند تکامل‌های تکنولوژیکی دیگر، پیشرو در ارائه نوآوری‌هاست و بعد از آن تلاش به شناساندن آنها خواهد کرد.

تکنولوژی رابطه ابتدا در دنیای وب ظاهر می‌شود. اما به تدریج در دنیای کالاهایی چون قوطی‌های کنسرو شده، لوازم ورزشی، شوهای تلویزیونی و جاهای تفریحی نفوذ خواهد کرد و نهایتاً به مرحله پایانی رشد روابط مشتری می‌رسد: تغییر دادن چیزی که مشتری می‌خواهد.

محصولات و خدمات خوب، با هم خلق می‌شوند. خواسته‌های مشتریان بیشتر از آنچه که ممکن است رشد می‌کند و شرکت‌ها به پیروی از نیازهای مشتریان، چیزهای بیشتری که ممکن است به واقعیت تبدیل می‌کنند. زیرا آفرینش در یک شبکه، آفرینشی همکارانه است. عملی همکارانه مابین مشتری و فروشنده است، یک رابطه چند جانبه باید بین آفرینشگران وجود داشته باشد.

کسی که باهوش‌ترین مشتری را داشته باشد، پیروز است.

وصل کردن مشتری به هوش جمعی، سومین راهی است که مشتری را با هوش‌تر می‌کند.

امروزه تخصص در میان مشتریان متعصب جای گرفته است. متخصص‌ترین افراد در زمینه خدمات و محصولات شما برای شرکت شما کار نمی‌کنند. آنان مشتریان شما و در زمره‌ی گروهی هستند که علائق مشترک دارند.

همان‌طور که گروه‌های کاربر به شرکت‌ها نیاز دارند، شرکت‌ها نیز نیازمند گروه‌های کاربر هستند. وقتی که مشتریان راضی‌اند گروه‌های کاربر مؤثرتر از تبلیغات عمل می‌کنند. و البته وقتی که راضی نیستند از سرطان نیز بدتراند. در صورتی که به درستی مورد استفاده قرار گیرند، هواداران مشتاق قادر به ساختن و یا ویران نمودن یک محصول خواهند بود.

اطلاعات به سوی مشتریان هم‌سطح اطلاعاتی حرکت می‌کند، و همچنین مسئولیت برای موفقیت نیز به همان سمت می‌رود. "نت" نیازمند مشتریان خردمندتر می‌باشد.

ظهور تکنولوژی رابطه بر روی "نت"، نقش بزرگتری را برای مشتری ایفاء می‌کند و تقاضای بیشتری برای وی خلق می‌نماید. هیچ‌کدام از این توسعه‌ی روابط روی نمی‌دهد مگر آنکه اعتماد زیادی حول آن وجود داشته باشد. آلن و بر بنیادگذار مجله کسب و کار نظام اقتصادی جدید "Fast Company" می‌گوید: نظام اقتصادی جدید با تکنولوژی بوجود می‌آید و با اعتماد به انجام می‌رسد.

حریم خصوصی نوعی مکالمه است. شرکت‌ها نباید حریم خصوصی را به عنوان وسواس نابجای مشتریان ببینند که باید در پی دستیابی به آن باشند، بلکه باید آن را شبیه راهی برای ترویج رابطه‌ای بی غلّ و غش در نظر بگیرند.

پاسخ همیشگی شرکت‌ها هنگام مخالفت مشتریان برای ارایه‌ی بیشتر اطلاعات شخصی این است که "هر چه بیشتر شما به ما بگوئید، ما بهتری می‌توانیم به شما خدمت کنیم". این درست است، اما کافی نیست. افراد به راحتی چیزی بروز نمی‌دهند، مگر آنکه اعتماد پیدا کنند.

**یکی از عمده‌کارهای سخت در نظام اقتصادی شبکه‌ای، به وجود آوردن مقارنه در دانش است.**

برای آنکه اعتماد شکوفا شود، مشتریان نیز باید بدانند چه کسی درباره‌ی آنها اطلاعاتی دارد و تمام جزئیات آنچه را که آنها می‌دانند، نیز بدانند. آنها باید همان قدر که داندگان درباره‌شان می‌دانند، آنها نیز درباره‌شان بدانند.

**نظام اقتصادی شبکه‌ای که بر پایه تکنولوژی بنیاد گذاشته شده، فقط با روابط ساخته می‌شود. نظام اقتصادی شبکه‌ای با تراشه‌ها شروع شد و با اعتماد به انجام می‌رسد.**

ارزش تکنولوژی براساس میزان سهولتی که برای افزایش فعالیت رابطه‌ای فراهم نموده، قضاوت می‌شود. جارون لایز پیشگام در شبیه‌سازی سه‌بعدی واقعیت، یک آزمون ارتباط‌سنج پیشنهاد می‌کند: آیا تکنولوژی مورد بحث، افراد را به یکدیگر ارتباط می‌دهد؟ به وسیله ارزشیابی وی، تلفن تکنولوژی خوبی است، در حالی که تلویزیون خوب نیست. قرص‌های جلوگیری از بارداری خوب هستند، در حالی که قدرت هسته‌ای خوب نیست.

به وسیله این سنجش، تکنولوژی شبکه بسیار ارزشمند است. این تکنولوژی پتانسیل آن را دارد که همه نوع از موجودات هوشیار را به وسیله هر راه قابل تصور به هم مرتبط کند. ضرورت نظام اقتصادی شبکه‌ای، حکم می‌کند استعداد منحصر بفرد افراد به وسیله روابطشان با افراد دیگر بیشینه گردد.



مشتریانتان را به اندازه‌ی خودتان باهوش کنید. هرکوششی که یک شرکت برای یادگیری از مشتریانش انجام می‌دهد، باید به همان اندازه تلاش نماید تا به مشتریانش نیز آموزش دهد. امروزه مشتری بودن کار دشواری است. هر کمکی با وفاداری پاداش داده خواهد شد. اگر شما به مشتریانتان آموزش ندهید، کس دیگری که شاید رقیب هم نباشد، ممکن است این کار را انجام دهد.

مشتریان را به یکدیگر متصل کنید. برای اغلب شرکت‌ها هیچ چیزی ترسناک‌تر از آن نیست حامی ایده‌ی تشکیل خلوتگاه‌هایی باشند که مشتریان در آنها با یکدیگر به گفتگو بنشینند. مخصوصاً اگر محیط اثربخشی چون وب برای ارتباطات باشد.

با فرض برابر بودن تمامی شرایط، آن تکنولوژی را انتخاب کنید که به هم مرتبط باشد. تکنولوژی روزبه‌روز گزینه‌های بهتری را پیشنهاد می‌کند. یک وسیله یا یک روش نمی‌تواند هم‌زمان سریع‌ترین، ارزان‌ترین، قابل اعتمادترین، جهانی‌ترین و کوچک‌ترین در نوع خود شود. برای به صدر رسیدن، یک تکنولوژی باید بعضی ابعادش را بر بعضی دیگر ترجیح دهد. حالا به این لیست، مرتبط‌ترین را هم اضافه کنید. این جنبه تکنولوژی به‌طور فزاینده‌ای مهم است، و گاهی اوقات بر روی موانعی چون سرعت و زمان سایه می‌اندازد. اگر شما درباره اینکه کدام تکنولوژی را بخرید، شک دارید، آن کالایی را بخرید که شما را به بیشترین محدوده مکانی، زمانی و به مسیرهای بیشتری، متصل کند. از چیزهایی که شبیه جزیره هستند حذر کنید. صرف نظر از اینکه آن جزیره، تا چه اندازه غنی است.

مشتریانتان را مانند کارمندانان تصور کنید. این یک حيله پست نیست. مشتریان‌تان را به کاری گیرید که قبلاً کارمندان‌تان انجام می‌دادند. این یک راه برای بهترکردن دنیا است.

## ۱-۱-۱۰ فرصت‌ها قبل از کارایی

### ۱-۱-۱۰-۱ مشکل‌ها را حل نکنید، بدنبال ربودن فرصت‌ها باشید.

قبل از کشف نظریه تکامل توسط چارلز داروین، زندگی در زمان حال مورد بررسی قرار می‌گرفت. حیوانات به منظور فهم چگونگی کار اعضای داخلی‌شان، گیاهان به منظور کشف خواص شفا بخشی‌شان، جانوران دریایی به منظور بررسی نحوه عجیب و غریب زندگی‌شان مورد تحقیق و جستجو قرار می‌گرفتند. بیولوژی به این موضوع می‌پرداخت که ارگانیسم‌ها چگونه روز به روز پیشرفت می‌کنند.

داروین به وسیله پافشاری‌اش بر این مسئله که بررسی زندگی بدون توجه به چارچوب تکامل چند میلیارد ساله آن قابل فهم نخواهد بود، فهم ما را از زندگی تغییر داد. داروین ثابت کرد که حتی اگر بخواهیم بدانیم اسهال روده‌ای درخوک‌ها چگونه علاج پیدا می‌کند، یا چگونه عمل لقاح ذرت به بهترین نحو انجام می‌پذیرد، یا کجا باید بدنبال خرچنگ دریایی باشیم، چاره‌ای نداریم جز اینکه در ذهن خود متوجه پویایی‌شناسی پیوسته و تدریجی تکامل زندگی در طی زمان طولانی باشیم.

تا این اواخر، علم اقتصاد مرتبط به چگونگی رشد کسب و کار به‌طور سالانه بود و اینکه چه نوع خط‌مشی دولتی باید برای سه ماه آینده برگرفته شود. با این اوصاف پویایی‌شناسی رشد بلندمدت کمک چندانی به این مسئله که آیا عرضه پول باید امسال کمتر شود یا نه، نخواهد کرد. مطالعه علم اقتصاد هنوز داروین خود را نیافته است، اما این مسئله به‌طور فزاینده‌ای واضح است که رفتار هر روزه‌ی بازار، بدون مد نظر قرار دادن پویایی‌شناسی پیوسته و تدریجی رشد اقتصادی در طی زمان طولانی کاملاً درک نخواهد شد.

اقتصاد جهانی در دراز مدت به‌طور متوسط رشد ناچیزی را تجربه کرده است. رشد متوسط سالانه یک درصدی در طی چند قرن اخیر به رقمی معادل دو درصد در قرن حاضر رسیده است، دوره‌ای که اغلب آنچه امروزه بر روی زمین می‌بینیم، ساخته شده است. این بدان معناست که به‌طور متوسط تولیدات سیستم اقتصادی، دو درصد بیشتر از تولیداتی است که در طی ۱۲ ماه قبل تولید گشته‌اند. در زیر فراز و نشیب‌های لجام گسیخته تجارت، روزانه یک نیروی مداوم و نامرئی، تمام فضای اقتصادی را به جلو می‌راند، که به تدریج سطح کره‌ی زمین را با اشیاء، تعاملات و فرصت‌های بیشتری می‌پوشاند این جریان در حال شتاب گرفتن است و هر ساله اندکی گسترده‌تر می‌شود.

عدم تقارن در امور انسانی را "نظام اقتصادی" می‌نامیم. نظام اقتصادی مملو از شبکه‌های وب است که خروجی‌ها را چندبرابر ورودی‌ها می‌کند. بنابراین به‌طور میانگین سریع‌تر از تخلیه شدنش پر می‌شود. در دراز مدت این تمایل اندک به خلق کردن، می‌تواند محصول چهارکادریلیون دلاری جهانی را بوجود آورد.

**عدم تقارن بالا نه پولی را جمع می‌کند و نه انرژی و نه چیزی دیگری را. منشأ ثروت اقتصادی با فرصت‌ها آغاز می‌شود.**

اولین ساخته دست انسان، فرصتی را پیش روی افراد دیگر گذاشت تا کاربردهای دیگر یا طرح‌های دیگری از آن کالای خلق شده را به تصور آورد. وقتی که آن طرح‌ها و تغییرات جدید به منصفی ظهور می‌رسیدند، این اشیاء، موقعیت‌های دیگری را برای خلق‌های جدید بوجود می‌آوردند. یک مصنوع به واقعیت پیوسته شده، دو یا تعداد بیشتری فرصت برای رشد خلق می‌کرد. هر کدام از این دو پیشرفت، دو فرصت دیگر جدید به ثمر می‌نشانند و حالا چهار امکان وجود دارد. چهار فرصت، هشت محصول می‌داد. بنابراین در طی زمان، فرصت‌ها انباشته می‌شوند. شبیه دو برابر شدن هر روزهی زنبق، یک شکوفه کوچک در طی چند نسل می‌تواند آنقدر گسترده شود که تمام زمین را بپوشاند.

**از هر فرصتی که استفاده شود، آن فرصت، حداقل دو فرصت جدید می‌آفریند.**

کل "وب" خلق‌کننده فرصت می‌باشد. بیش از ۳۲۰ میلیون صفحه‌ی وب در پنج سال اولیه بوجود آمد وب خلق شد. در حال حاضر هر روزه بر این تعداد ۱/۵ میلیون صفحه جدید از انواع مختلف اضافه می‌شود. تعداد وب‌سایت‌ها، که حالا به یک میلیون رسیده است، هر ۸ ماه دو برابر می‌شود. (به یاد تالاب زنبق بیافتید) یک فرصت منحصربه‌فرد که به وسیله یک محقق خسته در سال ۱۹۸۹ قاپیده شده، این شکوفه اقتصادی را بوجود آورد. این برگ زنبقی نیست که امروزه همه جا را فراگرفته است، بلکه خود تالاب زنبق است.

هر چه را که درباره ساختار نظام اقتصادی شبکه‌ای می‌دانیم، حکایت از این دارد که نظام اقتصادی شبکه‌ای توسعه فرصت‌ها را به دلایل زیر تقویت می‌کند:

- در هر فرصت، اتصالی نهفته است. هرچه ما دنیای بیشتری را به گره‌های شبکه متصل کنیم، به میزان هر چه بیشتر میلیاردها جزء را در یک بازی بزرگ ترکیب‌سازی قرار خواهیم داد. آن وقت تعداد ممکنات منفجر می‌شوند.

- شبکه‌ها به گذار فرصت‌هایی که بدست آمده‌اند و نوآوری‌هایی که خلق و در تمام نقاط شبکه و زمین گسترده شده‌اند، سرعت می‌دهند و فرصت‌های بیشتری را جهت بنا شدن بر روی فرصت‌ها و نوآوری‌های موجود خلق می‌کنند.

عدم تقارن بزرگ زندگی اقتصادی، با چشم پوشی از بعضی نمونه‌های قدیمی‌تر، بلادرنگ فرصت‌های جدیدی را به وجود می‌آورد. این سفری است یک طرفه، به سوی ممکنات بیشتر و بیشتر، که جهت‌های فراوان‌تری نسبت به قبل را نشان می‌دهد و مرزهای جدید بیشتری را می‌گشاید.

### مشکلات را حل نکنید، در تعقیب فرصت‌ها باشید.

به دنبال فرصت‌ها بودن دیگر خردی نیست که فقط مربوط به چرخه‌های بلند پیشرفت اقتصادی باشد. هنگامی که نظام اقتصادی سرعت می‌گیرد، به طوری که یک سال اینترنتی انگار در یک ماه می‌گذرد، اصول بلندمدت رشد، شروع به اداره‌ی اقتصاد روزمره می‌کنند. دینامیک رشد، دینامیک مزیت رقابتی کوتاه مدت می‌شود.

توانایی ما در حل معضلات اجتماعی و اقتصادی هم در کوتاه مدت و هم در بلند مدت، عمدتاً به وسیله عدم تخیل و ابتکار ما در ربودن فرصت‌ها محدود می‌شود تا به وسیله بهینه کردن راه حل‌ها.

به جای بهینه‌سازی وضع موجود، با خلق فرصت‌های بیشتر، دست‌آوردهای بیشتری به دست آورید.

بهینه‌سازی و کارایی به سختی می‌میرند. در گذشته ابزارهای بهتر، کارایی ما را افزایش می‌دادند. همچنین اقتصاددانان به‌طور معقولانه‌ای انتظار دارند، عصر اطلاعات که در حال ظهور است، سرشار از بهره‌وری برتر باشد. بهره‌وری برتر همان چیزی است که ابزارهای بهتر در گذشته در اختیار ما قرار می‌دادند. اما شگفت آنکه، تکنولوژی کامپیوترها و شبکه‌ها هنوز ما را به سمت افزایش قابل سنجش در بهره‌وری هدایت نکرده است.

**به هر حال در نظام اقتصادی جدید، اهمیت دادن به بهره‌وری کار غلطی است که نباید صورت گیرد.**

برای اندازه‌گیری کارایی، شما نیازمند یک خروجی یکنواخت هستید. اما خروجی یکنواخت در نظام اقتصادی که بر روی خطوط تولید کوچکتر، سفارشی‌سازی کلی، رضایت‌مندی شخصی و نوآوری خلاقانه تأکید دارد، در حال کمیاب شدن است. یکنواختی کمتر شده است. مقدّر است که نظام اقتصادی شبکه‌ای، منبع بهره‌وری روزمره شود. تجربه تکنیکی می‌تواند به سرعت مشترک شود و کارایی را در اتوماسیون افزایش دهد. اگرچه بهره‌وری روزمره ماشین‌ها، چیزی نیست که انسان‌ها به دنبال آن هستند. در عوض آن چه که نظام اقتصادی شبکه‌ای از ما مطالبه می‌کند، چیزی شبیه اتلاف وقت است. اتلاف زمان و عدم کارایی، راه‌هایی به سوی اکتشاف هستند.

#### ۱-۱-۱۰-۲ استراتژی‌ها

چرا ماشین نمی‌تواند این کار را انجام دهد؟ اگر برای افزایش بهره‌وری به کارگران انسانی فشار بیاید، سؤال این است، چرا ماشین این کار را انجام ندهد؟ واقعیت این است کاری که از فرط تکراری بودن قابلیت اندازه‌گیری دارد، باید به روبات‌ها سپرده شود. به عقیده من خیلی از شغل‌هایی که امروزه در اتحادیه‌ها مطرح هستند، شغل‌هایی خواهند بود که در طی چند نسل آینده به عنوان کارهای غیرانسانی، غیرقانونی خواهند شد.

در جستجوی سورپریزهای خوش‌یمن باشید. کیفیت‌هایی که برای موفقیت در نظام اقتصادی شبکه‌ای مورد نیاز است، در این مورد خلاصه می‌شود: تسهیلات برای رسیدن

به نواحی ناشناخته. حوادث ناگوار همه جا در کمین هستند، اما ثروت‌های بادآورده نیز هم اینگونه‌اند. عدم تقارن بزرگ تضمین می‌کند که موفقیت‌های بالقوه آن خیلی بزرگتر از شکست‌های بالقوه آن هستند، ولو آنکه ۹ تا از ۱۰ تای آنان به شکست بیانجامند. همچنین وقتی موفقیت‌ها از راه برسند، پشت سرهم انباشته می‌شوند. وقتی دو تا شوند، پس بیشتر هم می‌شوند. یک سورپریز خوش‌یمن نوعی نوآوری است که سه نیاز را ارضاء می‌کند، در عین حالی که پنج نیاز جدید نیز خلق می‌کند.

فرصت‌های متوالی را بیشینه کنید. یک فرصت، جرقه‌ی فرصتی دیگر است و سپس یکی دیگر. این گونه انفجار فرصت مانند شلیک گلوله تک‌تیرانداز است. اما اگر یک فرصت، جرقه‌ی بوجود آمدن ده فرصت دیگر بود و هر کدام از آنها، جرقه‌ی ده فرصت دیگر بودند، این توالی انفجارها به سرعت دامنه‌ای گسترده را فرا می‌گیرد. بعضی از فرصت‌های بدست آمده، به‌طور افقی منفجر می‌شوند. در نسل اول به صدها هزار تکثیر می‌شوند، سپس فوراً متوقف می‌شوند. خشک شدن یک رودخانه را به یاد آورید. مسلماً میلیون‌ها نمونه فروش داشته است، اما بعد از آن چه؟ در آنجا فرصت‌های متوالی درکار نیست. راهی که احتمال بوجود آمدن توالی را مشخص می‌کند، جستجوی این سؤال است: چه تعداد تکنولوژی یا کسب وکار دیگری توسط دیگران بر روی این فرصت خلق می‌شوند؟

## ۲-۱ جمع‌بندی

نظام اقتصادی شبکه‌ای فرصت‌هایی را در مقیاس‌هایی که تاکنون دیده نشده، رها خواهد کرد. اما نظام اقتصادی شبکه‌ای آتوپیا نیست. یک مرحله منحصر بفرد توسعه اقتصادی است که بیشتر مانند دوره جوانی سرشار از هیجان و هیاهوست و البته قابلیت بازگشت ندارد. سیاره خاکی فقط یک بار می‌تواند از این مرحله که برای اولین بار تمام سطح کره زمین پوشانده از شبکه‌های تفکر و تعامل شده، عبور کرده و پیشرفت نماید. ما در لحظه‌ای هستیم که پوششی از فیبرهای نوری و هاله‌ای از ماهواره‌ها دور تا دور زمین را احاطه کرده‌اند تا یک فرهنگ اقتصادی یکپارچه را بوجود آورند.

در نظام اقتصادی شبکه‌ای، مالکیت به قسمت‌های بی‌شماری تقسیم می‌شود و در میان شاهراه‌های الکترونیکی و کارگران، سرمایه‌داران مخاطره‌گر، سرمایه‌گذاران، مؤتلفین، خارجیان و در اندازه‌ای کم حتی برای رقبا، توزیع می‌شوند. شبکه‌ها، سرمایه‌داری جمعی را پرورش می‌دهند.

همچنان که شبکه‌ها رشد می‌نمایند، مرکز خودش را عقب می‌کشد. هم‌زمانی ظاهر شدن شبکه‌های جهانی با رشد جریان ادبی پست مدرن اتفاقی نبود. در پست مدرنیسم، اقتدار مرکزی از بین می‌رود، عقیده‌ی تعصب‌آمیز جهانی وجود ندارد، آیین بنیادینی وجود ندارد.

اصول شبکه هرگونه سختی و انعطاف‌ناپذیری، ساختار بسته، طرحی جهانی، اقتداری مرکزی و ارزش‌های تثبیت‌شده را انکار می‌کند. در عوض شبکه‌ها تقدیم‌کننده‌ی تکثرگرایی، تمایز، ابهام، ناتمامی، احتمال و کثرت می‌باشند و این خصوصیات برای ویرانی، برای گسترش جرم سازمان‌یافته شبکه‌ای و برای تقویت عدم ارزش‌های مشترک، ایده‌آل می‌باشند.

شبکه‌ها، آینده‌ی تکنولوژی می‌باشند. شبکه‌ها گسترده، وسیع، عمیق و سریع هستند. شبکه‌های الکترونیکی از همه نوع، سیاره ما را خواهند پوشاند و گره‌های پیشرفته‌شان نظام اقتصادی ما را شکل خواهند داد و به زندگی ما رنگ خواهند بخشید. انتقال به این چشم‌انداز، نه فوری است و نه بدون درد و به همان عجیب و غریبی خواهد بود که در ابتدا به نظر می‌رسید.

### سؤالات تشریحی فصل اول

- ۱- سه ویژگی نظام اقتصادی جدید را برشمارید.
- ۲- قوانین نظام اقتصادی جدید را نام ببرید.
- ۳- پیوستن به جمع در نظام اقتصادی جدید چگونه نمود پیدا می‌کند؟
- ۴- استراتژی‌های نظریه پیوستن به جمع را نام ببرید.
- ۵- دو فرق عمده اقتصاد صنعتی و اقتصاد شبکه‌ای را شرح دهید.
- ۶- مزایای فراوانی در اقتصاد جدید چیست؟
- ۷- سه نکته که باعث می‌شود شرحتها با وجود رایگان سازی باز هم به حیات خود ادامه دهند کدام است؟
- ۸- مراحل چرخه طبیعی حیات هر تکنولوژی شبکه‌ای را نام برده و به طور مختصر توضیح دهید.
- ۹- اصل « دراج وگذار کنید» در نظام اقتصادی جدید را تشریح کنید.
- ۱۰- منظور از تکنولوژی رابطه در نظام اقتصادی شبکه‌ای چیست؟



# فصل دوم

## اصول و مبانی شبکه‌ها

### هدف کلی

آشنایی با اصول و ساختارهای شبکه‌ها و تقسیم‌بندی‌های آنها.

### هدف رفتاری

دانشجو پس از مطالعه این فصل باید بتواند:

- اهداف استانداردسازی شبکه‌ها را درک کرده و با سازمان‌های استاندارد در این زمینه آشنا شود.
- تقسیم‌بندی‌های مختلف شبکه‌ها را توضیح دهد.
- لزوم طراحی لایه‌ای و اصول منجر به این طراحی را بداند.
- خدمات اتصال‌گرا و بی‌اتصال را تمیز دهد.
- مدل‌های مرجع OSI و TCP/IP را تشریح کرده و مزایا و معایب آنها را برشمارد.
- حال که با اهمیت شبکه‌ها در دنیای فناوری و اقتصاد امروز آشنا شدیم بهتر است کم‌کم وارد مباحث فنی شبکه‌ها شویم. در این فصل با مفاهیم اولیه و تاریخچه و سازمان‌های استاندارد شبکه‌ها و تقسیم‌بندی‌های اولیه و همچنین مدل‌های مرجع آشنا می‌شویم.

## ۲-۱ تاریخچه شبکه‌ها

شبکه‌های اولیه اسباب اتصال بسیار خاص و بخش جدانشدنی از ابزارهای کامپیوتری خاص بودند. شرکت‌هایی که در کارهای پردازشی و حسابداری قبل از آن راه‌حل‌های سنتی را استفاده می‌کردند، شبکه‌ها را بکار گرفتند.

پیکربندی نمونه اولیه، شامل پایانه‌های غیرهوشمندی می‌شدند که از طریق سیم به کنترل‌کننده‌ها متصل بودند. وسایل کنترل‌کننده امکانات جمعی یا مالتی‌پلکسر (تسهیم‌کننده) دسترسی به سایر وسایل را از طریق اتصال به کامپیوتر بزرگ فراهم می‌کردند. امکانات مخابراتی در یک پردازنده جلودار (FRONT END PROCESSOR) کامپیوتر بزرگ قرار می‌گرفتند. FEP امکانات مخابراتی زیادی جهت استفاده اشتراکی یک کانال واحد به کامپیوتر بزرگ فراهم می‌نمود. با در نظر گرفتن تفاوت سرعت بین وسایل ورودی و خروجی و پردازنده‌های کامپیوتر بزرگ این روش با صرفه‌ترین هزینه را در برداشت.

در شکلی دیگر یک خط استیجاری با پهنای باند کم، برای پوشش دادن به فاصله جغرافیایی کامپیوتر بزرگ استفاده می‌شد.

در آنجا کامپیوتر بزرگ به کانال ورودی-خروجی متصل می‌شد. در این گونه محیط‌های کاری نرم‌افزار برنامه کاربردی، فقط بر روی کامپیوتری که از آن پشتیبانی می‌کند نصب می‌شود و با استفاده از یک سیستم عامل به اجرا در می‌آید. سیستم عامل فقط می‌تواند با محصولات سخت‌افزاری سازنده مربوطه کار کند.

همزمان با یکی شدن راه‌حل‌ها توسط یک سازنده، دو توسعه تکنولوژیکی متفاوت رخ داد که آینده عملیات کامپیوتری را دگرگون نمود. نخست نمونه‌های اولیه کامپیوترهای شخصی به بازار عرضه شدند.

دوم دانشمندان در شرکت زیراکس شروع به بهبود بازدهی کارهای خود نمودند. خصوصاً روشهای مربوط به استفاده اشتراکی فایلها و داده‌ها را بین ایستگاه‌های کاری

هوشمند مورد مطالعه قرار دادند. روش استفاده اشتراکی از طریق دیسکتهای فلاپی زمان‌بر و مشکل‌ساز بودند.

راه‌حل آنها شبکه محلی اولیه بود که اترنت نام گرفت. این یک روش ساده LAN بود که بیشتر تکیه بر پروتکل‌های با قابلیت میان‌شبکه‌ای برای تعاریف و رفتارها داشت. اترنت اولیه اکنون با نام اترنت PARC یا اترنت I شناخته شده است. نسخه داده شده بعدی که توسط زیراکس، دک و اینتل توسعه داده شد DIX Ethernet یا اترنت II نام گرفت. این شرکتها به صورت ترکیبی استانداردهای اترنت را تنظیم نموده و قطعات سخت‌افزاری آن را ایجاد کردند. قطعات هوشمند و شبکه‌های محلی یک الگوی جدید را پایه‌گذاری کردند: شبکه‌های کامپیوتری باز و توزیعی.

## ۲-۱-۱ تاریخچه اینترنت

در اواخر دهه ۱۹۵۰ میلادی اتحاد جماهیر شوروی سابق با پرتاب فضاپیمای اسپوتنیک ثابت کرد که می‌تواند با استفاده از موشکهای قاره‌پیمای خود به راحتی تاسیسات حیاتی ایالات متحده و از جمله شبکه‌های ارتباطی را مورد حمله قرار دهد. در پاسخ به این مبارزه طلبی آشکار، آمریکا اقدام به تاسیس آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته (Advanced Research Project Agency) ARPA نمود. در سال ۱۹۶۲ نخستین ایده‌ها در مورد شبکه‌های مبتنی بر تکنولوژی راه‌گزینی بسته‌ای مطرح گردید و در سالهای بعد تحقیقات تکمیلی در ARPA بر روی آن انجام شد. تا بالاخره در سال ۱۹۶۲ شبکه ARPA NET مبتنی بر تکنولوژی راه‌گزینی بسته‌ای متولد گردید. این شبکه در آغاز چهار کامپیوتر متفاوت را در چهار دانشگاه مختلف آمریکا با استفاده از خطوط تلفن به هم مرتبط می‌ساخت. ARPA NET که در حقیقت هسته اصلی اینترنت امروزی است بعدها در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ گسترش قابل توجهی پیدا کرد. در سالهای ۷۰ میلادی علاوه بر گسترش ARPA NET شبکه‌های مستقل دیگری نیز مانند USE NET، BIT NET بوجود آمدند و پروتکل‌های مختلف برای پست الکترونیکی، انتقال فایل، ترمینال راه دور تعریف شد و با تولید نرم‌افزارهای مناسب، سرویس‌های فوق بر روی این شبکه‌ها بکار گرفته شد. در سال ۱۹۸۲ مجموعه پروتکل‌های TCP/IP بعنوان تنها پروتکل‌های ارتباطی مورد نیاز در ARPA NET انتخاب شد. این تقسیم در حقیقت

تعیین یک استاندارد برای سایر شبکه‌های متصل به **APRA NET** بود و استفاده از واژه اینترنت به مفهوم شبکه‌ای از شبکه‌ها را متداول ساخت. شبکه‌هایی که یا خود از پروتکل‌های **TCP/IP** استفاده می‌کنند یا امکان محاوره با شبکه‌های مبتنی بر **TCP/IP** را دارند. در سال ۱۹۸۶ بنیاد ملی علوم آمریکا (**NSF**) تصمیم به ایجاد مراکزی از ابرکامپیوترها گرفت و برای دسترسی تمام پژوهشگران به این مراکز، اقدام به ایجاد یک شبکه ستون فقراتی نمود که **NSF NET** نامیده شد و از تکنولوژی **ARPA NET** برای شبکه‌سازی سود می‌برد که بعدها بعنوان ستون فقرات اینترنت قلمداد گردید. در سال ۱۹۹۲ موسسه بین‌المللی با نام انجمن اینترنت (**ISOC**) (**INTERNET SOCIETY**) تاسیس گردید. وظیفه اصلی این موسسه نظارت و ارزیابی وضعیت اینترنت و تدوین استانداردهای مورد نیاز و در دسترس بودن اینترنت می‌باشد. در سال ۱۹۹۳ که سرعت ستون فقرات به **45mpbs** رسید، **NFS** اقدام به تاسیس مرکز اطلاعات اینترنت (**inter net information center**) (**INTER NIC**) نمود که وظیفه آن نظارت بر توزیع اسامی و آدرس‌های اینترنت، ارائه سرویس‌های اطلاعاتی و آموزشی مورد نیاز جامعه اینترنت است. در همین سالها سیستم‌های مرورگر اطلاعات چون **web - gopher** متولد شدند که با خود قابلیت‌های جدیدی را به همراه آوردند که از این میان سرویس **web** با تمام ملحقاتش اکنون پرمفردترین و جذاب‌ترین پدیده اینترنت می‌باشد. در سال ۱۹۹۵، **NFS** سیستم شبکه با ستون فقرات بسیار سریع (**VBNS**) (**VERY HIGH SPEED**) را جایگزین **NSF NET** نمود و فراهم‌کنندگان سرویس‌های اینترنت مسئولیت برقراری ارتباط متقاضیان با اینترنت را در نقاط مختلف جهان برعهده گرفتند.

در حال حاضر سرویس‌های اینترنت به اکثر کشورهای جهان گسترش یافته و هزاران کامپیوتر میزبان با سرور در سراسر دنیا به سرویس‌دهی به کاربران اینترنت مشغولند. کاربران اینترنت در سال ۲۰۰۳ از مرز ۵۰۰ میلیون نفر گذشته است.

## ۲-۱-۲ اینترنت: شبکه‌ای از شبکه‌ها

برای اینترنت تعاریف مختلفی ارائه گردیده است ولی شاید هیچ‌یک نتوانند تصویر کاملی از اینترنت به ما بدهند. اینترنت در معنای عمویش (**internetwork**) به معنی

مجموعه‌ای از شبکه‌هاست. که اولاً بصورت فیزیکی به هم متصل‌اند و ثانیاً قادرند در کنار یکدیگر بصورت یک شبکه واحد عمل نمایند. برای اینکه چنین شبکه‌ای بتواند کار کند، شبکه‌ها و کامپیوترهای موجود در اینترنت باید به یکی از دو طریق زیر عمل کنند.

همگی از یک زبان یکسان برای برقراری ارتباط با یکدیگر استفاده کنند.

مترجم و مفسر مناسب را برای درک زبان یکدیگر بکار گیرند.

زبان مورد اشاره در حقیقت یک مجموعه نرم‌افزاری است که کامپیوترهای متصل به شبکه‌های مستقل را قادر به تبادل اطلاعات با یکدیگر می‌سازد. اطلاق اینترنت به شبکه جهانی امروز نیز به همین خاطر است. کامپیوترهای نزدیک به هم که غالباً تحت مدیریت واحدی نیز هستند، به هم متصل می‌شوند و شبکه‌های کوچک محلی را بوجود می‌آورند. شبکه‌های کوچک محلی به یکدیگر مرتبط شده و شبکه‌های بزرگ منطقه‌ای را ایجاد می‌کنند. شبکه‌های بزرگ منطقه‌ای نیز با اتصال به یکدیگر شبکه گسترده جهانی اینترنت را پدید می‌آورند. قسمت عمده این شبکه‌ها از پروتکل‌های خانواده **TCP/IP** استفاده می‌کنند (زبان یکسان) و برخی نیز با استفاده از دروازه‌های ارتباطی به شبکه‌های مبتنی بر **TCP/IP** متصل می‌شوند.

اینترنت برای کاربران خود امکان دسترسی به انواع اطلاعات مورد نیاز به صورت متن، صوت، تصویر، نرم‌افزارها و ... را فراهم می‌کند. پست الکترونیک، انتقال فایل، پایانه راه دور، تور جهان‌گستر (**WORLD WID WEB**) و ... تنها گوشه‌ای از این سرویس‌ها و امکانات می‌باشد.

## ۲-۲ آشنایی با سازمان‌های استاندارد در زمینه شبکه

موفقیت اترنت نشان داد که بازار روش استفاده از شبکه‌های اختصاصی را ترجیح نمی‌دهد. مشتریان یک محیط کاری باز را با برنامه‌های کاربردی مختلف که به تولیدات

سخت‌افزاری وابسته نباشد، می‌خواستند. این قابلیت میان عملیاتی باعث ایجاد رقابت در تولیدات جدید شد. اهداف سیستم‌های باز عبارتند از:

هزینه کمتر

توانایی بیشتر

### قابلیت عملیات متقابل بین سازندگان وسایل مختلف

این امر نیازمند این مطلب است که قابلیت‌های همدیگر را تشخیص دهند و چگونگی برقراری ارتباط و اشتراک داده‌ها را بدانند. این مطلب باعث شد که استانداردهای مختلفی در این زمینه ایجاد گردد.

در حال حاضر مؤسسات استاندارد زیادی در زمینه تکنولوژی اطلاعات و شبکه‌ها وجود دارند که در جهت هماهنگی استانداردها با هم همکاری می‌کنند. در این قسمت سازمان‌های استاندارد مختلف را بررسی خواهیم کرد.

#### ANSI ۱-۲-۲

**American National Standard Institute (ANSI)** یک سازمان خصوصی و غیر انتفاعی می‌باشد که وظیفه توسعه و هماهنگ‌سازی استانداردهای ملی را داراست. هرچند استانداردهای این سازمان ملی است اما با انتشار استانداردهای آن در سازمان‌های استاندارد بین‌المللی عدم رعایت آنها به منزله عدم رعایت استانداردهای جهانی می‌باشد.

#### IEEE ۲-۲-۲

**IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)** مسئول تعریف و تدوین استانداردهای مخابراتی و ارتباطات داده‌ای است. بیشترین تلاش این سازمان برای تدوین استانداردهای شبکه‌های محلی و شهری (LAN, MAN) بوده است. این استانداردها با نام استانداردهای سری 802 مشهور هستند.

اصول و مبانی شبکه‌ها ۶۹

استانداردهای IEEE با استانداردهای ANSI سازگار است چون همانطور که گفته شد ANSI با سازمان‌های جهانی استاندارد در ارتباط است.

#### ISO ۳-۲-۲

ISO (International Organization for Standardization) در سال ۱۹۴۶ پایه‌گذاری شد و اداره مرکزی آن در ژنو در کشور سوئیس قرار دارد. استانداردهای این سازمان با سرنام ISO شناخته می‌شوند که اگر چه یک سرنام صحیح و مورد قبول سازمان است اما در اصل از لغت یونانی *isos* به معنی استاندارد گرفته شده است. این سازمان یک سازمان داوطلب است که از طرف سازمان ملل برای توسعه استانداردهای بین‌المللی ایجاد شده است. این سازمان تمام موارد بجز موارد الکتریکی و الکترونیکی را پوشش می‌دهد.

هم اکنون این سازمان ۹۰ عضو دارد و شاید مهمترین استاندردی که تدوین کرده باشد مدل مرجع ISO/OSI باشد که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

#### IEC ۴-۲-۲

IEC (International Electrotechnical Commission) اداره مرکزی آن در ژنو قرار دارد و در سال ۱۹۰۹ تأسیس شده است. این سازمان استانداردهای بین‌المللی برای موارد الکتریکی و الکترونیکی تعریف می‌کند. این سازمان دارای ۴۰ عضو است که ANSI نماینده آمریکا در این سازمان می‌باشد.

IEC و OSI متوجه اهمیت فناوری اطلاعات شدند و با هم JTC1 (Joint Technical Committee) مخصوص استانداردهای فناوری اطلاعات را تشکیل دادند.

#### IAB ۵-۲-۲

IAB که قبلاً نام Internet Activities Borad را داشت توسعه اینترنت را کنترل می‌کند که شامل دو کمیته IETF و IRTF می‌باشد. IRTF در زمینه تکنولوژیهای جدید اینترنت تحقیق می‌کند و IETF نتیجه این تحقیقات را به صورت استاندارد تنظیم

می‌کند و مسئول تدوین استانداردهای تکنولوژیهای اینترنت از جمله IP است که بعداً با آن آشنا خواهیم شد.

## ۲-۳ تقسیم‌بندی شبکه‌ها

دو عامل مهم در طبقه‌بندی شبکه‌ها عبارتند از: تکنولوژی انتقال و اندازه شبکه‌ها. بر این اساس به بررسی تقسیم‌بندی شبکه‌ها از این دو دیدگاه می‌پردازیم.

از نقطه نظر تکنولوژی انتقال، شبکه‌ها دو نوعند:

### شبکه‌های پخش (broadcast)

#### شبکه‌های نظیر به نظیر (peer to peer)

شبکه‌های پخش دارای یک کانال هستند که بین همه کامپیوترها مشترک بوده و هریک از کامپیوترها پیام‌های خود را در بسته‌هایی روی کانال فرستاده و همه کامپیوترهای آن را دریافت می‌کنند. آدرس کامپیوتری که این بسته برای آن ارسال شده در بخشی از پیام نوشته شده و کامپیوترهای دیگر چون آدرس آنها در پیام وجود ندارد پیام را رها کرده و کامپیوتر مورد نظر پیام را می‌گیرد. در این شبکه‌ها با قرار دادن یک کد خاص در فیلد آدرس پیام می‌توان آن پیام را برای همه کامپیوترها ارسال کرد. به این روش پخش یا **broadcasting** گفته می‌شود. همچنین امکان ارسال پیام به گروهی از کامپیوترها وجود دارد. که به آن پخش گروهی (**multicasting**) گویند.

در شبکه‌های نظیر به نظیر بین تک‌تک کامپیوترها مسیر جداگانه وجود دارد. یک پیام در طول مسیر خود از چند ماشین عبور خواهد کرد. در این نوع شبکه‌ها یافتن کوتاهترین مسیر بین دو کامپیوتر از مسائل اساسی است.

روش دیگر تقسیم‌بندی شبکه‌ها بر اساس اندازه شبکه است.



اصول و مبانی شبکه‌ها ۷۱

در این تقسیم‌بندی شبکه‌ها به شبکه‌های محلی، شهری و گسترده تقسیم‌بندی می‌شوند (مطابق شکل ۱-۲). در مرحله بعد شبکه‌های بی‌سیم را مورد بررسی قرار خواهیم داد.

### ۲-۳-۱ شبکه‌های محلی

شبکه محلی یا LAN (Local Area Network) شبکه‌ای خصوصی با ابعادی در مقیاس یک کیلومتر واقع در یک ساختمان یا مجموعه است که از آن برای متصل کردن کامپیوترهای یک شرکت و به اشتراک گذاشتن منابع و تبادل اطلاعات بین ایستگاه‌های کاری استفاده می‌شود. سه پارامتر مهم در مورد شبکه‌های محلی عبارتند از:

اندازه، فناوری انتقال اطلاعات و هم‌بندی (Topology).

اندازه LAN آنقدر کم است که زمان انتقال و تاخیر سیگنال‌ها در بدترین وضعیت هم قابل پیش‌بینی است. اما در مورد فناوری انتقال داده که به کابل بستگی دارد باید گفت که سرعت انتقال داده در LAN بین ۱۰ تا ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه متغیر است و درصد خطای بسیار پایینی دارد. LAN‌های جدیدتر به سرعت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه هم دست یافته‌اند.

اما توپولوژی یا هم‌بندی. هم‌بندی‌های مختلفی برای LAN وجود دارد. در هم‌بندی

فاصله پردازنده‌ها	محدوده پردازنده‌ها	مثال
1 m	به فاصله یک میز	شبکه شخصی
10 m	یک اتاق	شبکه محلی
100 m	یک ساختمان	شبکه محلی
1 km	یک مجتمع	شبکه محلی
10 km	یک شهر	شبکه شهری
100 km	یک کشور	شبکه گسترده
1000 km	یک قاره	شبکه گسترده
10,000 km	کره زمین	اینترنت

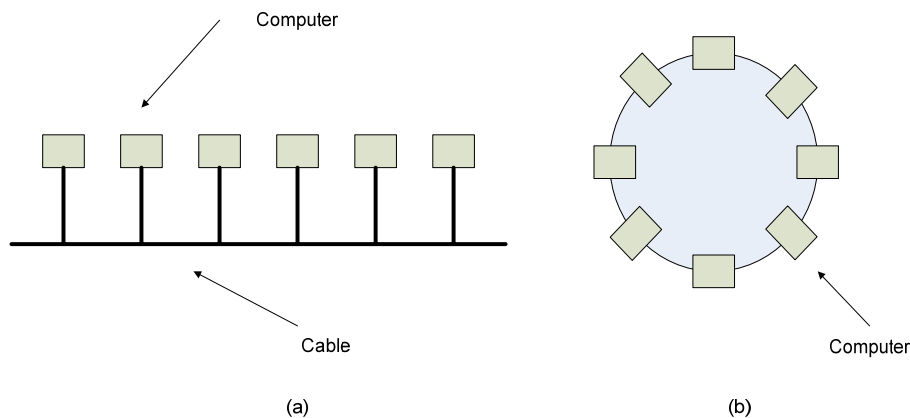
شکل ۱-۲ طبقه‌بندی شبکه‌ها براساس اندازه آنها

گذرگاه (bus) یک خط ارتباطی بین ایستگاه‌ها وجود دارد و در هر لحظه فقط یکی از

کامپیوترها می‌توانند روی خط ارسال داده داشته باشند. و در طول این مدت بقیه کامپیوترها باید از ارسال داده روی خط خودداری کنند. در غیر اینصورت تصادم (Collision) بوجود می‌آید. برای تعیین اولویت ارسال داده روی خط و حل اختلاف بین ایستگاه‌های کاری سازوکارهای مختلفی وجود دارد که در فصل ۴ به تفصیل بررسی می‌گردند.

نوع دیگری از هم‌بندی، حلقوی یا RING است که در آن کانال ارتباطی به شکل حلقه بوده و ابتدا و انتهای آن بهم متصل است. در این شبکه نیز باید سازوکاری برای حل اختلاف وجود داشته باشد، که بیشتر بر نوعی نوبت‌بندی متکی است. در نوعی از این هم‌بندی که حلقه نشانه‌دار TOKEN RING نامیده می‌شود، هر کامپیوتری که نشانه یا توکن را در اختیار داشته باشد مجاز به ارسال داده روی خط است.

از دیگر هم‌بندی‌ها، هم‌بندی ستاره‌ای یا STAR است که در آن همه ایستگاه‌ها به یک دستگاه مرکزی بنام هاب (HUB) متصل می‌شوند و ارتباط آنها از طریق این دستگاه برقرار می‌گردد و اتصال مستقیمی بین کامپیوترها وجود ندارد. درمورد هاب در فصل بعدی بیشتر خواهیم دانست.



شکل ۲-۲ (a) شبکه گذرگاه (b) شبکه حلقوی

اصول و مبانی شبکه‌ها ۷۳

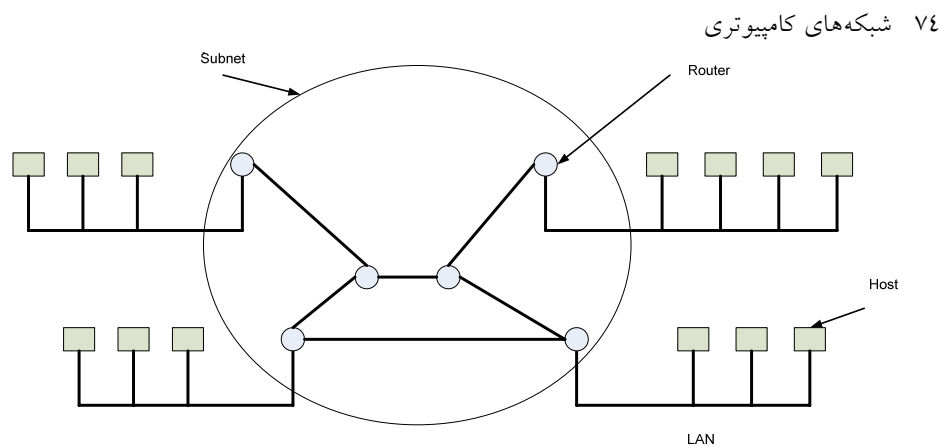
شبکه شهری یا **MAN (Metropolitan Area Network)** شبکه‌ای است با ابعادی در مقیاس ده کیلومتر که یک شهر را پوشش می‌دهد. شبکه‌های تلویزیون کابلی بهترین نمونه این شبکه‌ها هستند. این شبکه‌ها ابتدا در نقاط کور شهرها راه‌اندازی شدند که برای دسترسی مشترکان محروم از برنامه‌های تلویزیونی کاربرد داشت. گردانندگان این شبکه‌ها دریافتند که با تغییرات کوچکی در این شبکه‌ها می‌توانند از آنها برای ارائه سرویس‌های اینترنت بهره‌گیرند. بدین طریق شبکه تلویزیون کابلی به شبکه شهری یا **MAN** تبدیل شد.

### ۲-۳-۳ شبکه گسترده

شبکه گسترده یا **WAN (Wide Area Network)** شبکه‌ای است با ابعادی در مقیاس یک صد کیلومتر که محدوده بیشتری در حد یک کشور یا قاره را در برمی‌گیرد. در این نوع شبکه کامپیوترهایی هستند که برنامه‌های کاربردی روی آنها اجرا می‌شود و به آنها میزبان (**host**) گفته می‌شود که توسط زیرشبکه‌ها بهم متصل می‌شوند. وظیفه زیرشبکه ارسال پیام از یک میزبان به میزبان دیگر است.

زیرشبکه شامل دو بخش است: خطوط انتقال و تجهیزات راه‌گزینی (سوئیچینگ). خطوط انتقال برای انتقال داده استفاده می‌شود که می‌توانند سیم مسی، فیبر نوری و یا امواج رادیویی باشند. تجهیزات سوئیچینگ دستگاه‌هایی هستند که ارتباط بین خطوط را برقرار می‌کنند. با ورود یک داده از یک سو این دستگاه‌ها باید مسیر خروجی را تشخیص دهند. به این دستگاه‌ها معمولاً مسیریاب (**router**) گفته می‌شود.

اگر دو مسیریاب اتصال مستقیم نداشته باشند باید این کار را از طریق مسیریاب‌های دیگر انجام دهند. وقتی بسته داده در مسیر خود از چند مسیریاب عبور می‌کند ابتدا به طور کامل دریافت و ذخیره می‌شود و سپس روی خط خروجی فرستاده می‌شود. به این شبکه‌ها ذخیره-هدایت (**store-and-forward**) یا سوئیچ بسته (**packet-switched**) گویند. اگر اندازه بسته‌ها کوچک و یکسان باشد به آنها سلول (**cell**) گفته می‌شود.



شکل ۲-۳ ارتباط بین **host** ها و زیر شبکه

## ۲-۳-۴ شبکه‌های بی سیم

شبکه‌های بی سیم در دنیای جدید شبکه‌ها اهمیت زیادی یافته‌اند. شبکه‌های بی سیم را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

### ارتباطات داخلی سیستمی

#### LAN بی سیم

#### WAN بی سیم

ارتباطات داخلی سیستمی یعنی برقراری ارتباطات بی سیم بین قطعات داخلی یک کامپیوتر. ارتباطات بین کامپیوتر با دستگاه‌هایی مثل کی‌بورد و ماوس بی سیم از این نوعند که از تکنولوژی بلوتوث (Bluetooth) استفاده می‌کنند. این مزیت باعث می‌شود دستگاه‌ها با قرار گرفتن در برد امواج بتوانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

نوع دیگر ارتباطات بی سیم LAN بی سیم است که در آن هر کامپیوتر دارای یک مودم رادیویی و یک آنتن است که بدینوسیله با کامپیوترهای دیگر ارتباط برقرار می‌کند. مهمترین استاندارد LAN‌های بی سیم IEEE802.11 نام دارد.

اصول و مبانی شبکه‌ها ۷۵

نوع سوم ارتباطات بی‌سیم، WAN بی‌سیم است. شبکه تلفن همراه از این دسته شبکه‌هاست. تفاوت آنها با LAN‌های بی‌سیم فقط در برد بیشتر و نرخ انتقال داده کمتر است. سرعت در آنها در حد 1Mbps است ولی برد آنها در حدود کیلومتر می‌باشد.

## ۲-۳-۵ شبکه شبکه‌ها

شبکه‌ها می‌توانند بوسیله دروازه (gateway) به هم متصل شده و داده‌ها از فرمتی به فرمتی دیگر تبدیل شوند. به مجموعه‌ای از شبکه‌های بهم پیوسته شبکه شبکه‌ها (internetwork) گفته می‌شود. متداولترین شکل شبکه شبکه‌ها از تعدادی LAN که با ارتباطات WAN بهم وصل شده‌اند تشکیل شده‌اند.

اغلب افراد مفاهیم زیر شبکه، شبکه و شبکه شبکه‌ها را با هم اشتباه می‌گیرند. زیرشبکه مجموعه خطوط ارتباطی و مسیریاب‌ها را تشکیل می‌دهد. این مجموعه به اضافه میزبان‌ها (hosts) شبکه را تشکیل می‌دهند. وقتی چند تا از این شبکه‌ها بهم وصل می‌شوند شبکه شبکه‌ها تشکیل می‌شود.

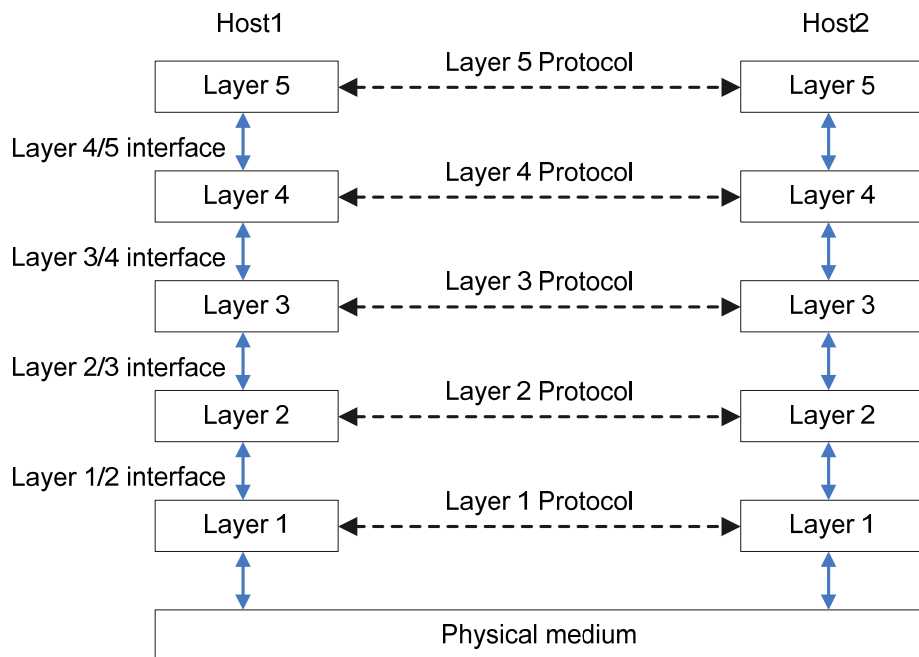
## ۲-۴ لزوم طراحی لایه‌ای

برای کاهش پیچیدگی‌های طراحی اغلب شبکه‌ها بصورت مجموعه‌ای از چند لایه که هر کدام روی دیگری قرار می‌گیرند طراحی می‌شوند. وظیفه هر لایه ارائه سرویس‌های خاص به لایه بالاتر و پنهان کردن جزئیات از دید آنهاست. در این مفهوم هر لایه یک ماشین مجازی است که سرویس‌های خاصی در اختیار لایه بالاتر می‌گذارد.

قواعد برقراری ارتباط یک لایه با لایه دیگر پروتکل نام دارد. در شکل ۲-۴ یک شبکه ۵ لایه مشاهده می‌شود. به اجزایی که در یک لایه هستند هم‌تا (peer) گفته می‌شود. این هم‌تاها هستند که با استفاده از پروتکل با هم ارتباط برقرار می‌کنند. هیچگاه ارتباط بین لایه n یک ماشین با لایه n ماشین دیگر مستقیماً برقرار نمی‌شود. بلکه هر لایه داده‌ها را به لایه پایین خود داده و در نهایت از طریق رسانه فیزیکی که در زیر پایین‌ترین لایه قرار دارد به ماشین مقابل منتقل می‌شود.

بین هر زوج از لایه‌های مجاور واسط (interface) قرار دارد. واسط مشخص می‌کند که هر لایه چه سرویس‌ها و عملکردهایی در اختیار لایه بالاتر می‌گذارد.

به مجموعه لایه‌ها و پروتکل‌ها معماری شبکه (network architecture) گفته می‌شود.



شکل ۲-۴ لایه‌ها، پروتکل‌ها و واسط‌ها

## ۲-۴-۱ اصول طراحی لایه‌ها

بعضی از اصول مهم طراحی شبکه به طراحی لایه‌ها باز می‌گردد. در زیر به بعضی از اصول اشاره خواهیم کرد:

هر لایه برای شناسایی فرستنده‌ها و گیرنده‌ها به سازوکار خاصی نیاز دارد. از آنجائیکه هر شبکه بطور معمول دارای کامپیوترهای زیادی است و بعضی از آنها دارای فرآیندهای متعددی هستند، هر فرآیند که بر روی یک ماشین اجرا می‌شود برای آنکه مشخص کند که می‌خواهد با چه فرآیندی از کدام ماشین صحبت کند به سازوکار خاصی نیازمند است. چون چندین مقصد وجود دارد، شیوه‌های آدرس‌دهی ویژه‌ای نیز برای تشخیص مقاصد خاصی مورد نیاز است.

مجموعه دیگری از تصمیمات طراحی به انتقال داده‌ها مربوط می‌شود. در بعضی از سیستمها داده‌ها فقط در یک جهت (Simplex) طی مسیر می‌کنند. در بعضی دیگر داده‌ها می‌توانند در دو جهت طی مسیر کنند، ولی نه بطور همزمان (Half Duplex). در نوع دیگری از سیستمها، داده‌ها بطور همزمان در دو جهت ارسال می‌شوند (Full Duplex). قرارداد ارتباط بایستی تعداد کانال منطقی در اتصال و اولویت آنها را مشخص کند. بسیاری از شبکه‌ها برای اتصال حداقل دو کانال منطقی در نظر می‌گیرند: یکی برای داده‌های معمولی و دیگری برای داده‌های فوری.

چون مدارهای ارتباط فیزیکی بدون خطا نیستند، کنترل خطا مسأله بسیار مهمی است. برنامه‌های زیادی برای تشخیص و تصحیح خطا نوشته شده‌اند اما هر دو طرف اتصال بایستی بر روی یکی از آنها توافق کنند. بعلاوه گیرنده بایستی صحت دریافت پیام‌ها و یا عدم دریافت صحیح آنها را به فرستنده اعلام کند.

همه کانال‌های ارتباطی ترتیب پیام‌های ارسالی را رعایت نمی‌کنند. برای جبران این کار، قرارداد باید این امکان را به گیرنده بدهد که بتواند قطعات را بطور مناسبی جمع کند. یک راه حل ساده شماره‌گذاری قطعات است. اما این روش در مورد قطعاتی که خارج از ترتیب می‌رسند پاسخی ندارد.

مسأله دیگری که در هر لایه بایستی حل شود، عدم توانایی همه فرآیندها در پذیرش پیام‌های طولانی است. این خاصیت منجر به سازوکارهایی برای قطعه قطعه کردن پیام، انتقال، و سپس سرهم کردن دوباره پیام‌ها شد. مطلب دیگر این است که بعضی از فرآیندها اصرار دارند که داده‌ها را بصورت واحدهای کوچکی انتقال دهند. این روش از کارایی خوبی برخوردار نیست. راه حل این است که چند پیام کوچک که دارای مقصد مشترکی هستند بصورت یک پیام بزرگتر در آمده و در مقصد مجدداً آنها را بصورت اولیه باز گردانند.

اگر ایجاد اتصال جداگانه برای هر جفت از فرآیندهایی که می‌خواهند باهم ارتباط برقرار کنند ساده نباشد یا گران تمام شود، لایه پائینی می‌تواند برای چندین ارتباط نامربوط، از یک اتصال استفاده کند. تا وقتی که این تسهیم‌سازی (Multiplexing) و

واتسهیم‌سازی (Demultiplexing) به روشنی انجام می‌شود هر لایه می‌تواند از آن استفاده کند. در مواردی که کل ترافیک مربوط به تمام اتصالات باید از چند مدار فیزیکی عبور کند، در لایه فیزیکی نیاز به تسهیم‌سازی می‌باشد.

اگر بین منبع و مقصد چند مسیر وجود داشته باشد یک مسیر بایستی انتخاب شود. گاهی این تصمیم بایستی بین دو یا چند لایه گرفته شود. بعنوان مثال برای ارسال داده‌ها از لندن به رم بایستی تصمیم سطح بالایی گرفته شود تا مشخص شود که از طریق فرانسه باید منتقل کرد یا آلمان، این انتخاب به قوانین اختصاصی آنها بستگی دارد. این موضوع مسیریابی نامیده می‌شود.

## ۲-۴-۲ خدمات اتصال گرا و بی‌اتصال

کامپیوترها با استفاده از بستر شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. اما خصوصیات این ارتباط شامل چه پارامترهایی است؟

شبکه‌های کامپیوتری عموماً دو نوع خدمات به لایه‌های بالاتر خود ارائه می‌دهند: خدمات اتصال گرا و بدون اتصال. هر برنامه تحت شبکه برای استفاده از سرویس‌های آن می‌بایست از این دو نوع سرویس استفاده نماید.

### خدمات اتصال گرا:

زمانی که یک برنامه از خدمات اتصال گرا استفاده می‌کند، برنامه سمت مشتری (Client) به خدمات‌دهنده (Server) می‌بایست قبل از ارسال بسته‌های حاوی اطلاعات، بسته‌های کنترلی را ارسال نماید (مانند دست‌تکانی سه مرحله‌ای 3way handshaking) و پس از آن که این مرحله به پایان رسید، عمل ارسال اطلاعات آغاز می‌شود.

این روال شبیه آغاز گفتگو میان انسانها است. به عنوان مثال ابتدا با سلام کردن از سوی دو طرف گفتگو آغاز شده و بعد از آن می‌توانند به صحبت ادامه دهند.



اصول و مبانی شبکه‌ها ۷۹

خدمات اتصال‌گرا در شبکه‌های کامپیوتری عموماً با خدمات‌گیری که شامل اتصال مطمئن داده‌ها (reliable)، کنترل جریان و کنترل ازدحام می‌باشد همراه شده‌است. (دقت شود که همه خدمات اتصال‌گرا لزوماً قابل اطمینان (reliable) نیستند).

قابلیت اطمینان به این معنی است که گیرنده، اطلاعات را بدون خطا از فرستنده دریافت نموده است. ممکن است گونه‌های مختلفی از شبکه‌ها وجود داشته باشند که خدمات اتصال‌گرا ارائه دهند ولی قابل اطمینان نباشند.

### خدمات بدون اتصال:

در خدمات بدون اتصال هیچگونه دست‌تکانی (hand shaking) لازم نیست. زمانی که برنامه‌ای در شبکه قصد ارسال اطلاعات را داشته باشد، بدون هیچ روال اضافی این کار را انجام می‌دهد. این خدمات نمی‌تواند هیچگونه خدمات قابلیت اطمینان، کنترل ازدحام، کنترل جریان را با خود همراه نماید. اما این سرویس در کاربردهایی که سرعت بالای ارسال اطلاعات مورد نیاز می‌باشد، می‌تواند مفید واقع شود.

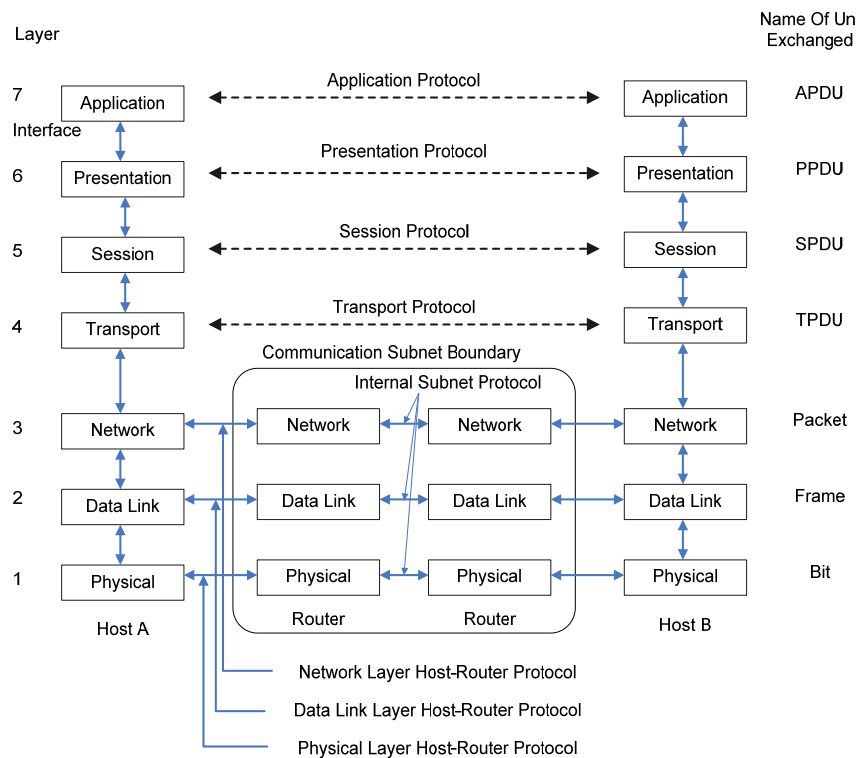
در اینترنت پروتکل TCP نمونه‌ای از خدمات اتصال‌گرا و UDP نمونه‌ای از خدمات بدون اتصال می‌باشد.

## ۲-۵ مدل‌های مرجع

حال که بطور مختصر راجع به شبکه‌های لایه‌ای بحث کردیم به چند مثال توجه می‌کنیم و ساختار دو مدل مهم در معماری شبکه یعنی مدل مرجع OSI و مدل مرجع TCP/IP را مورد مطالعه قرار می‌دهیم.

### ۲-۵-۱ مدل مرجع OSI:

این مدل که در شکل نشان داده شده است مبتنی بر اهدافی که سازمان استانداردهای جهانی (ISO) جهت توسعه لایه‌های متفاوت بر اساس پروتکل‌های استاندارد تعیین کرده بود می‌باشد.



شکل ۶-۲ مدل مرجع OSI

این مدل دارای هفت لایه است. اصولی که این هفت لایه را بوجود آورده‌اند عبارتند از:

یک لایه، زمانی باید ایجاد شود که خدمت متفاوتی مورد نیاز است.

هر لایه باید وظیفه مشخصی داشته باشد.

وظیفه هر لایه بایستی با در نظر گرفتن قراردادهای جهانی تعریف گردد.

مرزهای لایه باید برای کم کردن جریان اطلاعات از طریق رابط لایه‌ها انتخاب شوند.

تعداد لایه‌ها باید به اندازه‌ای زیاد باشد که وظایف متمایز در یک لایه مشترک نباشد و به اندازه‌ای کم باشد که معماری آنها نامناسب نگردد.

در ادامه هر لایه را با شروع از پایین شرح خواهیم داد. توجه داشته باشید که مدل OSI به تنهایی یک معماری شبکه نیست زیرا نیاز به پروتکل‌ها و سرویس‌های مخصوص برای استفاده در هر لایه دارد. مدل OSI فقط مشخص می‌کند که در هر لایه چه کاری باید انجام شود. در هر حال، مرکز بین‌المللی استاندارد (ISO) استانداردهایی را برای هر لایه تولید کرده است. هر چند که آنها بخشی از مدل OSI نیستند و هر یک بطور مجزا منتشر شده‌اند.

### لایه فیزیکی:

اولین لایه در مدل مرجع OSI لایه فیزیکی است که عملکرد آن به فرستادن بیت‌های پردازش نشده (خام) روی کانال ارتباطی مربوط می‌شود. اصول طراحی ایجاب می‌کند که مطمئن شوند وقتی بیت یک، از یک طرف ارسال می‌شود در طرف دیگر بیت یک دریافت شود، نه بیت صفر. سوالاتی که اینجا مطرح می‌شوند عبارتند از: برای نمایش بیت‌های ۰ و ۱ چند ولت بایستی استفاده شود، چند ناو ثانیه برای فرستادن یک بیت طول می‌کشد، آیا انتقال ممکن است بطور همزمان در دو جهت انجام شود، ارتباط اولیه چگونه برقرار شود، وقتی دو طرف ارتباطشان قطع شود اتصال چگونه خاتمه می‌یابد، رابط شبکه چند پایه دارد و کاربرد هر پایه چیست. اصول طراحی با رابط‌های مکانیکی، الکترونیکی و زمانی و همچنین رسانه انتقال فیزیکی که پایین لایه فیزیکی قرار گرفته، سر و کار دارد.

### لایه پیوند داده‌ها:

دومین لایه در مدل مرجع OSI لایه پیوند داده است که وظیفه اصلی لایه پیوند داده‌ها تبدیل وسایل انتقال اطلاعات خام به کانال ارتباطی بدون خطا از دید لایه شبکه می‌باشد. این کار با شکستن داده‌های ورودی به قاب‌های داده (معمولاً چند صد یا چند هزار بیت) و انتقال ترتیبی بیت‌ها انجام می‌دهند.

اگر یک سرویس قابل اعتماد باشد گیرنده باید با فرستادن یک قاب اعلام وصول، وصول صحیح هر قاب را تأیید کند. مسأله دیگری که در لایه پیوند داده‌ها (بیشتر در

لایه‌های بالایی مشخص است) وجود دارد جلوگیری از افتادن یک فرستنده سریع در دام یک گیرنده کند است.

برای اینکه انتقال‌دهنده بداند که گیرنده در آن واحد چه میزان از فضای بافر را دارا است باید از بعضی سازوکارهای تنظیم ترافیک استفاده کند. غالباً تنظیم ترافیک و پردازش خطا با هم یکی شده‌اند.

شبکه‌های پخش مسأله دیگری در لایه پیوند داده‌ها دارند: چگونگی کنترل دسترسی به کانال‌های مشترک. زیرلایه خاصی از لایه پیوند داده‌ها "زیر لایه دستیابی به رسانه" (MAC) با این مشکل سر و کار دارند.

### لایه شبکه:

بعنوان سومین لایه در مدل مرجع OSI لایه شبکه عملکرد زیرشبکه را کنترل می‌کند. مسأله اصلی طراحی، چگونگی هدایت بسته‌ها از منبع به مقصد می‌باشد. حرکت بسته‌ها بر روی مسیر می‌تواند مبتنی بر جداول ایستایی که به شبکه سیم‌کشی شده‌اند و به ندرت تغییر می‌کنند باشد.

همچنین می‌تواند مسیر حرکت بسته‌ها در ابتدای هر محاوره تعیین کرد. مسیرها می‌توانند بسیار پویا باشند، برای هر بسته می‌توان مسیرهایی را از نو تعریف کرد تا بار شبکه را منعکس سازد.

اگر همزمان بسته‌های زیادی در زیر شبکه وجود داشته باشد، تنگنایی بر روی مسیر عبور بوجود می‌آید. کنترل این ازدحام نیز وظیفه لایه شبکه می‌باشد. بطور کلی کیفیت خدمات تهیه شده نیز پیامد لایه شبکه می‌باشد. وقتی که بسته‌ای مجبور است از شبکه‌ای به شبکه دیگر برای رسیدن به مقصد برود، مشکلات زیادی ممکن است بروز کند.

شیوه آدرس‌دهی که بر روی شبکه دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد ممکن است با شبکه اول متفاوت باشد.

ممکن است بعلت بزرگی بیش از حد یک بسته، شبکه دوم آن را نپذیرد و یا ممکن است قراردادها متفاوت باشند و.... رفع این مشکلات از وظایف لایه شبکه می‌باشد تا اجازه دهد شبکه‌های ناهمگون با هم مرتبط شوند.

### لایه انتقال:

چهارمین لایه در مدل مرجع OSI لایه انتقال است که وظیفه اصلی لایه انتقال دریافت داده از لایه بالاتر و در صورت نیاز شکستن آن به اندازه‌های کوچکتر، فرستادن آنها به لایه شبکه و اطمینان حاصل کردن از اینکه داده‌ها بطور صحیح به طرف دیگر می‌رسد.

بعلاوه، تمام این اعمال بایستی بطور کارآمدی انجام شوند تا لایه‌های بالاتر را از تغییرات اجباری در تکنولوژی سخت‌افزار مجزا کنند. از دیگر وظایف لایه انتقال، این است که مشخص می‌کند که چه نوع خدماتی برای لایه جلسه و در نهایت کاربران شبکه بایستی تهیه شود.

رایج‌ترین نوع اتصال جهت انتقال داده، یک کانال نقطه به نقطه بدون خطا می‌باشد که پیام‌ها و یا بایت‌ها را به ترتیب ارسال، تحویل می‌دهد. بعلاوه از دیگر انواع خدمات امکان‌پذیر لایه انتقال، این است که پیام‌های مجزا را بدون آنکه ترتیب آنها را هنگام تحویل تضمین کند انتقال می‌دهد و یا پیام‌ها را به مقاصد چندگانه پخش می‌کند. نوع خدمات پس از اینکه اتصال برقرار شد مشخص می‌شود.

لایه انتقال یک لایه انتها به انتهای واقعی (از منبع به مقصد) می‌باشد. بعبارت دیگر یک برنامه روی ماشین منبع محاوره با برنامه مشابه بر روی ماشین مقصد را بوسیله سرآیند پیام‌ها یا پیام‌های کنترلی برعهده می‌گیرد. در لایه‌های پائین تر قراردادها بین هر ماشین و همسایگان بلافصل آن وجود دارند و ماشینهای منبع و مقصد ممکن است بوسیله چندین مسیر یاب از یکدیگر جدا باشند.

تفاوت بین لایه‌های ۱ تا ۳ که بهم مرتبطند و لایه‌های ۴ تا ۷ که انتها به انتها هستند در شکل مدل OSI واضح است.

**لایه جلسه:**

پنجمین لایه در مدل مرجع OSI لایه جلسه است که به کاربران در ماشینهای مختلف اجازه می‌دهد که جلساتی را بین خودشان برقرار کنند.

لایه جلسه خدمات گوناگونی از جمله کنترل گفتگو، مدیریت نشانه (Token Management) و همگام‌سازی را ارائه می‌دهد.

مدیریت نشانه: به این معناست که دو طرف یک عمل بحرانی را در آن واحد انجام ندهند.

همگام‌سازی: هنگامی که یک فایل بزرگ در حال جابجا شدن می‌باشد امکان بوجود آمدن خلل (crash) در انتقال فایل بزرگ وجود دارد. همگام‌سازی کمک می‌کند که پس از ازکار افتادن، انتقال دوباره از آخرین نقطه کنترل، تکرار گردد.

**لایه نمایش:**

ششمین لایه در مدل مرجع OSI لایه نمایش است که برخلاف لایه‌های پایین‌تر که به حرکت بیتها از جایی به جایی مربوط می‌شود، لایه نمایش به قواعد و معنای اطلاعات فرستاده شده مربوط می‌شود. برای اینکه کامپیوترهایی با شکل‌های نمایش داده‌ای متفاوت بتوانند با هم محاوره کنند، بایستی ساختمان داده مورد استفاده بگونه‌ای تعریف شود که با یک کدگذاری استاندارد بر روی سیم قابل استفاده باشد.

لایه نمایش، این ساختمان‌های داده انتزاعی را مدیریت می‌کند و به ساختمان‌های داده ای سطح بالا (مانند رکوردهای بانکی) اجازه می‌دهد که تبدیل شوند.

**لایه کاربرد:**

هفتمین لایه در مدل مرجع OSI لایه کاربرد است، که شامل قراردادهای گوناگونی که مورد نیاز عمومی کاربران است می‌باشد. یکی از قراردادهایی که بطور گسترده استفاده می‌شود http می‌باشد که اساس شبکه جهانی اینترنت می‌باشد. وقتی که مرورگر صفحه وبی را فراخوانی می‌کند، نام را به سروری که از http استفاده می‌کند می‌فرستد و سرور

صفحه را بر می‌گرداند. از دیگر قراردادهای لایه کاربرد، برای انتقال فایل، پست الکترونیکی و اخبار شبکه و... استفاده می‌شود.

## ۲-۵-۲ مدل مرجع TCP/IP

اجازه دهید از مدل OSI به مدلی که از ابتدا در سر تا سر شبکه‌های کامپیوتری، آرپانت و جانشین آن یعنی شبکه جهانی اینترنت استفاده می‌شد یعنی TCP/IP یاد کنیم.

هدف اصلی از طراحی آرپانت توانایی اتصال چند شبکه به یکدیگر به روش یکپارچه بود. به همین جهت معماری TCP/IP بعنوان مدل مرجع آن شناخته شد. اما نگرانی‌هایی مبنی بر اینکه ممکن است بعضی از میزبان‌ها، مسیریاب‌ها و یا دروازه‌های شبکه در یک لحظه از بین بروند و یا اینکه بتوان بعد از بین رفتن سخت‌افزارهای زیرشبکه، شبکه را حفظ کرده بطوریکه مکالمه موجود قطع نشود نیز وجود داشت. همچنین تا زمانی که ماشین‌های مبداء و مقصد در حال کار هستند اتصال‌ها حتی اگر بعضی از ماشین‌ها یا خطوط انتقال بین آنها ناگهان از کار افتاده باشند کار کنند. برای اینکه این نگرانی‌ها مرتفع شود نیاز به معماری قابل انعطافی بود.

### لایه اینترنت:

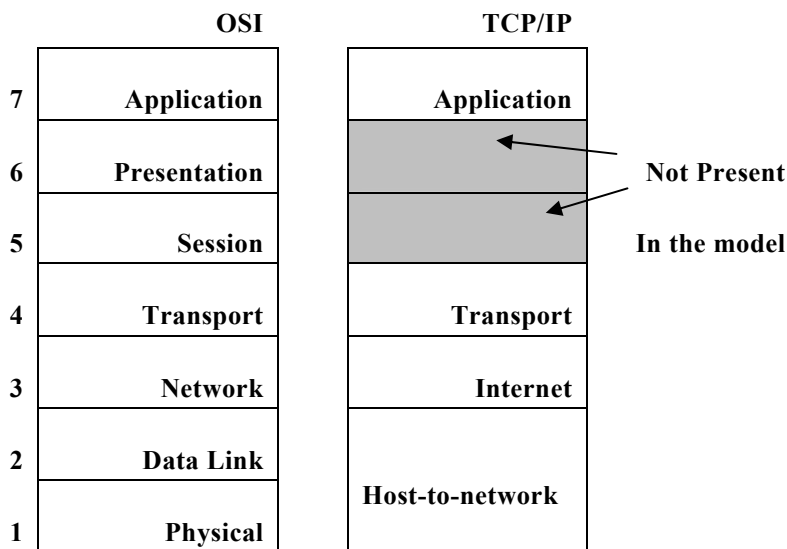
همه این نیازمندی‌ها موجب می‌شود تا شبکه راه‌گزینی بسته‌ای (packet switching) براساس لایه شبکه‌بندی بی‌اتصال انتخاب گردد. این لایه که اینترنت نامیده می‌شود محور اصلی نگهداری کل شبکه با هم می‌باشد و وظیفه آن اجازه دادن به میزبان‌ها برای تزریق بسته‌ها در هر شبکه و انتقال مستقل آنها به مقصد (بروی شبکه‌های دیگر) می‌باشد. بسته‌ها ممکن است به ترتیبی غیر از آنچه که ارسال شده‌اند برسند، در این مورد چنانچه ترتیب ارسال مناسب نباشد، لایه‌های بالاتر باید آنها را مرتب کنند. توجه داشته باشید که کلمه "اینترنت" در اینجا به معنای عمومی در نظر گرفته شده و این لایه هم اکنون در شبکه جهانی اینترنت استفاده می‌شود.

این حالت در اینجا شبیه سیستم پست است. یک شخص می‌تواند نامه‌های خارجی خود را در یک کشور در صندوق پست قرار دهد و با شانس کمی، بیشتر آنها به آدرس

صحیح کشور مقصد می‌رسد. نامه‌ها در طول مسیر احتمالاً از یک یا بیشتر از دروازه‌های پست بین‌المللی عبور میکنند، اما این برای کاربران قابل مشاهده نیست. علاوه بر این هر کشور (بعنوان مثال هر شبکه) تمبرهای مخصوص به خود را دارد. اندازه مطلوب پакتها و قوانین تحویل نامه از دید کاربران مخفی است.

لایه اینترنت، قالب استاندارد برای بسته و قرارداد تعریف می‌کند که IP (قرارداد اینترنت) خوانده می‌شود.

وظیفه لایه اینترنت تحویل بسته‌های IP به جایی که مورد نظر است می‌باشد. در اینجا مسیریابی مسأله اصلی است زیرا از انسداد جلوگیری می‌کند، به همین دلیل می‌توان گفت که لایه اینترنت در TCP/IP شبیه لایه شبکه در مدل OSI می‌باشد.



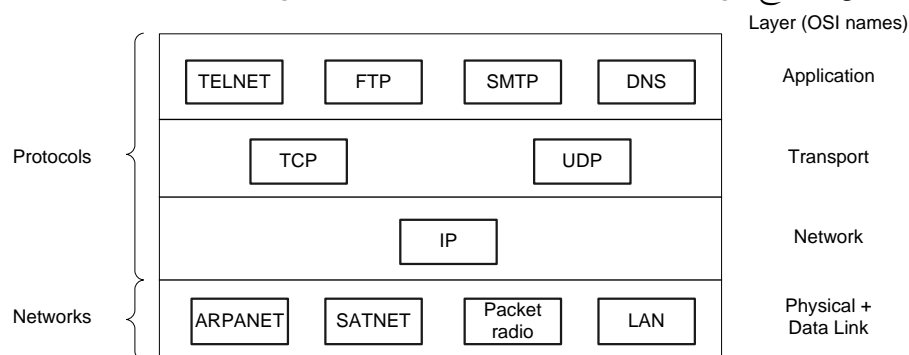
شکل ۷-۲ مدل مرجع TCP/IP

لایه انتقال:



لایه بالای اینترنت در مدل **TCP/IP** معمولاً لایه انتقال نامیده می‌شود. هدف از طراحی این بود که نهادهای همتا مانند لایه انتقال در مدل **OSI** در میزبان‌های منبع و مقصد بتوانند با هم ارتباط داشته باشند. که اینجا در قرارداد انتها به انتها تعریف شده‌اند. اولین آنها **TCP** (قرارداد کنترل انتقال)، قرارداد قابل اعتماد و اتصال‌گرایی است که اجازه می‌دهد رشته‌ای از بایت‌های سرچشمه گیرنده از یک ماشین، بدون خطا به ماشین دیگری در لایه اینترنت تحویل شوند. رشته‌ای از بایت‌های ورودی را به پیام‌های مستقلی تبدیل می‌کند و هر کدام را به لایه اینترنت می‌فرستد. در مقصد فرآیند **TCP** گیرنده پیام‌های دریافتی را دوباره مونتاژ کرده و بصورت یک رشته خروجی در می‌آورد. **TCP** کنترل جریان را نیز مدیریت می‌کند تا مطمئن شود که فرستنده سریع پیام‌هایی بیش از آنچه که گیرنده کند می‌تواند دریافت کند ارسال ننماید.

دومین قرارداد در این لایه **UDP** (قرارداد داده‌گرام کاربر) است که یک قرارداد غیر قابل اعتماد و بی‌اتصال برای کاربردهایی که نیازمند ترتیب **TCP** و کنترل جریان نمی‌باشند و می‌خواهند خودشان آنرا تهیه کنند می‌باشد. این قرارداد برای یک تصویر، تقاضا و خدمات مشتری - کارگزار و کاربردهایی که در آن تحویل سریع مهم‌تر از تحویل صحیح می‌باشد بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۸ پروتکل‌ها و شبکه‌ها در مدل اولیه **TCP/IP**

### لایه کاربرد:

مدل مرجع **TCP/IP** دارای لایه‌های جلسه و نمایش نمی‌باشد. چون نیازی برای آنها مشاهده نمی‌شد منظور نشده‌اند.

تجرباتی که در مدل OSI بدست آورده‌ایم نیز این نظر را ثابت کرده است که آنها در کاربردها به ندرت استفاده می‌شوند.

لایه کاربرد در بالای لایه انتقال قرار دارد و شامل تمام قراردادهای لایه بالاتر می‌باشد. مدل‌های اولیه، شامل پایانه مجازی (telnet) و انتقال فایل (ftp) و پست الکترونیکی (SMTP) بوده‌اند. قرارداد پایانه مجازی به کاربر این اجازه را می‌دهد که ماشین مقصد را راه‌اندازی کرده و با آن کار کند.

قرارداد انتقال فایل زمینه، انتقال داده از یک ماشین به ماشین دیگر را فراهم می‌کند. پست الکترونیک ابتدا نوع ویژه‌ای انتقال فایل بود اما بعداً قرارداد مخصوص برای آن توسعه پیدا کرد. قراردادهای دیگری که در سالهای بعد اضافه شده‌اند عبارتند از: سیستم نامگذاری دامنه (DNS) برای نگاشت اسامی میزبان‌ها به آدرس‌های شبکه‌ایشان، NNTP قراردادی برای انتقال اخبار به اطراف و HTTP (پروتکل انتقال ابرمتن) قراردادی برای صفحات وب در شبکه جهانی اینترنت و قراردادهای دیگر....

### لایه میزبان شبکه:

پایین لایه اینترنت فضای زیادی وجود دارد. مدل TCP/IP چیزی در مورد آنچه اینجا اتفاق می‌افتد به ما نمی‌گوید، فقط بیان می‌کند که میزبان با استفاده از بعضی از قراردادهای شبکه متصل شود. بنابراین می‌تواند بسته‌های IP را از طریق آن ارسال کند. این قرارداد از میزبان به میزبان و از شبکه به شبکه تعریف نشده است.

### ۲-۵-۳ مقایسه مدل‌های مرجع OSI و TCP/IP

مدل‌های مرجع OSI و TCP/IP عمومیت بیشتری دارند. هر دو بر اساس مفهوم پشته‌ای از قراردادهای مستقل پایه‌گذاری شده‌اند.

همچنین عملکرد لایه‌ها دقیقاً مشابه هم هستند. برای مثال در هر دو مدل تمام لایه‌ها به انضمام لایه انتقال خدمات انتقال انتها به انتهای شبکه مستقل برای فرآیندهایی که می‌خواهند با هم ارتباط داشته باشند فراهم می‌کند. این لایه‌ها فراهم‌کننده انتقال می‌باشند.

در هر دو مدل لایه‌های بالای لایه انتقال لایه‌های کاربران بر اساس کاربرد مربوط به خدمات انتقال قرار دارند.

گذشته از این شباهتها هر دو مدل تفاوت‌هایی نیز دارند. در این بخش ما تفاوت‌های اصلی دو مدل را بررسی می‌کنیم. آنچه در اینجا مهم این است که ما می‌خواهیم ۲ مدل مرجع را با هم مقایسه کنیم و نه پشته‌های قرارداد متناظر را. لازم به ذکر است که قراردادها بعداً مورد بحث قرار خواهند گرفت.

### در مدل OSI سه مفهوم اساسی وجود دارد:

۱- خدمات

۲- رابطها

۳- قراردادها

احتمالاً بزرگترین خدمت مدل OSI تمایز قایل شدن بین سه مفهوم می‌باشد. هر لایه تعدادی خدمات را برای لایه بالاتر فراهم می‌کند. تعریف خدمات به ما می‌گوید که لایه چه انجام می‌دهد و چگونگی عملکرد لایه و رابط لایه به ما می‌گوید که فرایندهای بالا چگونه به آن دسترسی دارند. پارامترها را مشخص کرده و نتایج را تعیین می‌کند. درباره چگونگی کارکرد داخلی شبکه نیز چیزی نمی‌گوید.

سرانجام قراردادهای همانند که در یک لایه بکار می‌روند بستگی به خود لایه دارند. تا زمانی که این وظیفه را انجام می‌دهد می‌تواند از هر قراردادی که می‌خواهد استفاده کند (مانند فراهم کردن خدمات پشتیبانی). همچنین می‌تواند آنها را بدون تاثیر گذاری نرم‌افزاری بر روی لایه‌های بالاتر تغییر دهد.

این ایده‌ها خیلی زود با ایده‌های برنامه‌نویسی شیء‌گرا مطابقت می‌کند. یک شی شبیه به یک لایه است که دارای یک سری روشهایی است که فرایندهای خارج از شی می‌توانند آنها را فراخوانی کنند.

معنای این متدها یک سری از خدماتی که شیء پیشنهاد می‌کند را مشخص می‌نماید. پارامترها و نتایج متدها رابط شیء را تشکیل می‌دهند که داخل شیء قرارداد آن است که در خارج شیء قابل مشاهده نیست.

مدل **TCP/IP** در ابتدا تفاوت آشکاری بین خدمات، رابطها و قراردادهای قائل نبود، اگر چه بعداً سعی شد جهت شباهت بیشتر با **OSI** این کار انجام شود. بعنوان مثال تنها خدمت واقعی ارائه شده بوسیله لایه اینترنت، گرفتن و فرستادن بسته‌های **IP** می‌باشد. در نتیجه قراردادهای در مدل **OSI** بهتر از مدل **TCP/IP** مخفی شده‌اند و با تغییر تکنولوژی به راحتی می‌توانند جایگزین شوند.

در ابتدا یکی از اهداف داشتن قراردادهای لایه توانایی اعمال این تغییرات است. مدل مرجع **OSI** قبل از کشف قراردادهای پیشنهاد شده بود. این ترتیب به این معناست که این مدل ابتدا جهت عمومیت بخشیدن به مجموعه‌ای از قراردادهای ویژه نبوده است.

جنبه دیگر از این ترتیب این است که طراحان تجربه زیادی در رابطه با این موضوع نداشتند و نمی‌دانستند که چه عملکردی را در چه لایه‌ای انجام دهند. بعنوان مثال لایه پیوند داده‌ها در ابتدا فقط در شبکه‌های نقطه به نقطه وجود داشت.

وقتی شبکه‌های پخشی توسعه پیدا کردند باید یک زیر لایه جدید اضافه می‌شد. وقتی مردم با استفاده از مدل **OSI** و قراردادهای موجود شروع به ساختن شبکه‌ها کردند، متوجه شدند که این شبکه‌ها با مشخصه خدمات مورد نیاز مطابقت ندارد، بنابراین زیرلایه‌های با یک مقصد مشترک (همگرا) باید برای شرح دادن همه اختلافات در جایی با هم جمع شوند. در نهایت کمیته انتظار داشت که هر کشوری که شبکه می‌خواهد، باید با استفاده از قراردادهای **OSI** و توسط دولت اجرا شود. بنابراین تصویری در مورد شبکه وجود نداشت. در مدل **TCP/IP** عکس مطلب صادق بود؛ در ابتدا قراردادهای بوجود آمدند و مدلهای در واقع فقط یک توصیف از قراردادهای موجود بودند. در قراردادهای متناسب با مدل مشکلی وجود نداشت، آنها کاملاً متناسب بودند. تنها مشکل در وجود عدم تناسب مدل با پشته‌ای از قراردادهای دیگر بود. در نتیجه برای توصیف شبکه‌های غیر **TCP/IP** مفید نبود.

اصول و مبانی شبکه‌ها ۹۱

یک اختلاف واضح و روشن در دو مدل، تفاوت در تعداد لایه‌های آنها است. OSI دارای هفت لایه اما TCP/IP دارای چهار لایه می‌باشد. هر دو دارای لایه‌های شبکه (اینترنت)، انتقال و کاربرد هستند، اما در سایر لایه‌ها متفاوت می‌باشند.

تفاوت دیگر در مورد ارتباط بی‌اتصال در مقابل اتصال‌گرا است. مدل OSI هر دو ارتباط اتصال‌گرا و بی‌اتصال را در لایه شبکه و فقط اتصال‌گرا را در لایه انتقال پشتیبانی می‌کند.

مدل TCP/IP در لایه شبکه فقط از ارتباط بی‌اتصال و از هر دو ارتباط در لایه انتقال پشتیبانی می‌کند. این انتخاب بویژه برای قراردادهای درخواست و پاسخ ساده مهم است.

## ۲-۵-۴ معایب مدل‌های مرجع OSI و TCP/IP

نقدی بر مدل OSI و قراردادها:

نه مدل OSI و قراردادهایش و نه مدل TCP/IP و قراردادهایش هیچ کدام کامل نیستند.

نگاهی به بعضی از موضوعات که در زیر خلاصه شده است می‌تواند مفید باشد.

۱- زمان‌بندی نادرست

۲- تکنولوژی نادرست

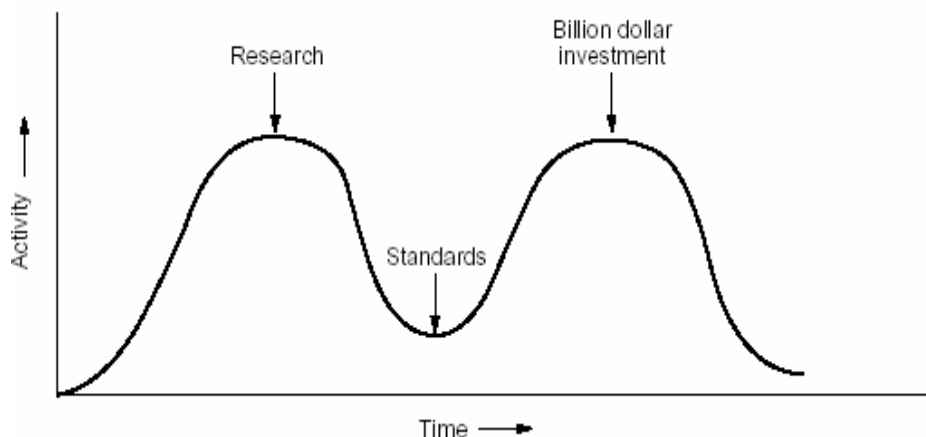
۳- پیاده‌سازی نادرست

۴- سیاست‌های نادرست

نخست نگاهی به نتیجه اول بیاندازیم:

زمان‌بندی نادرست:

زمانی که در آن استاندارد بوجود می‌آید در موفقیت آن نقش مهمی بازی می‌کند. دیوید کلارک از MIT در مورد استانداردها نظریه‌ای دارد که مکاشفه دو فیل نام دارد. این شکل میزان فعالیت در مورد یک موضوع جدید را نشان می‌دهد. وقتی موضوع برای اولین بار کشف شد فعالیت‌های تحقیقاتی زیاد به شکل بحث‌ها، مقاله‌ها، کنفرانس‌ها وجود دارد. بعد از مدتی این فعالیت‌ها فروکش کرده و شرکتها موضوع را کشف کرده و سرمایه‌گذاری کلانی می‌کنند.



شکل ۹-۲ مکاشفه دو فیل

لازم است استانداردها در زمان بین "دوفیل" نوشته شوند. اگر خیلی زود نوشته شوند (قبل از اتمام تحقیقات) ممکن است موضوع درک نشود و استاندارد بدی بوجود آید. اگر خیلی زود نوشته شود ممکن است مؤسسات زیادی به شکلهای مختلفی سرمایه‌گذاری کنند و استانداردها نادیده گرفته شوند. اگر فاصله زمانی بین دو فیل خیلی کم باشد (چون هر کسی می‌خواهد زودتر شروع کند) ممکن است تهیه‌کنندگان استاندارد تحت فشار قرار گیرند.

اکنون مشخص است که قراردادهای OSI به همین وضعیت دچار شده‌اند. قراردادهای TCP/IP در زمان ظهور قراردادهای OSI بطور گسترده توسط دانشگاه‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گرفتند. با اینکه سودهای کلانی حاصل نشده بود وسعت تقاضای علمی به حدی زیاد بود که فروشندگان بسیاری شروع به ارائه محصولات TCP/IP

اصول و مبانی شبکه‌ها ۹۳

نمودند. با ظهور OSI آنها علاقه نداشتند که از پشته قراردادهای جدید پشتیبانی کنند، مگر اینکه تحت فشار باشند.

لذا پیشنهاد اولیه‌ای وجود نداشت، هر شرکتی صبر می‌کرد تا شرکت دیگر زودتر اقدام کند، هیچ شرکتی پیش‌قدم نشد و OSI هرگز بوقوع نپیوست.

### تکنولوژی نادرست:

دومین دلیل عدم رشد OSI این است که هم مدل و هم قرارداد ناقص است. نتیجه حاصل از بخشهای مربوط به مدل هفت لایه‌ای OSI این بود که تعداد محتویات لایه‌های انتخاب شده بیشتر آراسته است تا تکنیکی، و دو لایه جلسه و نمایش تقریباً خالی می‌باشند و دو لایه پیوند داده‌ها و شبکه کاربرد زیادی دارند.

مدل OSI به همراه تعاریف خدمات مربوطه و قراردادها بسیار پیچیده است. اگر نسخه چاپ شده آنها را روی هم قرار دهید، ارتفاع آن نزدیک یک متر خواهد شد. پیاده سازی آنها نیز مشکل بوده و عملکرد آنها کارآمد نیست. در این زمینه معمای عنوان شده توسط پال موکاپتریس که در سال ۱۹۹۳ عنوان شده است در ذهن تداعی می‌شود:

سوال: وقتی یک گانکستر با یک استاندارد بین‌المللی ترکیب می‌شود، چه چیزی حاصل می‌شود؟

پاسخ: کسی پیشنهادی را به شما ارائه می‌دهد که نمی‌توانید آنرا درک کنید.

علاوه بر مبهم بودن مدل OSI مشکل دیگر آن است که بعضی اعمال مثل آدرس دهی، کنترل جریان و کنترل خطا در هر دو لایه صورت می‌گیرد. سالتز و همکاران (۱۹۸۴) یادآور شده‌اند که برای بهبود کارایی، کنترل خطا در بالاترین لایه بایستی انجام شود زیرا تکرار آن در لایه‌های پایین‌تر ضرورتی ندارد و کارایی نخواهد داشت.

### پیاده‌سازی نادرست:

با توجه به پیچیدگی مدل و قراردادها نباید تعجب کرد که پیاده‌سازیهای اولیه، بسیار عظیم، فاقد کارایی و کند بوده‌اند.

ذهنیت مردم راجع به مدل OSI "کیفیت پایین" بود. اما با بالا رفتن کیفیت تولیدات با گذشت زمان، این تصویر به تدریج رنگ می‌بازد. بالعکس یکی از اولین پیاده‌سازیهای TCP/IP بخشی از یونیکس برکلی بود. مردم کار کردن با آن را سریعاً شروع کردند و کاربران زیادی به خود اختصاص داد. این کار منجر به اصلاحاتی گردید که افزایش تعداد کاربران را دربرداشت.

### سیاست‌های نادرست:

با توجه به پیاده‌سازی اولیه، بسیاری از مردم بخصوص در مجامع علمی، TCP/IP را بخشی از یونیکس می‌دانستند. از طرف دیگر، OSI توسط وزارتخانه‌های مخابرات اروپا، مجمع اروپایی و سپس دولت آمریکا ایجاد شد. این مطلب تا حدی درست بود. بعضی از مردم این توسعه را شبیه به اعلان IBM در دهه ۱۹۶۰ می‌دانند که زبان PL1 را بعنوان زبان آینده معرفی کرد یا شبیه به کار سازمان دفاع آمریکا می‌دانند که اعلام کرد زبان آینده زبان ADA خواهد بود.

### ۲-۵-۵ نقدی بر مدل مرجع TCP/IP

مدل TCP/IP و قراردادهایش نیز مشکلات زیادی دارد.

اول: در این مدل مفاهیم خدمات، رابطه و قرارداد بطور واضح قابل تفکیک نیست. عمل مهندسی نرم‌افزار خوب مستلزم تمایز قائل شدن بین مشخصه و پیاده‌سازی است، چیزیکه OSI خیلی خوب انجام داده ولی TCP/IP خیر. به همین دلیل مدل TCP/IP راهنمای خوبی برای طراحی شبکه‌های جدید به کمک تکنولوژی جدید نیست.

دوم: مدل TCP/IP یک مدل عمومی نیست و برای تشریح هر پشته‌ای از قراردادها به جز TCP/IP مفید نیست. بعنوان مثال توصیف بلوتوث به کمک TCP/IP غیر ممکن است.

سوم: لایه میزبان شبکه که در مورد قراردادهای لایه‌ای وجود داشت، بعنوان یک لایه محسوب نمی‌شود. این لایه بعنوان یک رابط (بین لایه شبکه و پیوند داده) است. تفاوت بین رابط و لایه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و نباید به سادگی گذشت.



چهارم: در مدل **TCP/IP** تمایزی بین لایه‌های فیزیکی و پیوند داده‌ها نیست. این دو لایه کاملاً متفاوت هستند. لایه فیزیکی با انتقال مخصوص سر و کار دارد که توسط فیبر نوری، سیم مسی و بی‌سیم ارتباط برقرار می‌کند. وظیفه لایه پیوند داده‌ها جدا کردن ابتدا و انتهای قابها و فرستادن آنها از یک طرف به طرف دیگر با درجه قابلیت بالاست. مدل خوب باید دارای متمایز کننده لایه‌ها باشد اما **TCP/IP** نمی‌تواند این کار را انجام دهد.

سرانجام اگر چه قراردادهای **IP** و **TCP** بدقت بررسی و به خوبی پیاده‌سازی شدند، بسیاری از قراردادهای دیگر حالت خاصی داشته‌اند که بوسیله گروهی از دانشجویان فارغ‌التحصیل بوجود آمده‌اند.

در نتیجه پیاده‌سازی قرارداد بطور رایگان توزیع شد و بطور گسترده مورد استفاده قرار گرفت. لذا پیدا کردن جایگزینی برای آن مشکل بود و هنوز موجب دردسر و گرفتاری است. بعنوان مثال قرارداد پایانه مجازی **Telnet** برای پایانه مکانیکی **Teletype** که ده کاراکتر در ثانیه را چاپ می‌کند طراحی شد. ابزاری که هیچ چیز از گرافیک نمی‌داند و با موس و رابطها کار نمی‌کند، با این حال هنوز بعد از ۲۵ سال بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

خلاصه اینکه علیرغم همه مشکلاتش مدل **OSI** (منهای لایه جلسه و نمایش) ثابت کرد که برای بحث در شبکه‌های کامپیوتری به شکل ویژه‌ای مفید باشد. در مقابل قراردادهای **OSI** عمومیت پیدا نکرده‌اند. عکس این در مورد **TCP/IP** صادق است. مدل عملاً وجود ندارد ولی قراردادها بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند.

## سؤالات تشریحی فصل دوم:

۱- اهداف سیستم‌های باز را که منجر به شکل‌گیری استانداردهای شبکه‌ها شد نام ببرید.

۲- سه سازمان بزرگ استاندارد در زمینه شبکه‌ها را نام برده و ذکر کنید بیشتر در چه زمینه‌هایی فعالیت می‌کنند.

۳- شبکه‌ها از نقطه نظر تکنولوژی انتقال به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ مختصراً توضیح دهید.

۴- انواع هم‌بندیهای شبکه‌های LAN را نام برده و خصوصیات هر کدام را ذکر کنید.

۵- شبکه‌ها براساس اندازه به چه رده‌هایی تقسیم می‌شوند؟ توضیح دهید.

۶- تقسیم‌بندی شبکه‌های بی‌سیم را نام برده و برای هر یک مثال بزنید.

۷- مفاهیم همتا (PEER)، واسط (INTERFACE) و معماری شبکه (NETWORK ARCHITECTURE) را در مبحث طراحی لایه‌ای شبکه توضیح دهید.

۸- خدمات اتصال‌گرا و بی‌اتصال را تشریح کرده و برای هر یک مثال بیاورید.

۹- اصولی را که منجر به طراحی ۷ لایه برای مدل مرجع OSI شد را نام ببرید.

۱۰- لایه‌های مدل مرجع OSI را نام برده و عملکرد هر یک را مختصراً تشریح کنید.

۱۱- مدل مرجع TCP/IP و لایه‌های آن را تشریح کرده و آن را با مدل مرجع OSI قیاس کنید.

۱۲- پروتکل‌هایی را که در لایه‌های مختلف مدل مرجع TCP/IP استفاده می‌شود را نام ببرید.

۱۳- ۴ ایرادی را که به مدل مرجع OSI وارد می‌شود را ذکر کرده و دلایل ناکامی این مدل را با استناد به این ایرادات تشریح کنید.

۱۴- فرضیه مکاشفه دو فیل چه ایرادی در مورد مدل مرجع OSI را تشریح می‌کند؟

## سؤالات تستی فصل دوم:

۱- نسخه‌ی شبکه‌های اولیه محلی که توسط زیراکس، اینتل و دیجیتال توسعه داده شد چه نام دارد؟

- |                 |                |
|-----------------|----------------|
| ۱- DIX ETHERNET | ۲- اترنت II    |
| ۳- PARC         | ۴- گزینه ۱ و ۲ |

۲- بخش عمده شبکه جهانی از کدام خانواده پروتکل‌ها استفاده می‌کنند؟

- |           |            |
|-----------|------------|
| ۱- OSI    | ۲- ARPANET |
| ۳- TCP/IP | ۴- هیچکدام |

۳- کدام گزینه از اهداف سیستمهای باز است؟

- |  |                  |
|--|------------------|
| ۱- هزینه کمتر  | ۲- توانایی بیشتر |
| ۳- قابلیت میان‌عملیاتی بین سازندگان وسایل مختلف ۴- همه موارد |                  |

۴- کدامیک از سازمان‌های استاندارد زیرسازمانی ملی است؟

- |         |        |
|---------|--------|
| ۱- IEEE | ۲- ISO |
| ۳- ANSI | ۴- IEC |

۵- کدام سازمان توسعه استاندارد موارد الکتریکی و الکترونیکی را در برنمی‌گیرد؟

- |        |         |
|--------|---------|
| ۱- ISO | ۲- IEEE |
| ۳- IEC | ۴- ANSI |

## ۶- گزاره زیر تعریف چه نوع شبکه‌ایست؟

« این شبکه دارای یک کانال است که بین همه کامپیوترها مشترک بوده و هر یک از کامپیوترها پیام‌های خود را در بسته‌هایی روی کانال فرستاده و همه کامپیوترها آن را دریافت می‌کنند.»

- |                      |                |
|----------------------|----------------|
| ۱- شبکه نظیر به نظیر | ۲- شبکه گسترده |
| ۳- شبکه شهری         | ۴- شبکه پخشی   |

۷- کدامیک از شبکه‌های زیر محدوده یک ساختمان یا یک مجتمع را پوشش می‌دهد؟

- |              |                |
|--------------|----------------|
| ۱- شبکه شهری | ۲- شبکه شخصی   |
| ۳- شبکه محلی | ۴- شبکه گسترده |

۸- کدام گزینه از هم‌بندیها یا همبندیهای شبکه‌های محلی است؟

- |         |              |
|---------|--------------|
| ۱- BUS  | ۲- STAR      |
| ۳- RING | ۴- همه موارد |

۹- دستگاه‌هایی که هدایت بسته‌ها در شبکه‌های گسترده را بر عهده دارند و مسیر خروجی یک بسته را در جهت رسیدن به مقصد تشخیص می‌دهند چه نام دارند؟

- |             |            |
|-------------|------------|
| ۱- هاب      | ۲- سوئیچ   |
| ۳- مسیر یاب | ۴- هیچکدام |

۱۰- استاندارد شبکه‌های محلی بی‌سیم کدام است؟

۲- IEEE 802.3a

۱- IEEE 802.16

۴- IEEE 802.15

۳- IEEE 802.11

۱۱- کدام گزاره غلط است؟

۱- زیر شبکه مجموعه خطوط ارتباطی و مسیریاب‌ها را تشکیل می‌دهد.

۲- مجموعه میزبان‌ها (hosts) به تنهایی شبکه را تشکیل می‌دهند.

۳- از مجموعه چند شبکه، شبکه‌ای از شبکه‌ها تشکیل می‌شود.

۴- هیچکدام

۱۲- کدام گزاره غلط است؟

۱- برای کاهش پیچیدگیهای طراحی شبکه‌ها، اغلب آنها را بصورت مجموعه‌ای از چند لایه که هر کدام روی دیگری قرار دارند در نظر می‌گیرند.

۲- وظیفه هر لایه ارائه سرویس‌هایی به لایه‌های پایین‌تر است.

۳- قواعد برقراری ارتباط لایه‌ها با هم پروتکل نام دارد.

۴- بین هر زوج از لایه‌های مجاور واسطه (Interface) قرار دارد.

۱۳- کدامیک از گزینه‌های زیر یک خدمت بی‌اتصال است؟

۲- صدای دیجیتالی

۱- اتصال از راه دور

۴- هیچکدام

۳- پست الکترونیک

۱۴- کدام لایه از مدل مرجع OSI با این مفاهیم سر و کار دارد: « برای نمایش بیت‌های ۱ و ۰ چند ولت بایست استفاده شود. چند نانو ثانیه برای فرستادن یک بیت طول می‌کشد، آیا انتقال ممکن است دوطرفه و همزمان باشد.»

- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| ۱- لایه پیوند داده‌ها | ۲- لایه شبکه   |
| ۳- لایه کاربرد        | ۴- لایه فیزیکی |

۱۵- زیرلایه دسترسی رسانه MAC مربوط به کدام لایه از مدل مرجع OSI است؟

- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| ۱- لایه فیزیکی     | ۲- لایه شبکه   |
| ۳- لایه پیوند داده | ۴- لایه انتقال |

۱۶- کدام لایه از مدل مرجع OSI عملکرد زیرشبکه را کنترل می‌کند؟

- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| ۱- لایه فیزیکی     | ۲- لایه شبکه   |
| ۳- لایه پیوند داده | ۴- لایه انتقال |

۱۷- کنترل گفتگو، مدیریت نشانه، و همگام‌سازی از وظایف مهم کدام لایه است؟

- |                |               |
|----------------|---------------|
| ۱- لایه فیزیکی | ۲- لایه شبکه  |
| ۳- لایه جلسه   | ۴- لایه نمایش |

## ۱۸- کدام گزاره درست نیست؟

- ۱- لایه جلسه به کاربران در ماشینهای مختلف اجازه می‌دهد که جلساتی را بین خودشان برقرار کنند.
- ۲- مدیریت نشانه به این معناست که دو طرف یک عمل بحرانی را در آن واحد انجام دهند.
- ۳- همگام‌سازی کمک می‌کند که پس از از کار افتادن عمل جابجایی، انتقال دوباره از آخرین نقطه کنترلی تکرار گردد.
- ۴- همه موارد

## ۱۹- کدام لایه به قواعد و معنای اطلاعات فرستاده شده مربوط می‌شود؟

- |                |                |
|----------------|----------------|
| ۱- لایه جلسه   | ۲- لایه نمایش  |
| ۳- لایه کاربرد | ۴- لایه فیزیکی |
- ۲۰- کدامیک از پروتکل‌های زیر در لایه انتقال از مدل مرجع TCP/IP مورد استفاده است؟

- |        |         |
|--------|---------|
| ۱- UDP | ۲- SMTP |
| ۳- IP  | ۴- FTP  |

## ۲۱- کدام گزینه پروتکل انتقال ابرمتن است؟

- |           |         |
|-----------|---------|
| ۱- FTP    | ۲- SMTP |
| ۳- Telnet | ۴- HTTP |

۲۲- پروتکل سیستم نامگذاری دامنه کدام است و در چه لایه‌ای از مدل مرجع TCP/IP مورد استفاده است؟

۲- HTTP و نمایش

۱- DNS و نمایش

۴- HTTP و کاربرد

۳- DNS و کاربرد

۲۳- کدامیک از گزینه‌های زیر از دلایل ناکامی مدل مرجع OSI نیست؟

۲- تکنولوژی نادرست

۱- زمان‌بندی نادرست

۴- ناسازگاری با مدل‌های مرجع دیگر

۳- پیاده‌سازی نادرست



## فصل ۳

### لایه فیزیکی

#### هدف کلی

آشنایی با لایه فیزیکی و قواعد و ساختار آن

#### هدف رفتاری

دانشجو پس از مطالعه این فصل باید بتواند:

مفاهیم روابط شانون و نایکوئیست را در مورد نرخ داده در کانال درک کند.

رسانه‌های انتقال، تقسیم‌بندی و خواص آنها را بداند و با هم مقایسه کند.

با آداپتورهای رابط شبکه و هاب آشنا شود.

ساختار سیستم تلفن را بشناسد.

مشکلات خطوط انتقال را بشناسد.

انواع مدولاسیون را شرح دهد.

انواع تسهیم‌سازی پهنای باند را شرح دهید.

انواع راه‌گزینی‌ها را بشناسد و شرح دهید.

آشنایی مختصری با سیستم تلفن همراه پیدا کند.

در این فصل با لایه فیزیکی از مدل OSI آشنا می‌شویم. این لایه با مسائل مکانیکی، الکتریکی و همزمانی در شبکه سر و کار دارد و آنچه که به انتقال صفر و یک‌ها در رسانه‌های انتقال بین شبکه‌ها و مسائل مبتلا به آنها مربوط است در این لایه حل و فصل می‌گردد. در این فصل ابتدا با مفهوم پهنای باند و محدودیتهای آن و سپس با رسانه‌های مختلف انتقال آشنا می‌شویم. همچنین در این فصل در خصوص شبکه تلفن عمومی و بعضی از مفاهیم مربوط به آن جهت آشنایی با ساختار فیزیکی شبکه‌های مهم و پرکاربرد مطالبی را خواهیم داشت.

### ۳-۱ محدودیت پهنای باند

برای اینکه با مفهوم پهنای باند آشنا شویم مثال زیر را در نظر بگیرید:

کاراکتر اسکی "b" در یک بایت ۸ بیتی کد شده است، بیتی که باید منتقل شود به شکل ۰۱۱۰۰۰۱۰ می‌باشد و در سمت چپ شکل ۳-۱ (a) نیز ولتاژ خروجی حاصل از کامپیوتر فرستنده نمایش داده شده است.

تحلیل فوریه این سیگنال منجر به ضرایب زیر می‌شود:

$$a_n = \frac{1}{\pi n} [\cos(\pi n / 4) - \cos(3\pi n / 4) + \cos(6\pi n / 4) - \cos(7\pi n / 4)]$$

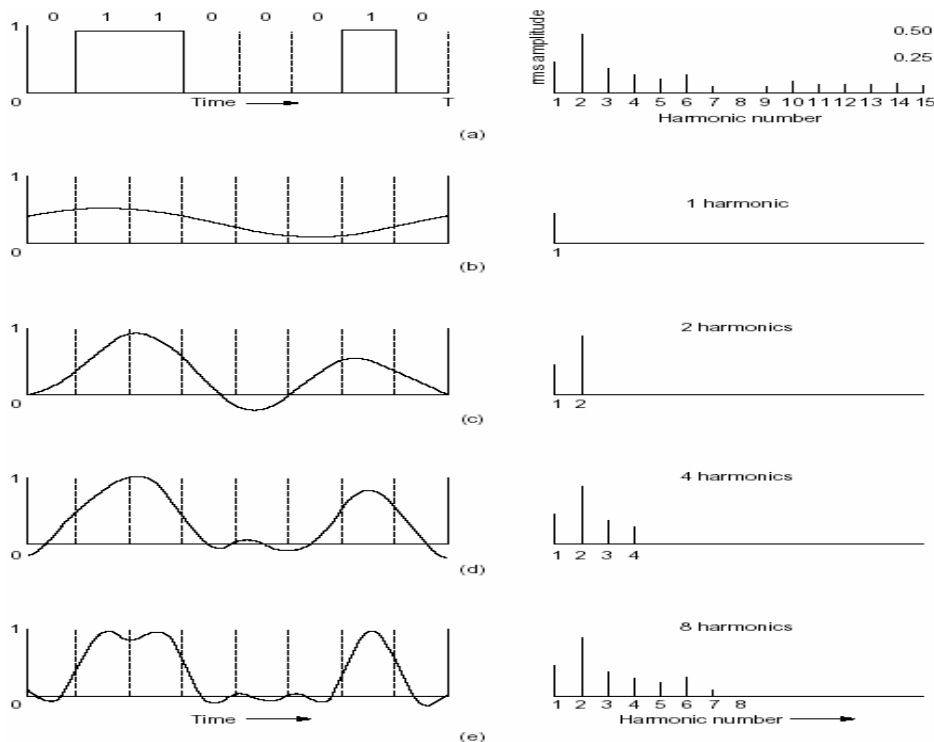
$$b_n = \frac{1}{\pi n} [\sin(3\pi n / 4) - \sin(n\pi / 4) + \sin(7\pi n / 4) - \sin(6\pi n / 4)]$$

$$c = 3/4$$

جزر متوسط دامنه‌ها  $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$  برای چند جمله نخست در سمت راست شکل ۳-۱ (b) آمده است. مقادیر بدست آمده از آن جهت جالب است که مربعات آنها با انرژی انتقال یافته در فرکانس مربوطه متناسب است. انتقال سیگنال‌ها به راحتی انجام

لایه فیزیکی ۱۰۵

نمی‌شود، چون همواره بخشی از توان آن در طول فرآیند از بین می‌رود. اگر تمام اجزا یا مولفه‌های سری فوریه بطور مساوی کاهش یابند دامنه سیگنال‌ها نیز کاهش می‌یابند، حتی بدون آنکه دچار انحراف شوند. متأسفانه در تمام انتقال‌ها اجزاء فوریه با مقدارهای متفاوت به شکل متفاوتی کاهش می‌یابند و باعث پیچیدگی می‌شود.



شکل ۳-۱ (a) یک سیگنال دودویی و ضرایب فوریه آن. (b) تقریبهای متوالی که به سیگنال اولیه وارد شده است.

بطور معمول دامنه فرکانسها از ۰ تا فرکانس معین  $f_c$  بدون کاهش، انتقال می‌یابند، ولی فرکانسهای بالای این مقدار به شدت کاهش می‌یابند. محدوده‌ای از فرکانسها که داده بدون کاهش زیاد، منتقل شود پهنای باند گویند. پهنای باند یک خاصیت فیزیکی رسانه انتقال می‌باشد که به شکل، پهنای و طول این رسانه بستگی دارد. در مواردی جهت محدود کردن پهنای باندی که در اختیار مشتریان است فیلتری در مدار قرار می‌دهند. برای مثال ممکن است در یک خط تلفن برای مسیر کوتاهی که در حدود 1MHZ

پهنای باند دارد شرکتهای تلفن جهت محدود کردن پهنای باند و رساندن آن به 3100HZ فیلتری در مدار اتصال مشتریان قرار می‌دهند. لازم به ذکر است که این پهنای باند برای آنکه صداها و مکالمات قابل فهم باشد مناسب است.

حال ببینیم اگر پهنای باند به قدری کم بود که فقط کوتاهترین فرکانسها منتقل می‌شدند در آنصورت سیگنال شکل ۱-۳(a) به چه صورتی در می‌آمد. شکل ۱-۳(b) سیگنالی را نشان می‌دهد که مربوط به کانالی است که فقط اجازه می‌دهد اولین هارمونیک از آن عبور کند. بدین ترتیب اشکال ۱-۳(c) و (e) طیفها و توابع بازسازی شده‌ای برای کانالهایی با پهنای باند بیشتر را نشان می‌دهد. در انتقال دادن یک بیت با سرعت b بیت بر ثانیه، زمان لازم برای فرستادن ۸ بیت اگر سرعت ۸ بیت بر ثانیه باشد، فرکانس لازم برای اولین هارمونیک  $b/8$  هرتز می‌باشد.

برای مثال اگر یک خط تلفن معمولی که خط پایه صدا نامیده می‌شود دارای فرکانس قطعی در حدود 3000HZ باشد که بطور مصنوعی انتخاب شده است، این محدودیت به این معنی است که مقدار بالاترین هارمونیک عبور داده شده چیزی در حدود  $3000/(b/8)$  یا  $2400/b$  می‌باشد. رابطه بین سرعت داده‌ها و هارمونیکها در شکل ۲-۳ نشان داده شده است.

آنچه بطور وضوح از این اعداد مشخص است این است که تلاش در ارسال ۹۶۰۰ بیت در ثانیه به بالا شکل ۱-۳(a) را به چیزی شبیه شکل ۱-۳(c) تبدیل می‌کند و پذیرفتن رشته بیتی دودویی اولیه را نامحتمل می‌سازد. بدیهی است که در سرعتهای بیش از 38.4kbp حتی اگر انتقال به راحتی و بدون هیچگونه اختلالی انجام شود امیدی به ارسال سیگنالهای دودویی نیست. بعبارت دیگر محدود کردن پهنای باند، سرعت داده‌ها را حتی برای کانالهای سالم نیز محدود می‌کند. به هر حال الگوهای رمزگذاری پیچیده‌ای وجود دارند که در آنها از چند سطح ولتاژ استفاده می‌شود و در نتیجه سرعت داده‌ها بیشتر است.

تعداد هارمونیک ارسال شده	هارمونیک اول (Hz)	زمان به میلی ثانیه	Bps
80	37.5	26.67	300
40	75	13.33	600
20	150	6.67	1200
10	300	3.33	2400

4800	1.067	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

شکل ۳-۲ رابطه بین انتقال داده و هارمونیک‌ها

### ۳-۲ حداکثر نرخ داده در یک کانال:

در اوایل سال ۱۹۴۲ مهندس هنری نایکوئیست دریافت که حتی کانال‌های سالم فیزیکی نیز در انتقال داده محدودیت دارند و به همین منظور معادله‌ای برای نشان دادن حداکثر سرعت داده‌ها برای یک کانال بدون اختلال با پهنای باند محدود بدست آورد.

در سال ۱۹۴۸ کلود شانون با دنبال کردن و کارکردن بیشتر بروی نظریه نایکوئیست متوجه شد که کانال در معرض اختلال تصادفی قرار دارد. نایکوئیست ثابت کرده بود که اگر یک سیگنال بطور دلخواه از میان فیلتری پایین‌گذر با پهنای باند  $H$  عبور کند، سیگنال فیلتر شده را می‌توان با ساختن  $2H$  نمونه بازسازی کرد و نمونه‌برداری از خط با نرخ سریعتر از  $2H$  مرتبه بر ثانیه بی‌مورد می‌باشد. زیرا فرکانس‌های بالاتری که توسط این نمونه‌برداری بازپایی می‌شوند قبلاً فیلتر شده‌اند.

اگر سیگنال شامل  $V$  سطح مجزا باشد قضیه نایکوئیست می‌گوید:

$$\text{حداکثر سرعت داده} = 2H \log_2 V \text{ bits/sec}$$

برای مثال یک کانال بی‌اختلال با فرکانس  $3\text{kHz}$  نمی‌تواند سیگنال‌هایی دودویی را با سرعتی بیش از ۶۰۰۰ بیت در ثانیه ارسال کند.

تاکنون فقط به کانال‌های بدون اختلال می‌پرداختیم. حال اگر بطور تصادفی اختلالی در کانال بوجود آید وضع به شدت خراب می‌شود؛ زیرا همیشه بطور تصادفی اختلال در اثر حرکت مولکولی در سیستم وجود دارد. به همین منظور مقدار اختلال گرمایی بوسیله نسبت توان سیگنال ( $s$ ) به توان انتقال ( $N$ ) اندازه‌گیری شده که نسبت سیگنال به اختلال نامیده و اینگونه نشان داده می‌شود:  $S/N$ . معمولاً خود نسبت ارائه نمی‌شود

ولی در عوض کمیت  $10\log_{10}S/N$  که واحد آن دسیبل است داده می‌شود. در این نسبت ۱۰ برابر را با 10db و ۱۰۰ برابر را 20db و ۱۰۰۰ برابر را با 30db و الی آخر نشان می‌دهند. سازندگان آمپلی‌فایرهای استریو که محصولاتشان خطی می‌باشد، اغلب پهنای باند فرکانس نهایی را با 3db مشخص می‌کنند. اینها نقاطی هستند که در آنها ضریب تقویت تقریباً نصف می‌شود.

نتیجه اصلی که شانون از تحقیقاتش بدست آورد این است که حداکثر سرعت داده‌ها در یک کانال اختلال‌دار با پهنای باند H هرتز و نسبت سیگنال به اختلال S/N بصورت زیر می‌باشد:

$$\text{حداکثر سرعت داده‌ها} = H \log_2(1 + s/n)$$

برای مثال یک کانال با پهنای باند 3000HZ و نسبت سیگنال به اختلال گرمائی آن برابر 30db هرگز نمی‌تواند بیشتر از ۳۰۰۰۰ بیت در ثانیه را ارسال کند. لازم به ذکر است که تعداد و یا مقدار سطوح سیگنالی که مورد استفاده می‌باشد و همچنین چگونگی نمونه‌برداری اهمیت ندارد و نیز این نتیجه شانون با استفاده از مبحث نظریه اطلاعات نیازهای هر کانالی که دارای اختلال گرمایی می‌باشد بدست آمده است. قابل توجه است که مثالهای نقض‌کننده این قانون در زمره ماشینهای دائماً در حال حرکت قرار می‌گیرند که این فقط یک ایده‌آل است و سیستمهای واقعی کمتر به آن دست می‌یابند.

### ۳-۳ اجزاء فیزیکی انتقال:

هدف اصلی لایه فیزیکی انتقال یک سری بیت خام از یک ماشین به ماشین دیگر است.

لذا برای انتقال واقعی از رسانه‌های فیزیکی گوناگون استفاده می‌شود زیرا هر کدام از آنها در دوره‌هایی بر اساس پهنای باند، تأخیر، هزینه و سهولت در نصب و نگهداری از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده‌اند. بطور خلاصه رسانه‌ها به ۲ گروه تقسیم می‌شوند:

۱- رسانه‌های هدایت‌کننده مانند سیم مسی و فیبر نوری.

۲- رسانه‌های انتقال بی‌سیم از قبیل رادیو و لیزرها که در هوا وجود دارند.

### ۳-۳-۱ کابل جفت تابیده:

یکی از قدیمی‌ترین رسانه‌های انتقال در حال حاضر نیز استفاده می‌شود کابل جفت تابیده نام دارد، که شامل ۲ سیم مسی عایق‌دار که ضخامت هر کدام از آنها یک میلی‌متر می‌باشد و بصورت مارپیچ مانند ملکول DNA به هم تابیده شده‌اند. علت اصلی تابیدن سیمها به هم کاهش تداخل الکتریکی سیمهای نزدیک بهم است (چون ۲ سیم موازی تشکیل آنتن می‌دهد ولی در جفت تابیده این خاصیت خنثی می‌شود).

متداول‌ترین کاربرد جفت تابیده استفاده آنها در سیم تلفن است. تقریباً تمام تلفن‌ها با کابل‌های جفت تابیده به شرکت تلفن متصل‌اند. لازم به ذکر است که کابل‌های جفت تابیده تا چندین کیلومتر نیاز به تقویت ندارند اما برای مسافت‌های طولانی‌تر نیاز به تقویت و تکرار پیدا می‌کنند.

وقتی جفت تابیده‌های زیادی برای فاصله‌های طولانی مانند سیم‌هایی که از مجتمع آپارتمانی به دفتر تقویت تلفن وصل می‌شود بطور موازی مورد استفاده قرار گرفته و در پوششی محافظه‌دار به هم بسته می‌شوند.

برای شبکه‌های کامپیوتری از کابل‌های جفت تابیده نوع ۳ که شامل ۲ سیم عایق‌دار بهم تابیده هستند استفاده می‌شود، ۴ تا از این کابل‌ها را بمنظور حفاظت و نگهداری با یکدیگر در یک پوشش پلاستیکی با هم بسته‌بندی می‌کنند.



شکل ۳-۳ (a) زوج تابیده Cat 3. (b) زوج تابیده Cat 5

در سال ۱۹۸۸ کابل جفت تابیده نوع ۵ معرفی شد. این نوع کابل مشابه کابل‌های نوع ۳ می‌باشد. اما برای تداخل کمتر، انتقال بهتر سیگنال‌ها در مسافت‌های طولانی‌تر و نیز

برای ارتباط مناسب‌تر کامپیوترها با سرعت بالا و در هر سانتی‌متر تعداد پیچ‌ها را بیشتر می‌کنند.

انواع بعدی کابل نوع ۶ و نوع ۷ می‌باشند که سیگنال‌هایی با پهنای باند 250HZ و 600HZ را منتقل می‌کنند. کلیه کابل‌های نام برده شده اغلب به نام UTP خوانده می‌شوند.

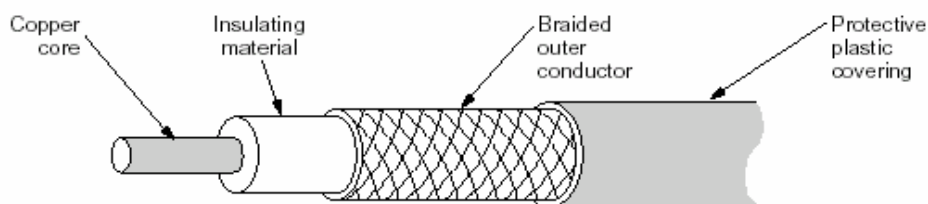
### ۳-۳-۲ کابل هم‌محور (کواکسیال)

رسانه انتقالی که بطور عمومی استفاده می‌شود کابل کواکسیال نام دارد. این نوع کابل‌ها به علت پوشش فلزی می‌تواند کارایی بیشتری را (از نظر سرعت و فاصله) نسبت به زوج تابیده فراهم کند. ۲ نوع از این کابل‌ها بطور گسترده‌ای مورد استفاده است.

کابل ۵۰ اهم که عموماً برای انتقال سیگنال‌های دیجیتال مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کابل ۷۵ اهم که عموماً برای انتقال سیگنال‌های آنالوگ و کابل تلویزیون استفاده می‌شود.

کابل‌های کواکسیال شامل یک سیم سخت مسی بعنوان هسته هستند که توسط ماده عایقی پوشانده شده است. لازم به ذکر است که این عایق توسط رسانای استوانه‌ای شکلی که اغلب بصورت شبکه‌ای توری بافته شده است پوشانده شده و رسانای خارجی نیز با یک لایه محافظ پلاستیکی پوشانده شده است. شکل ۳-۴ نمای بریده کابل کواکسیال را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴ ساختار کابل کواکسیال



ساختمان و حفاظت کابل هم محور باند پایه (کواکسیال) ترکیب بسیار خوبی را از نظر پهنای باند و ایمنی بسیار عالی در برابر اختلال تشکیل می‌دهد. پهنای باند ممکن است به کیفیت کابل، طول و نسبت سیگنال و اختلال سیگنال داده بستگی داشته باشد. با این وجود کابل‌های جدید پهنای باندی در حدود 1GHZ دارند.

کابل‌های کواکسیال در فواصل طولانی و در سیستم تلفن مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی در حال حاضر در جاده‌های طولانی فیبر نوری جایگزین آن شده است.

### ۳-۳-۳ فیبرهای نوری:

تکنولوژی فیبر نوری پهنای باندی در حدود 50000Gbps را فراهم می‌کند، ولی باز هم عده‌ای بطور جدی بدنبال بهتر کردن وضع از لحاظ تکنولوژی مواد می‌باشند.

علت محدودیت ایجاد شده برای سیگنال‌دهی فعلی در حدود 10Gbps، عدم توانایی در تبدیل سریع بین سیگنال‌های الکتریکی و نوری می‌باشد، با این وجود در آزمایشگاه ۱۰۰ گیگا بیت در ثانیه سیگنال‌های فیبر نوری امکان‌پذیر است.

سیستم انتقال نور دارای ۳ مؤلفه اصلی می‌باشد:

۱- منبع نور

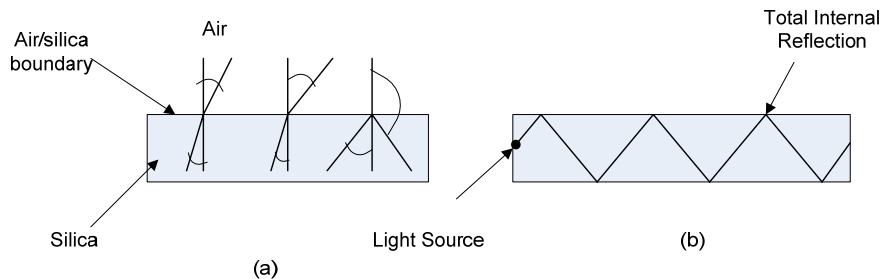
۲- رسانه انتقال

۳- آشکارساز

بطور معمول یک پالس نور نشان‌دهنده بیت ۱ و عدم وجود نور نشان‌دهنده بیت صفر می‌باشد، رسانه انتقال یک فیبر بسیار نازکتر از شیشه می‌باشد.

وقتی که نور به آشکارساز برخورد می‌کند بوسیله وصل کردن یک منبع نور به یک طرف فیبر نوری و یک آشکارساز به طرف دیگر آن، سیستم انتقال داده یک سوپره‌ای ایجاد می‌شود که پذیرنده یک سیگنال الکتریکی می‌باشد که توسط پالسهای نور آن را تبدیل کرده و منتقل می‌کند، سپس خروجی یک سیگنال الکتریکی تولید می‌شود.

این سیستم انتقال از خودش نور منتشر کرده و عملاً کاربردی ندارد ولی می‌توان آن را بعنوان یک اصل جالب فیزیک پذیرفت. وقتی یک اشعه نور از یک طرف به طرف دیگر رسانه عبور می‌کند مانند عبور نور از سیلیکای ذوب شده به هوا، پرتو در مرز بین هوا و سیلیکا همانطوری که در شکل ۳-۵ (a) نشان داده شده شکسته می‌شود.



شکل ۳-۵ (a) سه مثال از پرتوهای نوری و شکست آنها. (b) پرتو نور بدلیل شکست در داخل شیشه حرکت می‌کند.

در شکل پرتو نوری را می‌بینیم که با زاویه  $\alpha_1$  به مرز برخورد کرده و با زاویه  $\beta_1$  خارج می‌شود. مقدار شکست به خصوصیات ۲ رسانه بستگی دارد. برای زوایای برخورد بیش از یک مقدار بحرانی معین، نور به درون سیلیکا بازگشت می‌کند و هیچکدام وارد هوا نمی‌شوند. بنابراین هر پرتو نوری که با زاویه بحرانی و یا بالاتر از آن به یک طرف فیبر وارد شود همانجا بدون آنکه از بین رود مانده و خارج نمی‌شود و می‌تواند کیلومترها انتشار یابد.

شکل ۳-۵ (b) پرتو نوری را نشان می‌دهد که به محیط اول بازگشت می‌کند هر پرتو نوری که با زاویه‌ای بیش از مقدار بحرانی به مرز برخورد کند به محیط اول باز می‌گردد.

بسیاری از پرتوهای متفاوت با زاویه‌های متفاوت نوسان می‌کنند. یعنی می‌توان گفت که هر پرتو حالت متفاوتی دارد بنابراین فیبری که دارای این حالت است فیبر چند حالتی نام دارد. با این وجود اگر قطر فیبر به گونه‌ای باشد که چند موج نور را به یک موج نور کاهش دهد فیبر مانند راهنمای موج عمل می‌کند و بدون نوسان در یک خط مستقیم انتشار می‌یابد که به این فیبر، فیبر تک حالت می‌گویند.

لایه فیزیکی ۱۱۳

فیبرهای تک حالت گرانتز هستند ولی برای مسافت‌های طولانی بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. فیبرهای تک حالت موجود می‌توانند داده‌ها را با سرعت ۵۰ گیگا بیت در ثانیه برای ۱۰۰ کیلومتر انتقال دهند، حتی در آزمایشگاه برای فواصل کوتاه‌تر سرعت‌های بیشتری حاصل شده است.

### ۳-۳-۴ آداپتورهای رابط شبکه

آداپتورهای رابط شبکه (وقتی که روی شیارهای توسعه کامپیوتر نصب می‌شود به نام NIC شناخته می‌شود) ابزاری جهت ایجاد ارتباط بین یک کامپیوتر و شبکه‌ای که این کامپیوتر جزئی از آن است می‌باشد.

هر کامپیوتر بایستی دارای آداپتوری باشد که به گذرگاه توسعه سیستم متصل شده و رابطی را برای ابزار شبکه بوجود می‌آورد. برخی از کامپیوترها دارای آداپتور رابط شبکه بر روی برد اصلی (Mother board) بصورت مجتمع هستند (رابط شبکه بصورت On board روی برد اصلی وجود دارد) اما در اغلب موارد آداپتورها بصورت کارتهای مجزا بر روی شیارهای ISA (Industry Standard Architecture) یا PCI (Peripheral Component Interconnect) که بر روی برد اصلی وجود دارند نصب می‌شوند. رابط شبکه نیز در اغلب موارد پایه‌هایی مثل RJ45 برای کابل‌های UTP یا اتصال‌دهنده‌های BNC یا AUI برای ارتباط با کابل‌های کواکسیال Coaxial است. رابط شبکه می‌تواند یک انتقال‌دهنده بی‌سیم نیز باشد.

آداپتور رابط شبکه ابزاری جهت اجرای اغلب توابع قراردادهای لایه پیوند داده‌ها و لایه فیزیکی می‌باشد. هنگامیکه شما یک NIC را خریداری می‌کنید بایستی کارتی را برای قراردادهای لایه پیوند داده‌ها نظیر Ethernet یا Token Ring انتخاب کنید. هم چنین بایستی از پشتیبانی کارت شبکه‌تان از انواع مختلف قراردادهای ویژه لایه پیوند داده‌ها مطمئن شوید. بعنوان مثال در اترنت با استفاده از کابل‌های جفت به هم تابیده (twisted pair)، یک NIC می‌تواند از نوع رابط اترنت استاندارد، اترنت سریع (100 base-TX یا 100 base-T4)، اترنت سریع دو طرفه همزمان (Full Duplex) یا اترنت گیگا بیت (1000 base-T4) باشد. همچنین باید کارتی را انتخاب کنید که با انواع

شیارها و گذرگاههای برد اصلی همخوانی داشته باشد. توجه کنید که همه کارتهای شبکه جهت اتصال کامپیوترها به شبکه‌های محلی **Client / server** طراحی شده‌اند. هم چنین کارتهای شبکه موجود، کامپیوترها و وسایل دیگر را به شبکه‌های مخصوصی که شبکه ذخیره‌ساز (**Storage Area Network=SAN**) نامیده می‌شود وصل می‌کنند. یک **SAN** شبکه مجزایی است که اختصاص به ارتباط بین سرورها (خدمتگزاران) و وسایل ذخیره‌سازی بیرونی دارد.

اغلب کارتهای شبکه که به شیارهای **PCI** وصل می‌شوند نسبت به کارتهایی که در شیارهای **ISA** وصل می‌شوند دارای برتری هستند. زیرا شیارهای **PCI** پیکربندی ساده‌تری دارند و سرعت گذرگاههای آنها نیز بیشتر است. البته کارتهای شبکه‌ای نیز وجود دارند که به **USB** متصل شوند اما این کارتها حداکثر با سرعت **1.2 Mbps** اجرا می‌گردند.

کارتهای شبکه بسته به نوع کابلی که پشتیبانی می‌کنند می‌توانند دارای اتصال‌دهنده کابل متفاوتی باشند بعضی از کارتهای شبکه دارای بیش از یک اتصال‌دهنده هستند (**RJ45 , BNC, AUI**) البته شما در آن واحد فقط یکی از اینها را می‌توانید استفاده کنید هر چند که چنین کارتی می‌تواند بسیار گران باشد.

### ۳-۳-۵ هابهای شبکه

یک هاب یا متمرکزکننده (**Concentrator**) ابزاری جهت اتصال همه کامپیوترهای یک شبکه ستاره‌ای یا حلقه‌ای می‌باشد. از نگاه بیرونی، یک هاب چیزی جز یک جعبه که دارای یک سری از اتصال‌دهنده‌های کابل می‌باشد نیست. هاب‌ها دارای انواع مختلفی برحسب اندازه آنها از ۴ و ۵ پورت تا ۲۴ پورتی یا بیشتر می‌باشند. نصب یک هاب نیز بسیار ساده است و فقط کافیت آن را به برق وصل کرده و کابل‌های متصل به کارتهای شبکه کامپیوترها را به آن وصل نماییم.

### هاب‌های اترنت

یک هاب اترنت تکرارگر چند پورتی نیز نامیده می‌شود. یک تکرارگر ابزاری است که نخست، سیگنال‌هایی را که عبور می‌کنند تقویت می‌کند. اگر برای نمونه شما دارای یک شبکه اترنت ضعیف با بخشهای کابل بیش از حداکثر معین شده که ۱۸۵ متر می‌باشد هستید می‌توانید با نصب یک تکرارگر در بعضی از نقاط، سیگنال را تقویت کرده و حداکثر مقدار طول هر بخش را افزایش دهید. این نوع از تکرارگرها با دو اتصال دهنده BNC این روزها کمتر دیده می‌شود، اما هاب‌هایی که در شبکه‌های اترنت UTP مورد استفاده قرار می‌گیرند تکرارگرهای بهتری هستند. این هاب‌ها دارای پورت‌های RJ45 بسیاری بجز دو اتصال‌دهنده BNC هستند.

وقتی داده وارد یکی از پورتهای هاب می‌شود، هاب سیگنال مورد نظر را نخست تقویت کرده و سپس آن را به همه پورتهای انتقال می‌دهد. این مساله، شبکه ستاره‌ای را قادر به اشتراک‌گذاری یک ابزار واحد می‌کند. حداکثر مقدار هر بخش برای کابل UTP در شبکه اترنت ۱۰۰ متر می‌باشد. یک بخش، بصورت فاصله بین دو کامپیوتر که اطلاعات بین آنها منتقل می‌شود تعریف می‌گردد. به هر حال بدلیل اینکه هاب بعنوان یک تکرارگر نیز تعریف می‌شود، هر کابلی که بین کامپیوتر و یکی از پورتهای هاب وصل شود حداکثر می‌تواند ۱۰۰ متر باشد.

### ۳-۴ رسانه‌های انتقال بی‌سیم

در این قسمت به بررسی نوع دوم رسانه‌های انتقال یعنی رسانه‌های انتقال بی‌سیم می‌پردازیم.

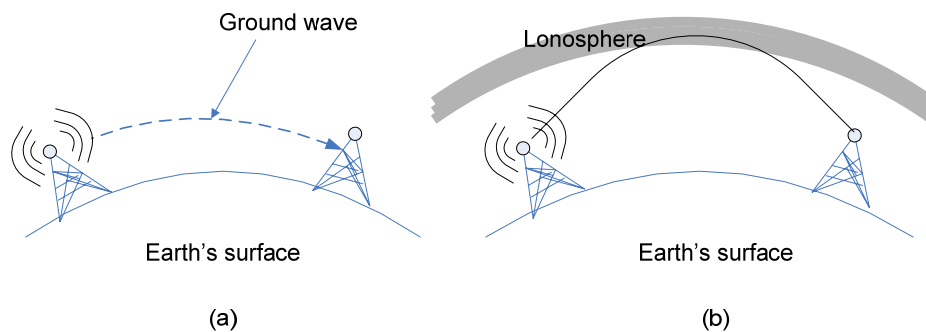
#### ۳-۴-۱ مخابرات رادیویی

امواج رادیویی به آسانی تولید می‌شوند و می‌توانند مسافت‌های طولانی را طی کرده و به راحتی در ساختمان‌ها نفوذ نمایند. لذا بطورگسترده هم برای ارتباط درونی و هم برای ارتباط بیرونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. امواج رادیویی چند سویه می‌باشند به این معنی که در تمامی جهات منتشر می‌شوند، بطوریکه فرستنده و گیرنده دیگر مجبور به دقت در تنظیم فیزیکی خودشان نیستند.

خصوصیات امواج رادیویی به فرکانس بستگی دارند یعنی در فرکانسهای پایین امواج رادیویی از موانع به خوبی عبور می‌کنند.

فرکانسهای بالا امواج رادیویی به خط مستقیم حرکت می‌کنند و بعد از برخورد به موانع از بین می‌روند. آنها بوسیله باران جذب می‌شوند. در تمام فرکانسها حداقل امواج رادیویی موتورها و دیگر تجهیزات الکتریکی بسیار مهم می‌باشند.

در باندهای **VLF** و **LF** و **MF** امواج رادیویی از زمین تبعیت می‌کنند همانند شکل ۳-۸ (a) این امواج برای ۱۰۰۰ کیلومتر در فرکانسهای پایین قابل آشکار شدن، ولی برای بالاتر از این فرکانس کمتر است. پخش رادیویی **AM** از باند اف ام استفاده می‌کند.



شکل ۳-۸ (a) در باند **VLF**، **LF** و **MF** امواج رادیویی از انحنای زمین الگو می‌گیرند. (b) در باندهای **HF** و **VHF** آنها بین زمین و یونوسفر حرکت می‌کنند.

در باندهای **HF** و **VHF** امواج سطح زمین بوسیله زمین جذب می‌شوند. یعنی امواجی که به یون کره می‌رسد (لایه‌ای از ذرات که در ارتفاع ۱۰۰ تا ۵۰۰ کیلومتری زمین را احاطه کرده اند) شکست پیدا کرده و به زمین برمی‌گردند. در شرایط زیر اتمسفر، سیگنال‌ها ممکن است چندین بار برگردند. اپراتورهای آماتور رادیو از این باندها برای مسافت‌های طولانی استفاده می‌کنند. ارتش نیز برای ارتباط از باندهای **HF** و **VHF** استفاده می‌کنند.

### ۳-۴-۲ مخابرات میکروویو

امواج با طول بالای 100MHZ خطوط مستقیم را طی می‌کنند لذا به سختی متمرکز می‌شوند. تمرکز تمام انرژی به یک پرتو کوچک توسط آنتن که شکل آن شبیه بشقاب تلویزیون ماهواره‌ای می‌باشد نسبت سیگنال به اختلال را بالاتر خواهد برد ولی آنتنهای فرستنده و گیرنده باید دقیقاً با یکدیگر تنظیم شده باشند. در مجموع این جهتیابی اجازه می‌دهد که چند فرستنده‌ای که در یک ردیف قرار دارند یا چند گیرنده‌ای که در ردیف دیگر قرار دارند بدون تداخل با یکدیگر ارتباط برقرار کند؛ همچنین فراهم کردن حداقل فاصله جزء قوانین است که باید رعایت شود.

از آنجائیکه مایکروویوها در خط مستقیم سیر می‌کنند در صورتی که فاصله زیادی از هم داشته باشند باید در مسیر زمین حرکت کنند. به این منظور ما نیاز به تکرارگرهای زمان‌بندی شده داریم که هر چه برجها بلندتر باشد فاصله آنها می‌تواند بیشتر شود. فاصله تکرارگرها تقریباً برابر جذر ارتفاع برج می‌باشد، مثلاً برای یک برج به ارتفاع ۱۰۰ متر فاصله تکرارگرها می‌توانند چیزی در حدود ۸۰ کیلومتر باشد.

برخلاف امواج رادیویی، امواجی که فرکانسی پایین‌تر دارند به خوبی از ساختمان‌ها عبور نمی‌کنند. در مجموع حتی ممکن است که پرتو بخوبی متمرکز شود ولی هنوز انحرافات زیادی در فضا داشته باشد. بعضی از امواج ممکن است توسط لایه‌های پایینی اتمسفر شکسته شود و نیز نسبت به موجهائی که بطور مستقیم حرکت می‌کنند دیرتر برسند.

موجهای تأخیری ممکن است همزمان با موجهای مستقیم نرسند و سیگنال را خنثی کنند. این اثر که مشکلی جدی می‌باشد محوسازی چند مسیر نام دارد که به هوا و فرکانس بستگی دارد. به همین منظور بعضی از اپراتورها ۱۰ درصد از کانال‌های خود را بصورت اضافی به این امر اختصاص می‌دهند تا در صورت بوجود آمدن آن (که باعث پاک شدن بعضی از باندهای فرکانسی می‌شود) بکار بیافتد.

استفاده از باندهای بالای ۱۰ گیگاهرتز عادی است اما استفاده از باندهای در حدود ۴ گیگاهرتز دارای مشکل جدید جذب شدن توسط آب است.

علت اصلی آن این است که طول موج آن چیزی حدود چند سانتی متر است بنابراین توسط باران نیز جذب می‌شود.

اگر از یک اجاق مایکروویو بزرگ برای عبور دادن ذرات از حرارت در خارج از ساختمان استفاده شود، این اثر مفید است، اما در ارتباطات مشکل بزرگی محسوب می‌شود. تنها راه حل این است که پیوندهایی که در معرض باران قرار دارند مانند محورسازی چند مسیره قطع کرده و آنها را به هر طرفی ارسال کرد.

### ۳-۴-۳ امواج مادون قرمز و امواج نوری:

امواج میلی‌متری و مادون قرمز هدایت نشده بطور گسترده‌ای برای ارتباطات با بعد کم مورد استفاده استریوها قرار می‌گیرد. کنترل‌های راه دور که در تلویزیون استفاده می‌شوند، VCRها و استریوها همگی برای ارتباط از مادون قرمز استفاده می‌کنند زیرا آنها نه تنها جهت‌دار و ارزان هستند بلکه ساخت آن نیز ساده می‌باشد اما در عوض عیب عمده آنها این است که از میان اشیای سخت و جامد عبور نمی‌کنند.

بطور کلی از آنجائیکه ما از امواج رادیویی با طول موج بلند به سمت نور قابل رویت پیش می‌رویم امواج بیشتر رفتار نور را از خود بروز می‌دهند تا رفتاری از نوع رادیویی. از طرف دیگر این مزیت که امواج مادون قرمز از میان دیوارهای سخت به خوبی عبور نمی‌کنند، نیز وجود دارد. این به این معنی است که سیستم مادون قرمزی که در یک اتاق ساختمانی وجود دارد با سیستمهای مشابه خود در اتاقهای همجوار تداخل نمی‌کند.

علاوه بر این سیستمهای مادون قرمز که در مقابل استراق‌سمع ساخته می‌شوند، نسبت به سیستمهای رادیویی که به همان منظور ساخته می‌شود برتری دارند. به همین دلایل است که استفاده از سیستم مادون قرمز نیازی به اخذ مجوز رسمی ندارد؛ در حالیکه سیستمهای رادیویی نیاز به اخذ چنین مجوزی از دولت دارند.

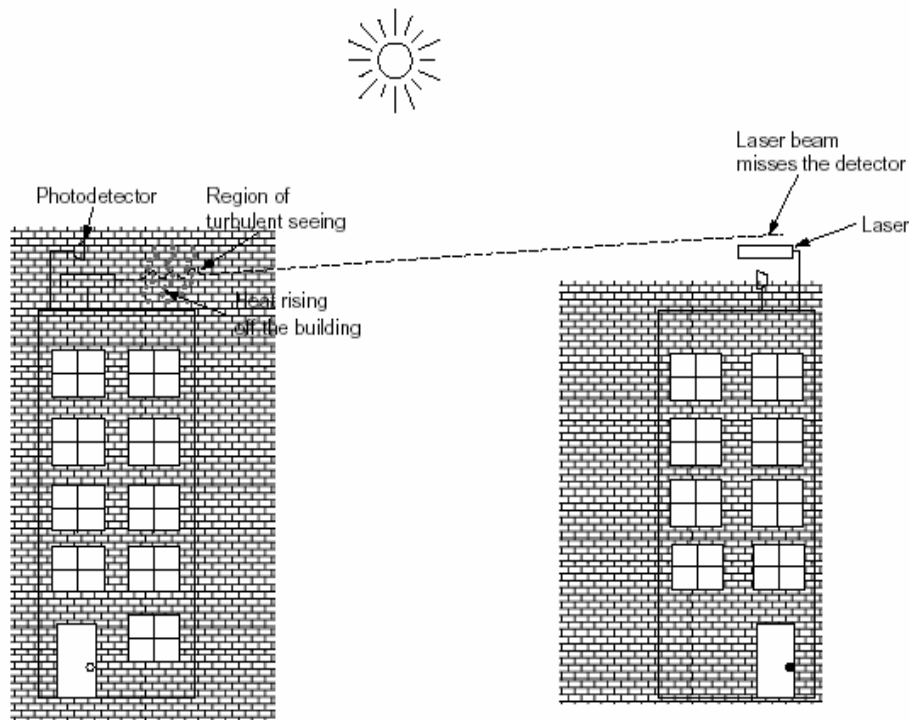
استفاده از سیگنال‌های نوری هدایت‌شده مدتها است که رایج می‌باشد. پل ریور سیگنال‌دهی نوری و دودویی از کلیسای شمال قدیم را درست قبل از سواری معروفش



مورد استفاده قرار داد. کاربرد جدیدتر آن، استفاده از لیزرهایی است که بر روی پشت بام نصب می‌شوند و دو شبکه محلی را به هم متصل می‌کنند. به این علت که سیگنال‌دهی نوری پیوسته به کمک لیزرها ذاتاً مستقیم است، هر ساختمان نیاز به یک لیزر و آشکارساز مربوطه به خودش را دارد. این طرح پیشنهادی دارای پهنای باند زیاد، بسیار ارزان و نصب آن بسیار ساده می‌باشد و بر خلاف مایکروویو نیاز به مجوز دولتی برای استفاده ندارد.

نیروی لیزری پرتوی خیلی ضعیف و باریک است. ارسال پرتوی با پهنای یک میلی‌متری به طرف مقصدی با پهنای ۱ میلی‌متری که در فاصله ۵۰۰ متری قرار دارد نیازمند تیرانداز ماهری می‌باشد. به همین منظور معمولاً لنزهایی را برای همگراکردن پرتوها در سیستم قرار می‌دهند.

عیب عمده‌ای که در پرتوهای لیزری وجود دارد عدم نفوذ در باران و یا مه می‌باشد که باعث اختلال در انتقال داده می‌گردد.



### ۳-۴-۴ ماهواره‌ها

تکنولوژی ماهواره‌های مخابراتی باعث ایجاد تحول در مخابرات فضایی گردید. این سیستمها با استفاده از انعکاس امواج از ماه کار می‌کنند.

یک ماهواره مزیت‌های عمده‌ای دارد. یکی از این مزیت‌ها این است که ماهواره در واقع یک تکرارکننده مایکروویو بزرگ در فضا است. چنین ماهواره‌ای دارای چندین تکرارکننده (transponder) است که با فرکانسهای خاصی سیگنال ورودی را دریافت کرده و تقویت می‌کنند و سپس با فرکانس متفاوتی باز می‌گردانند تا با سیگنال ورودی تداخل پیدا نکند. سیگنال بازگشتی می‌تواند قطری به اندازه تمام سطح زمین یا فقط چند صد کیلومتر را پوشش دهد که به این حالت شیپور خمیده گفته می‌شود.

مطابق قانون کپلر دوره گردش یک ماهواره با توان  $\frac{3}{4}$  شعاع مدار آن متناسب است. هرچه مدار ماهواره بالاتر باشد دوره گردش آن بیشتر است. دوره گردش ماهواره تنها عاملی نیست که محل قرار گرفتن ماهواره را تعیین می‌کند. فاکتور مهم دیگر در این مورد کمربند وان‌آلن است. این کمربند لایه‌ای از ذرات باردار دارای انرژی می‌باشد که توسط میدان مغناطیسی زمین گرفتار شده‌اند. هر ماهواره‌ای که داخل این کمربند قرار گیرد وسط ذرات باردار با انرژی زیاد آن از بین می‌رود. با در نظر گرفتن دو عامل فوق سه ناحیه امن برای قرار گرفتن ماهواره‌ها ایجاد می‌شود که در ادامه بحث به آن می‌پردازیم.

### ماهواره‌های زمین ثابت

اگر ماهواره‌ای یک مدار استوایی و در ارتفاع ۳۵۸۰۰ کیلومتر قرار گیرد نسبت به زمین ثابت به نظر خواهد رسید و نیاز به تعقیب آن توسط ایستگاه زمینی نیست. با تکنولوژی امروزی حداقل فاصله دو ماهواره مدار ثابت کمتر از دو درجه استوایی نخواهد بود. بدین ترتیب در هر زمان بیشتر از ۱۸۰ ماهواره نمی‌توانند در مدار زمین باشند که برای بالا بردن پهنای باند می‌توان در هر ترانسپاندر از فرکانسهای مختلف استفاده کرد.

اولین ماهواره‌های زمین ثابت یک پرتو واحد داشتند که  $\frac{1}{3}$  زمین را می‌پوشاند. که به این ناحیه جای پای ماهواره گفته می‌شود. اما امروزه با تکنولوژی جدیدتر پرتوهای ماهواره‌ها می‌توانند فقط قطری چند صد کیلومتری را پوشش دهند که به آنها پرتوهای نقطه‌ای گفته می‌شود. ماهواره‌های زمین ثابت در بالای کمربند وان‌آلن فوقانی قرار دارند و به آنها ماهواره‌های GEO گفته می‌شود.

### ماهواره‌های مدار متوسط

در مداری بسیار پایین‌تر از مدار زمین ثابت و بین دو کمربند وان‌آلن فوقانی و تحتانی ماهواره‌های مدار متوسط که به MEO معروفند قرار می‌گیرند. این ماهواره‌ها هر ۶ ساعت یکبار دور زمین می‌چرخند و جای پای کوچکتری نسبت به ماهواره‌های زمین ثابت دارند. ماهواره‌های ۲۴ گانه GPS در زمره این ماهواره‌ها قرار دارند.

### ماهواره‌های مدار پایین

در زیر کمربند وان‌آلن تحتانی ماهواره‌های مدار پایین قرار می‌گیرند که LEO نامیده می‌شوند. این ماهواره‌ها سرعت گردش مداری بسیار بالایی دارند و برای پوشش کل کره زمین به تعداد زیادی از آنها نیاز داریم. بدلیل ارتفاع کم برای ارتباط با آنها به توان کمی نیاز است و سیگنال ارسالی به سرعت برمی‌گردد.

## ۳-۵ شبکه تلفن عمومی

وقتی ۲ کامپیوتر متعلق به شرکت یا سازمانی نزدیک یکدیگر قرار دارند، اگر نیاز به ارتباط داشته باشند بهترین روش این است که با یک کابل بهم متصل شوند، مانند شبکه‌های محلی که به این روش عمل می‌کنند، با این وجود وقتی فاصله‌ها طولانی، یا تعداد کامپیوترها زیاد باشند و یا اینکه کابل‌ها به اجبار از میان جاده‌های عمومی و یا از سایر راه‌های عمومی دیگر عبور کنند، استفاده از کابل‌کشی اختصاصی معمولاً غیر ممکن است. به عبارت دیگر درست در تمامی کشورهای دنیا سیم‌کشی اختصاصی

برای خطوط ارتباطی در عرض یا در زیر املاک عمومی غیرقانونی می‌باشد در نتیجه طراحان شبکه باید به توانایی‌های موجود در ارتباط دور متکی باشند.

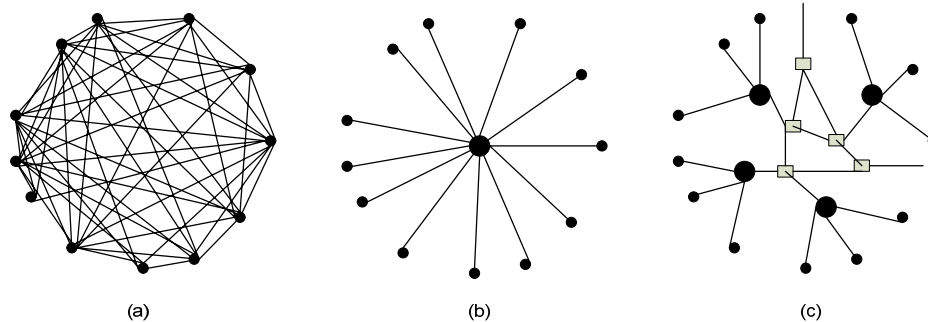
این امکانات، خصوصاً PSTN (دستگاه تلفن راه‌گزین عمومی) که سالها پیش طراحی شده بود برای هدفی کاملاً متفاوت با اهداف امروز بود: انتقال صدای انسان به شکل کم‌وبیش قابل فهم. استفاده از این امکانات برای ارتباط کامپیوتر با کامپیوتر مناسب نیست اما این وضعیت با معرفی فیبرهای نوری و تکنولوژی دیجیتال به سرعت در حال تغییر است.

برای اینکه به میزان اهمیت مسأله پی ببریم به مقایسه خواص اتصال کامپیوتر به کامپیوتر از طریق کابل محلی با اتصال از طریق خط تلفن می‌پردازیم کابلی که بین ۲ کامپیوتر کشیده شده است می‌تواند داده‌ها را با سرعت‌های  $10^9$  بیت در ثانیه و یا بیشتر انتقال دهد. اما در مقابل بیشترین سرعت داده یک خط تلفن چیزی در حدود ۵۶ کیلوبیت در ثانیه می‌باشد و تفاوت چیزی در حدود ۲۰۰۰ برابر است. با این وجود اگر خط تلفن بوسیله یک اتصال ADSL جایگزین شود باز هم چیزی در حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ تفاوت دارد.

### ۳-۵-۱ ساختار سیستم تلفن

زمانی که در سال ۱۸۷۶ الکساندر گراهام بل اختراع خود را به ثبت رساند تقاضای بسیار زیادی برای این اختراع جدید وجود داشت.

مشتری‌ها می‌بایست بین خودشان سیم منفردی بکشند و الکترون‌ها از طریق زمین برمی‌گشتند. اگر یک مشترک تلفن بخواهد با n مالک دیگر مکالمه کند باید سیم‌هایی بطور جداگانه به تمام n منزل بکشد و این باعث می‌شد که در مدت یکسال شهرها پر از سیم‌هایی شود که از بالای خانه‌ها و درختان عبور می‌کرد. به زودی آشکار شد که این نوع اتصال یعنی اتصال هر تلفن به تلفن دیگر مانند آن چه که در شکل ۳-۱۰ (a) نشان داده شده است عمومی نیست.



شکل ۳-۱۰ (a) شبکه‌ای با اتصالات کامل (b) سویچ مرکزی (c) ساختار دوسطحی

بل با دیدن این وضعیت شرکت تلفن بل را تشکیل داد و اولین دفتر راه‌گزینی را در سال ۱۹۸۷ در شهر نیوهاون ایالت کانیکات تأسیس کرد. این شرکت به هر دفتر یا خانه سیمی کشید طرزعمل به این صورت بود که ابتدا مشتری برای برقراری تماس، تلفن خود را راه‌اندازی می‌کرد تا زنگ دفتر شرکت تلفن بعداً به صدا درآید و اپراتور مربوطه متوجه این تماس شود و سپس بطور دستی ارتباط تماس گیرنده را با مخاطبین برقرار کند. مدل دفتر راه‌گزینی در شکل ۳-۱۰ (b) به تصویر کشیده شده است.

به زودی سیستم دفاتر راه‌گزینی بل در همه جا گسترش پیدا کرد و مردم خواستار آن شدند که تماس در فواصل دور بین شهرها نیز برقرار شود. لذا شروع به برقراری ارتباط با دفتر راه‌گزینی بل کردند. مشکل اصلی به زودی مشخص شد: اتصال هر دفتر راه‌گزینی با دفتر دیگر از طریق سیستم مسی به سرعت غیر قابل کنترل می‌شد، لذا برای رفع این مشکل دفاتر راه‌گزینی سطح دوم بوجود آمدند. بعد از مدتی همانطور که در شکل ۳-۱۰ (c) نشان داده شده است به چند دفتر سطح دوم نیاز شد و در نتیجه این مراتب به ۵ سطح گسترش پیدا کرد.

در سال ۱۸۹۰ سه قسمت اصلی سیستم تلفن مشخص شد که به ترتیب عبارتند از:

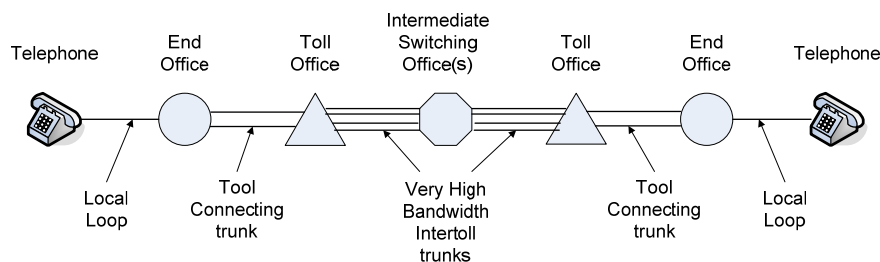
دفاتر راه‌گزینی، سیمهای ارتباطی بین مشترکین و دفاتر راه‌گزینی (در حال حاضر سیمهای متناسب عایق‌بندی شده و جفت تابیده، جایگزین سیمهای لختی که با برگشت زمینی همراه بودند شده‌اند) و اتصالات طولانی بین دفاتر راه‌گزینی.

با وجود پیشرفتهایی که در هرکدام بوجود آمده، ولی اساس مدل بل بیش از ۱۰۰ سال دست‌نخورده باقی مانده است.

اگر مشتری که به یک دفتر انتهایی متصل است، مشتری دیگری را که به همان دفتر انتهایی متصل است فراخوانی کند مکانیزم راه‌گزینی موجود در دفتر بین دو حلقه محلی یک اتصال الکتریکی مستقیم برقرار کرده و در طول تماس این اتصال باقی می‌ماند.

اما اگر تلفنی که فراخوانی شده است به دفتر راه‌گزینی دیگری متصل باشد از روشی متفاوت از روش قبل استفاده می‌کنیم. هر دفتر راه‌گزینی انتهایی تعدادی خط خروجی دارد که به مراکز راه‌گزینی نزدیک وصل می‌شود که دفاتر بین‌شهری نامیده می‌شود (اگر در یک ناحیه محلی قرار داشته باشند دفاتر پست سرهم نامیده می‌شوند) این خطوط را رابطه بین شهری می‌گویند. اگر هم تماس گیرنده و هم مخاطب از طریق رابطهای بین شهری به دفتر بین شهری متصل شده باشد. (اگر نزدیک به هم باشد امکان پذیر است)، اتصال ممکن است در دفتر بین شهری برقرار شود.

اگر تماس گیرنده و مخاطب دفتر بین شهری دارای مشترکی نباشند، مسیری درجایی بالاتر از این سلسله مراتب ایجاد خواهد شد. دفاتر اصلی، بخش و منطقه‌ای شبکه‌ای را تشکیل می‌دهند که توسط دفاتر بین شهری به هم متصل شده و مبدلهای منطقه‌ای، اصلی و بخشی از طریق شاه‌سیمهای داخلی با پهنای باند بالا با یکدیگر مرتبط می‌شوند. تعداد انواع مراکز راه‌گزینی مختلف و هم‌بندی آنها از کشوری به کشور دیگر متفاوت است و به حجم تلفن بستگی دارد. شکل ۳-۱۱ چگونگی فاصله‌های میانی را نشان می‌دهد. رسانه‌های انتقال گوناگونی برای ارتباط راه دور استفاده می‌شود.



شکل ۳-۱۱ مدار اتصال‌دهنده یک تماس راه دور

لایه فیزیکی ۱۲۵

امروزه حلقه‌های محلی شامل ۳ طبقه از جفت‌های به هم تابیده می‌باشند. اگر چه در روزهای اولیه پیدایش تلفن از سیم‌های بدون عایق بر روی تیرهایی که به فاصله ۲۵ سانتی متر فاصله‌گذاری شده‌اند استفاده می‌شد ولی امروزه از کابل‌های کواکسیال، فیبرهای نوری، مایکروویو برای اتصال بین دفاتر راه‌گزینی بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود.

در گذشته عمل انتقال بین سیستم تلفن بصورت آنالوگ بود، به این صورت که سیگنال صدای واقعی بصورت ولتاژ الکتریکی از منبع به مقصد فرستاده می‌شد، با پیدایش فیبر نوری الکترونیک دیجیتال و کامپیوترها تمامی شاه‌سیمها و راه‌گزینها، امروزه به شکل دیجیتال در آمدند.

بطور خلاصه می‌توان گفت که سیستم تلفن شامل ۳ قسمت اصلی می‌باشد:

۱- حلقه‌های محلی (جفت‌های به هم تابیده آنالوگ، مخصوص خانه‌ها و شرکتها)

۲- شاه سیمها (دفاتر راه‌گزینی که توسط فیبر نوری دیجیتال بهم متصل می‌شوند)

۳- دفاتر راه‌گزینی

### حلقه‌های محلی

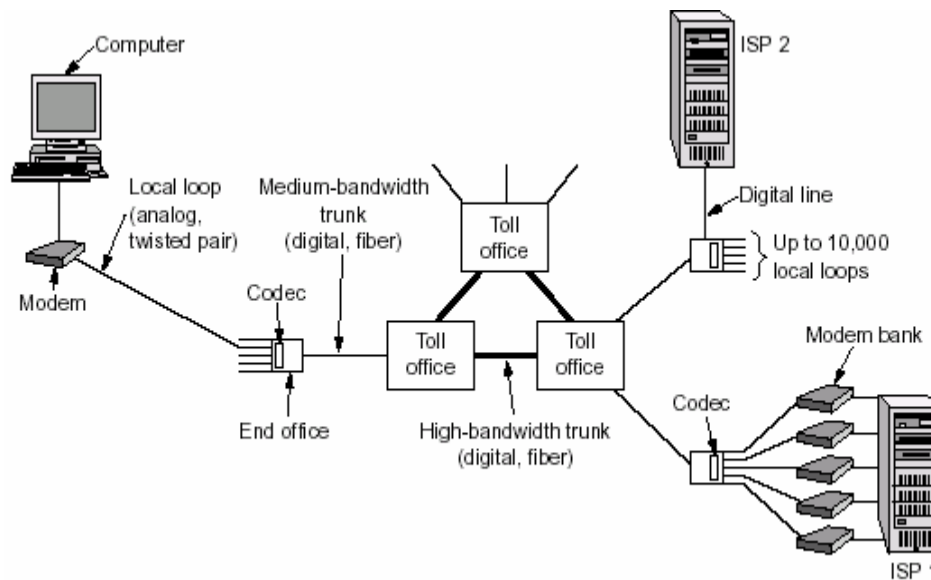
حال با نگاهی به جزئیات، ببینیم که سیستم تلفن چگونه کار می‌کند. قسمت‌های اصلی سیستم در شکل ۳-۱۲ نشان داده شده است.

چیزی که در اینجا مشاهده خواهیم کرد این است که حلقه‌های محلی، شاه‌سیمها و دفاتر بین‌شهری و دفاتر پایانی همگی شامل تجهیزات راه‌گزینی هستند. در دفاتر پایانی حدود بالای ۱۰۰۰۰ حلقه‌های محلی وجود دارد.

وقتی که یک کامپیوتر قصد فرستادن داده دیجیتال از طریق خط تلفن آنالوگ دارد، داده ابتدا باید برای انتقال به حلقه محلی به شکل آنالوگ درآید.

این تبدیل توسط ابزاری که مودم نامیده می‌شود انجام می‌گیرد یعنی چیزی که ما می‌خواهیم مورد مطالعه قرار دهیم.

در دفتر پایانی شرکت تلفن داده‌ها را برای انتقال به شاه‌سیمهایی که در مسافت‌های طولانی کشیده است به دیجیتال تبدیل کرده و در کامپیوتر گیرنده مجدداً توسط یک مودم به آنالوگ تبدیل می‌شود. در این فاصله نیاز است که از حلقه محلی عبور کند. در ترتیبی که در شکل ۱۲-۳ نشان داده شده است ISP اولی (ارائه‌کننده خدمات اینترنتی) که دارای بانک مودم می‌باشد هر کدام به یک حلقه محلی متفاوت متصل است.



شکل ۱۲-۳ استفاده از انتقال دیجیتال و آنالوگ برای تماس کامپیوترها

این ISP می‌تواند تعداد اتصالاتی که مودمها در اختیار دارد کنترل کند. (فرض بر این است که سرور یا سرورها به اندازه کافی قدرت محاسباتی دارند) این ترتیب تا زمانی که مودمهای 56 Kbps آشکار شوند، معمول بود.

سیگنال‌های آنالوگ شامل یک ولتاژ متغیر با زمان است که در یک گروه اطلاعات جریان دارد. در یک رسانه انتقال کامل گیرنده، دقیقاً همان سیگنالی را که فرستاده شده



است دریافت می‌کند ولی متأسفانه رسانه انتقال کامل نیست. بنابراین سیگنال دریافتی همان سیگنال فرستاده شده نمی‌باشد. لازم به ذکر است که در انتقال دیجیتال این تفاوت ما را متوجه خطاها می‌کند.

خطوط انتقال از ۳ مشکل اصلی صدمه می‌بینند که عبارتند از: تضعیف، اعوجاج تاخیری و اختلال.

تضعیف از بین رفتن انرژی در اثر انتشار سیگنال به خارج است که این از بین رفتن به دلیل در کیلومتر سنجیده می‌شود و به مقدار انرژی از بین رفته به فرکانس بستگی دارد. برای دیدن این وابستگی تصور کنید که سیگنال به شکل موج نیست و بصورت مولفه‌های سری فوریه می‌باشد. یعنی هر مولفه به اندازه متفاوتی تضعیف شده که در نتیجه باعث دامنه فوریه متفاوتی در گیرنده می‌شود.

دامنه‌های فوریه متفاوت باعث انتشار با سرعت‌های مختلف در سیم می‌باشد که این وضع را بدتر می‌کند و باعث اعوجاج سیگنال دریافتی در طرف دیگر می‌شود.

انرژی ناخواسته‌ای که از منبعی غیر از فرستنده تولید می‌شود باعث اختلال می‌گردد. مثلاً اختلال گرمایی در اثر برخورد الکترون‌ها در سیم بوجود می‌آید و نمی‌شود از آن جلوگیری نمود و یا تداخل صدا که در اثر پیوند القایی بین ۲ سیم نزدیک بهم بوجود می‌آید به این معنا که شما در حال صحبت کردن با تلفن هستید، می‌توانید مکالمه دیگری را بشنوید که به آن تداخل صدا می‌گویند. در داده‌های دیجیتال اختلال ناگهانی باعث از بین رفتن یک یا چند بیت می‌شود.

### ۳-۵-۲ مودمها

با توجه به مشکلاتی که مطرح شده، مخصوصاً وابستگی سرعت تضعیف در انتشار به فرکانس، زیاد بودن اندازه فرکانس سیگنال مطلوب نیست. متأسفانه در سیگنال‌های دیجیتال که دامنه فرکانس گسترده‌ای دارند از موجهای سریع استفاده می‌کنند که باعث تضعیف قوی و پیچیدگی تأخیر می‌شود. این اثرات باعث سیگنال‌دهی نامناسب باند پایه (DC) می‌شود البته در سرعت‌های کم و فواصل کوتاه این عمل انجام نمی‌شود. برای

رهایی از این مشکلات سیگنال‌دهی DC مخصوصاً روی خطوط تلفن، لازم است از سیگنال دهی AC استفاده کنیم. دامنه فرکانس و یا فاز را می‌توان برای انتقال اطلاعات تغییر داد.

در تغییر فاز از ۲ تغییر فاز متفاوت استفاده شده که با ۱ و ۰ نمایش داده می‌شوند. در تغییر فرکانس که به وارد کردن تغییرات فرکانسی شناخته شده است از تفاوت صداها استفاده می‌شود.

در ساده‌ترین شکل، تغییر فاز جابجا شدن سیستماتیک در فواصل یکنواخت بین ۰ تا ۱۸۰ درجه در نظر گرفته شده است. یک طرح بهتر استفاده از تغییرات ۴۵، ۱۳۵، ۲۲۵ و یا ۳۱۵ درجه، ۱ بیت کد و سپس ۲ بیت اطلاعات در هر فاصله زمانی منتقل شود. همچنین همیشه در پایان هر فاصله زمانی نیاز به تغییر فاز است چون این تغییر تشخیص حدود و فواصل زمانی را برای گیرنده راحت‌تر می‌سازد. در شکل ۳-۱۳ سه شکل این تغییرات را نشان می‌دهد و در شکل ۳-۱۳ (a) یکی از دامنه‌ها صفر و دیگری صفر نیست. در شکل ۳-۱۳ (b) از هر دو فرکانس استفاده شده است. در شکل ۳-۱۳ (c) تغییر فاز آشکار و پنهان در هر بیت، بیت مرزی است.

وسیله‌ای که یک رشته سری از بیتها را بعنوان ورودی پذیرفته و بوسیله یک یا چند روش، حامل تغییر یافته را بعنوان خروجی تولید می‌کند مودم می‌نامیم.

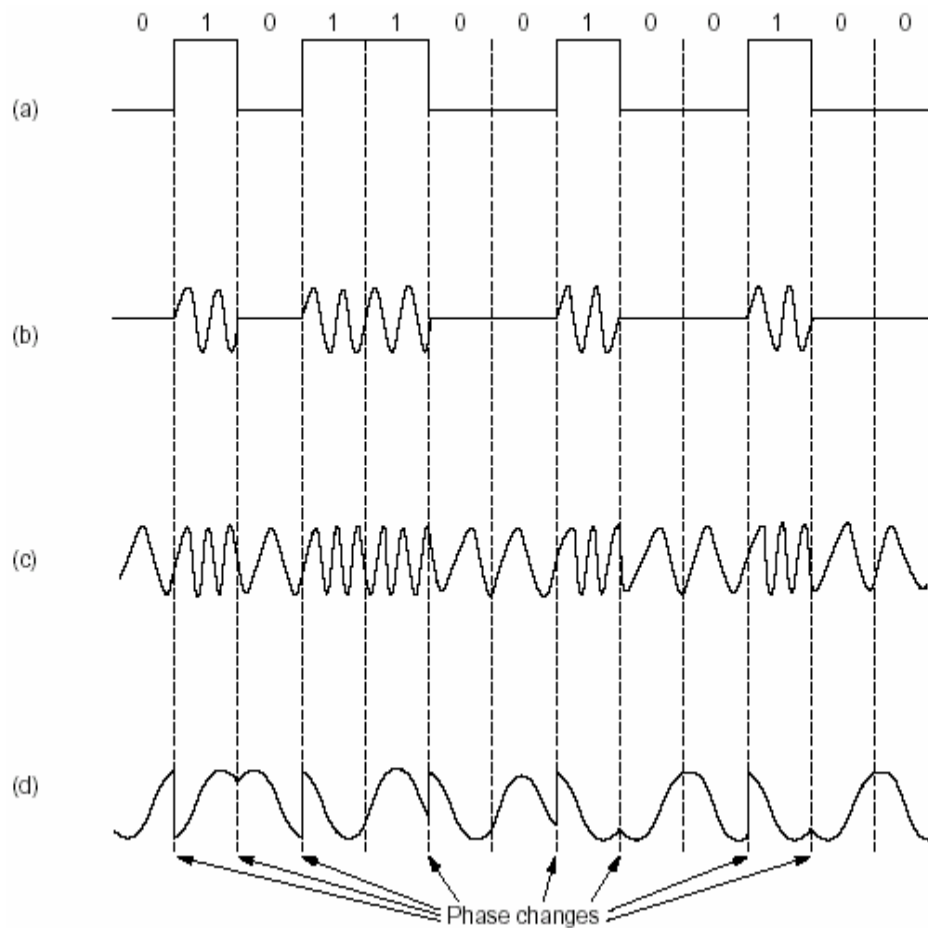
یک مودم بین کامپیوتر (دیجیتال) و سیم تلفن قرار می‌گیرد. با بالا نگهداشتن سرعت نمونه‌برداری نمی‌توان به سرعتهای بالا و بالاتر رسید. نظریه نایکوئیست می‌گوید حتی با یک خط بدون عیب 3000Khz در هیچ نقطه‌ای نمونه‌برداری سریعتر از 6000HZ وجود ندارد.

بعنوان مثال برای بیشتر مودمها سرعت نمونه‌برداری 2400Times/sec است و برای بدست آوردن بیتهای بیشتر در نمونه تلاش می‌کنیم.

تعداد نمونه‌ها در ثانیه به واحد باود (Baud) سنجیده می‌شود. در فاصله هر باود یک نشانه فرستاده می‌شود. بنابراین در خط n باود، n نشان انتقال داده می‌شود. برای مثال

لایه فیزیکی ۱۲۹

یک خط ۲۴۰۰ باود در هر ۴۱۶,۶۶۷ میکروثانیه یک نشانه فرستاده می‌شود. اگر نشانه شامل صفر ولت برای ۰ منطقی و یک ولت برای ۱ منطقی باشد در آن صورت سرعت بیت چیزی در حدود 2400bps می‌باشد.



شکل ۳-۱۳ (a) سیگنال دودویی (b) مدولاسیون دامنه (c) مدولاسیون فرکانس (d) مدولاسیون فاز

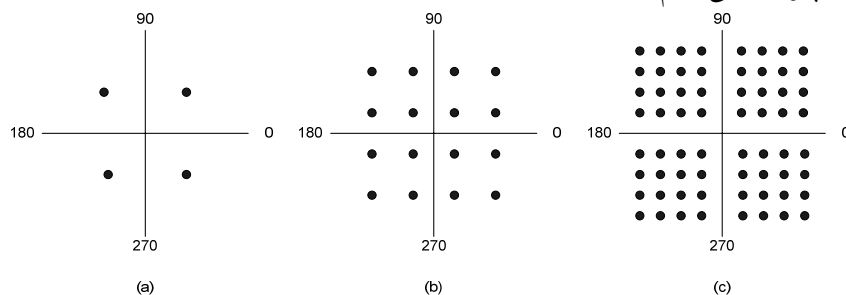
با این وجود اگر ولتاژهای ۰ و ۱ و ۲ و ۳ ولت استفاده شوند و هر نشانه شامل ۲ بیت باشد، پس در نتیجه یک خط ۲۴۰۰ باودی می‌تواند ۲۴۰۰ نشانه در ثانیه برای داده‌ای به سرعت ۴۸۰۰ بیت در ثانیه بفرستد.

به طور مشابه با ۴ فاز متغیر ممکن، هر نشانه دارای دو بیت است. پس دوباره سرعت آن بیت برابر سرعت ۲ باود می‌باشد.

تکنیک بعدی **QPSK** (وارد کردن تغییرات فازی ۴ گانه) می‌باشد که بطور گسترده‌ای استفاده می‌شود. مفاهیمی مانند پهنای باند، نشانه و سرعت بیت به طور عموم گیج‌کننده هستند پس اجازه دهید که آنها را به گونه‌ای دیگر بیان کنیم.

طیفی از فرکانسها با تضعیف متوسط که از رسانه‌ای عبور می‌کنند را پهنای باند می‌گویند که خاصیت فیزیکی است و واحد آن هرتز می‌باشد. سرعت باود از تعدادی نشانه بر ثانیه بدست می‌آید. هر نمونه‌ای که فرستاده می‌شود مقداری اطلاعات می‌باشد که همان نشانه است. در نتیجه سرعت باود همان سرعت نشانه می‌باشد.

این تکنیک تغییر تعداد بیتها بر نشانه را تعیین می‌کند، یعنی سرعت بیت مقداری از اطلاعات که روی کانال فرستاده می‌شود برابر است با تعدادی زمانهای نشانه بر ثانیه. در تمامی مودمهای پیشرفته یک ترکیب از تکنیکهای متغیر برای انتقال چند بیت در باود استفاده می‌شود. در شکل ۳-۱۴ (a) نقاطی در درجه‌های ۴۵ و ۱۳۵ و ۲۲۵ و ۳۱۵ با دامنه‌ای پیوسته می‌بینیم.



شکل ۳-۱۴ (a) مدولاسیون QPSK (b) مدولاسیون QAM-16 (c) مدولاسیون QAM-64

فاز یک نقطه بوسیله زاویه یک خط از آن به منطقه‌ای که با محور Xهای مثبت می‌سازد نشان داده می‌شود. شکل ۳-۱۴ (a) دارای ۴ ترکیب صحیح است که می‌توان از آن برای انتقال ۲ بیت بر نشانه استفاده کرد که آن **QPSK** نام دارد.

لایه فیزیکی ۱۳۱

در شکل ۳-۱۴(b) ما طرح الگوی متفاوتی را می بینیم که در آن ۴ دامنه و ۴ فاز استفاده شده و در مجموع برای ۱۶ ترکیب مختلف که می تواند برای انتقال ۴ بیت در نشانه استفاده کرد. به این ۱۶-QAM می گوئیم. برای مثال برای انتقال ۹۶۰۰ بایت در ثانیه از یک خط ۲۴۰۰ باودی استفاده می کنیم.

شکل ۳-۱۴(c) طرح مدل دیگری است که هنوز فاز و دامنه را در برمی گیرد و می تواند ۶۴ ترکیب مختلف را تشکیل داده و ۶ بیت را در هر نشانه انتقال دهد. به این الگو ۶۴-QAM می گوئیم.

نمودارهایی که در شکل ۳-۱۴ نشان داده شده اند، اشکالی هستند که ترکیبهای معتبری از فاز و دامنه را نشان می دهند و به نمودارهای فلکی مشهور می باشند. هر استاندارد مودم سریع نمودار فلکی مخصوص به خودش را دارد و فقط می تواند با مودمهای دیگری که از همان نوع نمودار استفاده می کنند ارتباط برقرار کند. هر چند که اغلب مودمها می توانند با همه مودمهای دارای نمودار فلکی پایین تر کار کنند.

در چند نقطه الگوی فلکی مقدار کمی اختلال که در فاز یا دامنه آشکار می شود را می توان نتیجه وجود خطا و یا بیتهای بد احتمالی دانست. برای کم کردن احتمال خطا، استانداردهایی به این شکل وجود دارد که برای تصحیح خطای مودمهایی با سرعت بالاتر به هر نمونه، بیتهای اضافی افزوده می شود. این برنامه به TCM مشهور است برای مثال یک مودم مدل v.32 از استاندارد استفاده می کند که ۳۲ نقطه فلکی برای انتقال ۴ بیت داده و ۱ بیت توازن در نشانه در ۲۴۰۰ باد برای تصحیح خطا ۹۵۰۰ بیت در ثانیه انجام می دهد.

بعد از ۹۶۰۰ بیت در ثانیه ۱۴۴۰۰ بیت در ثانیه وجود دارد که v.32 bis نامیده می شود.

این سرعت با انتقال ۶ بیت داده در ثانیه و یک بیت تساوی در هر نشانه در ۲۴۰۰ باود بدست می آید.

وقتی که از ۱۲۸-QAM استفاده می شود به این معناست که آن الگوی فلکی ۱۲۸ نقطه دارد مانند شکل ۲۵(b)-۲ فکس مودمها برای انتقال صفحات از این الگو استفاده

می‌کنند. از **QAM-۲۶** هر استاندارد مودم تلفنی می‌تواند استفاده کند، اما از آن برای شبکه‌های کابلی استفاده می‌شود. مودم بعدی که بعد از **v.۳۲** قرار دارد **v.۳۴** نامیده می‌شود و در **۲۸۸۰۰** بیت در ثانیه در **۲۴۰۰** باد با **۱۲** بیت داده بر نشانه اجرا می‌شود.

آخرین مودم از این سری مودمها **v.34 bis** نام دارد که برای **۱۴** بیت داده بر نشانه در **۲۴۰۰** باد برای **۳۳۶۰۰** بیت در ثانیه استفاده می‌شود.

### خطوط اجاره‌ای LEASED LINE

یک خط اجاره‌ای یک اتصال تلفنی پایدار بین دو مکان می‌باشد که مقدار مشخصی از پهنای باند را برای همه زمانها از قبل معین می‌کند. خطوط اجاره‌ای می‌توانند آنالوگ یا دیجیتال باشند اگر چه بسیاری از خطوطی که امروزه مورد استفاده قرار می‌گیرند از نوع دیجیتال می‌باشند. غالب خطوط اجاره‌ای عمومی که در آمریکا پیکربندی میشوند و **T1** نام دارند با سرعت **1.544Mbps** دایر هستند.

معادل اروپایی **T1** که **E1** نام دارد سرعتی معادل **2.045 Mbps** دارد. بسیاری از سازمان‌ها برای اتصال شبکه‌هایشان به اینترنت یا برای اتصال به شبکه‌های راه دور از **T1** استفاده می‌کنند برای کاربردهایی که نیاز به پهنای باند بیشتری دارد، اتصال **T3** در **44.736** و **E3** در **34.368 Mbps** دایر می‌باشند.

خدمات خط اجاره‌ای به کانال‌های **64Kbps** منشعب می‌شوند. یک **T1** بعنوان مثال شامل **۲۴** کانال می‌شود که می‌توانند بعنوان مجراهای داده‌ای منفرد یا پیوندهای **64Kbps** منحصر به فرد مورد استفاده قرار گیرد. همچنین امکان استفاده از خط اجاره به نحوی که بخشی از **T1** مورد استفاده قرار گیرد نیز وجود دارد. خدمات **T1** کسری، شما را قادر می‌سازد تا دقیقاً مقداری از پهنای باند را که نیاز دارید مورد استفاده قرار دهید. برای اهداف ارسال داده، یک خط اجازه استفاده از همه پهنای باند را به یک کانال منفرد می‌دهد. به هر حال **T1**ها و دیگر خدمات خط اجاره‌ای برای محاوره‌های تلفنی استاندارد به خوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

لایه فیزیکی ۱۳۳

وقتی که یک سازمان بزرگ T1 را برای سیستم تلفن خود بکار می‌گیرد، سیستم تلفن داخلی سازمان که به یک یا بیشتر خطوط T1 متصل شده است به کانال‌های 64 kbps تقسیم می‌شود که هر کدام می‌تواند بعنوان یک خط تلفن کار کند. سیستم تلفن داخلی سازمان کانال‌ها را برای کاربران مختلفی که به سیستم تلفن نیاز دارند در نظر می‌گیرد.

یک اتصال T3 معادل ۶۷۲ کانال 64 kbps یا T1 ۲۸ می‌باشد. این پهنای باند زیاد فقط برای ISPها یا سرویس‌دهنده‌های دیگری که پهنای باند زیادی نیاز دارند مورد استفاده می‌باشد.

برای نصب یک خط اجاره‌ای، شما با یک سرویس‌دهنده تلفن قرارداد می‌بندید که یک پیوند بین دو مکان مخصوص و با پهنای باند ویژه برقرار کنید. قیمت آن نیز بستگی به پهنای باند و فاصله بین دو مکان دارد. یک T1 می‌تواند به آسانی حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار در ماه ارزش داشته باشد.

در انتهای هر اتصال شما بایستی وسیله‌ای داشته باشید که CSU/DSU (واحد خدمات داده/ واحد خدمات کانال) نام دارد و بعنوان پایانه‌ای برای پیوند و وسیله‌ای که توانایی تشخیص و ارزیابی را فراهم می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای استفاده از خط، شما CSU/DSU را به شبکه‌ای که از مسیریاب (با مسیریاب در فصلهای بعدی آشنا خواهیم شد) استفاده می‌کند متصل نمایید.

خطوط اجاره‌ای یک راه حل محبوب برای شبکه‌های گسترده می‌باشند ولی دارای اشکالات مهمی نیز هستند.

از آنجائیکه پیوندها بطور پایدار برقرار می‌گردند شما مبلغی را برای مقدار مشخصی از پهنای باند برای ۲۴ ساعت پرداخت می‌کنید.

اگر برنامه‌های شما در همه ساعات از آن استفاده نمی‌کنند شما ممکن است پرداخت حق انشعاب را برای پهنای باندی که از آن استفاده نمی‌کنید به پایان رسانید.

همچنین پهنای باند خط اجاره‌ای با سرعت خاصی پوشش داده شده است. اگر شما پهنای باندی بیش از ظرفیت خط نیاز دارید تنها راه تقویت اتصال شما، نصب یک خط دیگر می‌باشد.

نتیجه آنکه، خطوط اجاره‌ای برای برخی از کاربردها بسیار عالی است اما می‌تواند برای بقیه کم‌ارزش و غیر مفید باشد.

### ۳-۵-۳ ADSL

برای ارائه سرویس‌های دیجیتال روی مدارهای پایانی سرویس‌هایی بوجود آمدند که پهنای باند بیشتری داشتند و به آنها سرویس باند سریع (**broadband**) گفته می‌شد. این سرویس‌ها در ابتدا خیلی متنوع بودند تحت نام **xDSL** (خط مشترک دیجیتال: **Digital Subscriber Line**) دسته‌بندی می‌شدند. مهمترین این سرویس‌ها **ADSL** (نامتقارن) است.

علت کندی مودمها این است که شبکه تلفن اساساً برای صدای انسان طراحی شده است. در نقطه‌ای که مدار پایانی وارد ایستگاه پایانی می‌شود فیلترهایی قرار داده شده‌اند که تمام فرکانسهای زیر ۳۰۰ هرتز و بالای ۳۴۰۰ هرتز را تضعیف می‌کند. برای اجتناب از این وضعیت در سرویس **xDSL** خط مشترک بدون عبور از فیلترهای مزبور مستقیماً به نوع خاصی از سوئیچها متصل می‌شود که بتواند از تمام ظرفیت مدار پایانی استفاده کند. در این حالت دیگر محدودیت پهنای باند فقط به خواص فیزیکی مدار پایانی بستگی دارد نه به محدوده‌ای که فیلترها بطور مصنوعی برای آن وجود آمده‌اند.

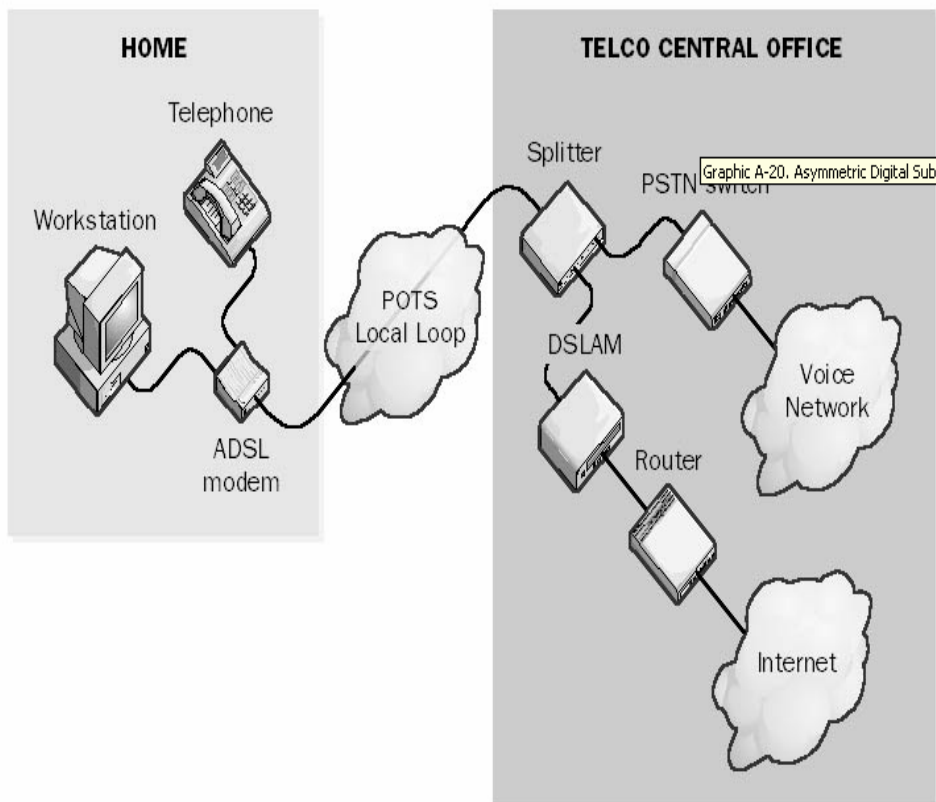
سرویس **xDSL** اهداف خاصی بوجود آمده است: اول اینکه این سرویس‌ها باید بتوانند از تمام ظرفیت مدار پایانی استفاده کنند. دوم، این سرویس‌ها نباید هیچ اختلالی در دستگاه‌های تلفن و فکس معمولی ایجاد کنند. سوم اینکه باید از سرعت **56kbps** سریعتر باشند و چهارم، باید دائم برقرار بوده و هزینه آنها هم ثابت باشد.

اولین سرویس **ADSL** به سه باند تقسیم شده بود: باند **POTS** (سرویس تلفن معمولی)، باند ارسال از کاربر به ایستگاه پایانی و باند ارسال به کاربر از ایستگاه پایانی. برای این



لایه فیزیکی ۱۳۵

سرویس از روشی به نام **DMT** (تون چندگانه گسسته - **Discrete Multi Tone**) استفاده می‌شود. در حقیقت کاری که انجام شده تقسیم پهنای باند موجود (**1.1 MHz**) به ۲۵۶ کانال مستقل **4312.5 Hz** است. از کانال صفر به عنوان **POTS** استفاده می‌شود. کانالهای ۱ تا ۵ خالی رها شده‌اند تا تداخلی بین صدا و داده پیش نیاید. و از ۲۵۰ کانال باقیمانده یکی برای کنترل ارسال به کاربر و یکی برای کنترل ارسال از کاربر تخصیص یافته و از بقیه کانال‌ها می‌توان برای داده استفاده کرد. در شکل ۳-۱۵ یک طرح **ADSL** مشاهده می‌شود. در این شکل مشاهده می‌شود که در سمت مشتری یک دستگاه جداکننده (**Splitter**) قرار دارد که باند **POTS** را از باند داده جدا می‌کند. سیگنال **POTS** به یک دستگاه تلفن و سیگنال داده به یک مودم **ADSL** متصلند. سیگنال‌ها پس از عبور از مدارهای پایانی به ایستگاه مرکزی شرکت تلفن می‌رسند که در آنجا نیز یک تقسیم‌کننده مشابه قبلی وجود دارد که سیگنال‌های داده را به **ISP** ها و سیگنال‌های آنالوگ را به شبکه تلفن می‌فرستد. برای تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال در ایستگاه شرکت تلفن از دستگاهی به نام **DSLAM** که بسیار شبیه مودم **ADSL** است، استفاده می‌شود.



شکل ۳-۱۵ یک طرح ADSL

### ۳-۵-۴ مالتی پلکسینگ

در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، نقش مهمی در سیستم تلفن دارد. بطور مثال: هزینه نصب و نگهداری شاه‌سیمها با پهنای باند بالا، بین دو دفتر راه‌گزینی، به اندازه هزینه نصب و نگهداری شاه‌سیم با پهنای باند کم است. به همین منظور شرکتهای تلفن الگوی دقیقی را برای مالتی پلکسینگ یا تسهیم‌سازی محاوره‌ها بر روی یک شاه‌سیم فیزیکی طراحی کرده‌اند. روشهای تسهیم‌سازی رامی‌توان به ۲ دسته تقسیم نمود:

FDM (تسهیم‌سازی تقسیم فرکانسی)

TDM (تسهیم‌سازی تقسیم زمانی)

لایه فیزیکی ۱۳۷

در **FDM** طیف فرکانسی به باندهای فرکانسی تقسیم می‌شود که در آن هر کاربر باند فرکانسی مخصوصی به خود را دارد.

ولی در **TDM** کاربران هرکدام بصورت نوبتی برای مدت کوتاهی تمام پهنای باند را در اختیار می‌گیرند.

پخش برنامه‌های رادیویی ای ام، نمونه‌ای از هر دو نوع تسهیم‌سازی می‌باشد. در این نمونه طیف تخصیص یافته در حدود ۱ مگاهرتز است که تقریباً ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ کیلو هرتز را در برمی‌گیرد.

فرکانسهای متفاوت به کانال‌های مختلفی که ایستگاه نیز نامیده می‌شود تخصیص می‌یابد. یعنی هر ایستگاه در بخشی از طیف عمل می‌کند، فاصله بین کانال‌ها برای جلوگیری از تداخل کافی است. این سیستم نمونه‌ای از تسهیم‌سازی تقسیم فرکانسی می‌باشد.

علاوه بر این هر ایستگاه دارای ۲ زیرکانال منطقی است:

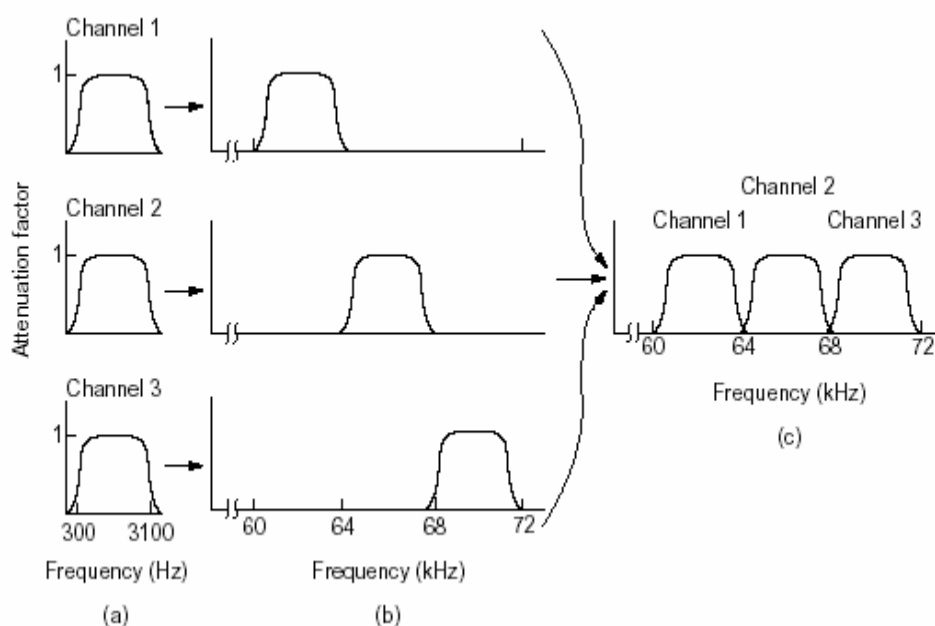
موسیقی و تبلیغات، این دو در زمانهای مختلف ولی در یک فرکانس پخش می‌شوند، به این صورت که ابتدا قطعه موسیقی، سپس تبلیغات و بعد موسیقی و سپس تبلیغات پخش می‌شود و این روند به همین ترتیب ادامه دارد. این وضعیت را نیز تسهیم‌سازی تقسیم زمانی می‌نامیم.

ابتدا تسهیم‌سازی تقسیم فرکانسی و بعد طرز استفاده **FDM** از فیبرهای نوری را بیان می‌کنیم، سپس **TDM** را شرح داده و دو نمونه از سیستم پیشرفته **TDM** یعنی حامل **T1** و **SONET** را بیان می‌داریم.

### تسهیم سازی تقسیم فرکانسی

شکل ۳-۱۶ چگونگی تسهیم سازی ۳ کانال تلفنی پایه صوتی را با استفاده از FDM نشان می‌دهد. فیلتر، پهنای باند مفید را به چیزی در حدود ۳۱۰۰ هرتز به ازای هر کانال پایه صوتی محدود می‌کنند.

وقتی چند کانال با هم تسهیم سازی می‌شوند، به هر کانال ۴۰۰۰ هرتز تخصیص می‌یابد تا به خوبی از هم جدا شوند. ابتدا فرکانس هر کدام از کانال‌های صوتی به میزان متفاوتی بالا برده می‌شود، سپس می‌توان آنها را ترکیب کرد، زیرا هیچ دوکانالی بخش یکسانی از طیف را اشغال نمی‌کنند. این نکته قابل توجه است که اگرچه بین کانال‌ها فاصله‌های (باندهای محافظ) وجود دارد، ولی به علت اینکه فیلترها لبه تیزی نداشته با کانال‌های مجاور قدری همپوشانی دارند. این همپوشانی به آن معناست که ولتاژی قوی در لبه یک کانال، در کانال به صورت اختلال گرمائی احساس می‌شود.



شکل ۳-۱۶ تسهیم سازی تقسیم فرکانسی (a) کانال‌های اولیه (b) افزایش فرکانس (c) کانال‌های تسهیم شده

لایه فیزیکی ۱۳۹

روشهای **FDM** که در دنیا بکار می‌روند باید استاندارد شوند. استاندارد می‌گسترش زیادی پیدا کرده و معمول شده عبارتست از ۱۲ کانال صوتی ۴۰۰۰ هرتزی که به ۶۰ تا ۱۸۰ هرتزی تسهیم‌سازی شده، این واحد گروه نامیده می‌شود. گاهی باند ۱۲ تا ۶۰ کیلوهرتزی، برای گروه دیگری بکار می‌رود.

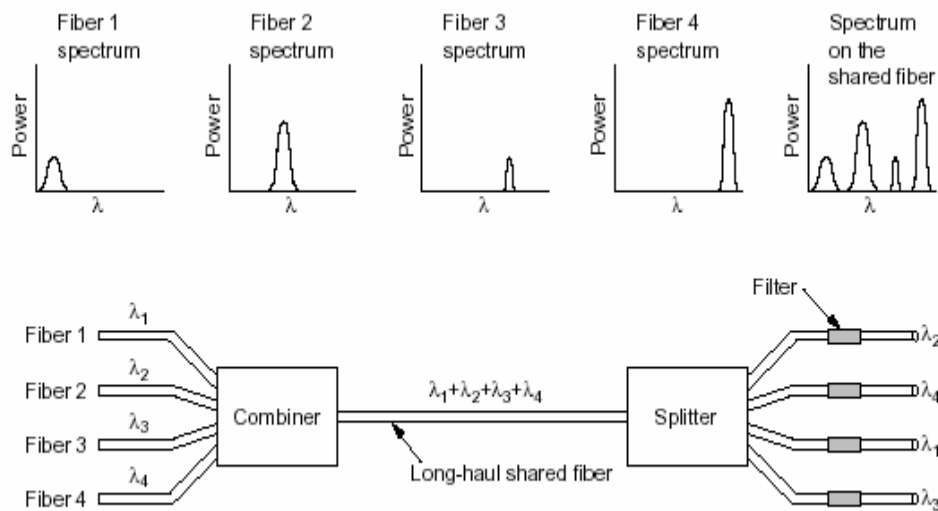
بسیاری از حاملها، خدمات خط استیجاری ۴۸ تا ۵۶ کیلو بیت در ثانیه را بر مبنای گروه، برای مشتریان پیشنهاد می‌کنند. ۵ گروه (۶۰ کانال صدا) می‌توانند به یک ابر گروه تسهیم‌سازی شود. واحد بعدی که از ۵ ابر گروه (استاندارد CCITT) یا ده ابرگروه (سیستم با) تشکیل شده است گروه اصلی نام دارد. البته استانداردهای دیگری وجود دارد که ۲۳۰۰۰۰ کانال صوتی را در بر می‌گیرند.

### تسهیم‌سازی تقسیم طول موج

برای کانال‌های فیبر نوری شکل دیگری از تسهیم‌سازی تقسیم فرکانسی بکار می‌رود که نامش **WDM** (تسهیم‌سازی تقسیم طول موج) می‌باشد.

اساس ساده‌ای از اجرای اف دی ام بر روی فیبرها در شکل ۳-۱۷ نشان داده شده است. در این شکل ۴ فیبر با هم به یک منشور و هر کدام با انرژی مخصوص به خود و طول موج مختلف وارد می‌شوند. این ۴ پرتو با هم ترکیب می‌شوند و تشکیل فیبر مشترکی را برای انتقال مقصدی دور می‌دهند. و در طرف دیگر مقصد از هم جدا شده به همان تعداد فیبری که در موقع ورود داشته‌اند، تبدیل می‌شوند.

در اینجا چیز جدیدی وجود ندارد، تا زمانی که هر کانال، بازده فرکانسی مخصوص به خود را دارد و تمام بازه‌ها از هم جدا هستند، می‌توانند بر روی فیبر راه دور با هم تسهیم شوند. تنها تفاوت با **FDM** الکتریکی این است که سیستم نوری که از دروازه انکسار استفاده می‌کند کاملاً غیر فعال است و به همین علت قابلیت اعتماد آن بالا است.



شکل ۳-۱۷ تسهیم‌سازی تقسیم طول موج

**WDM** در حدود سال ۱۹۹۰ بوجود آمد و اولین سیستم بازرگانی دارای ۸ کانال که در هر کانال ۲/۵ گیگا بیت در ثانیه بود معرفی شد. در سال ۱۹۹۸ سیستمهایی با ۴۰ کانال و در هر کانال ۲/۵ گیگا بیت در ثانیه، در سال ۲۰۰۱ سیستم با ۹۶ کانال بازاری هر **10 Gbps** و در مجموع ۹۶۰ گیگابیت در ثانیه بود. سیستمهایی با ۲۰۰ کانال آماده هستند که در آزمایشگاه‌ها به کار گرفته شوند. وقتی تعداد کانال‌ها خیلی زیاد باشد و طول موج فضای بسته بین آنها برای مثال چیزی در حدود ۰/۱ نانومتر باشد اغلب سیستمی پیشنهاد می‌شود که **DWDM** نام دارد.

باید توجه داشت که استفاده از **WDM** به این علت متداول و معمول است که پهنای انرژی موجود در یک فیبر فقط چند گیگا هرتز است، زیرا تبدیل بین رسانه‌های فیزیکی و نوری، سریعتر از آنچه که اکنون موجود است ممکن نیست. از آنجایی که پهنای یک باند فیبر چیزی در حدود ۲۵۰۰۰ گیگا هرتز می‌باشد، ظرفیت آن می‌تواند به ۲۵۰۰ کانال **10 GHz** برسد.

در مثال شکل ۳-۱۷ سیستمی با طول موج ثابت وجود دارد. بیتها از ورودی فیبر ۱ به خروجی فیبر ۳ می‌رود.

در این گونه وسایل می‌توان فیلترهای خروجی را با استفاده از تداخل سنجهای **fabry - perot** یا **mach-zehnder** تنظیم نمود.

### تسهیم سازی تقسیم زمانی

اگر چه هنوز **FDM** بروی سیمهای مسی یا کانال‌های مایکروویو بکار می‌رود اما نیازمند مدارهای آنالوگی است که توسط کامپیوتر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در مقابل **TDM** می‌تواند بوسیله الکترونیک دیجیتال کنترل شود به همین دلیل در این سالها گسترش زیادی پیدا کرد اما متأسفانه فقط برای داده‌های دیجیتال بکار می‌رود. از آنجا که حلقه‌های محلی سیگنال‌های آنالوگ تولید می‌کنند. لذا یک مبدل برای تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال در دفتر پایانی نیاز است. تمام حلقه‌های محلی به دفتر انتهایی می‌آیند تا در شاه‌سیمهای خروجی با هم ترکیب شوند.

اکنون ببینیم سیگنال‌های صوتی آنالوگ چگونه به دیجیتال تبدیل شده و در یک شاه‌سیم، دیجیتال خروجی با هم ترکیب می‌شوند. لازم به ذکر است داده‌هایی که از طریق کامپیوتر به مودم فرستاده می‌شوند همگی آنالوگ می‌باشند. این سیگنال‌ها در دفتر انتهایی توسط دستگاهی بنام کدک به دیجیتال تبدیل شده و یک سری اعداد ۸ بیتی تولید می‌کنند.

طبق نظریه نایکوئیست کدک در هر ثانیه ۸۰۰۰ نمونه ایجاد می‌کند، چون این مقدار برای جمع‌آوری اطلاعات حاصل از پهنای باند ۴ کیلو هرتزی کانال تلفن، کافی می‌باشد.

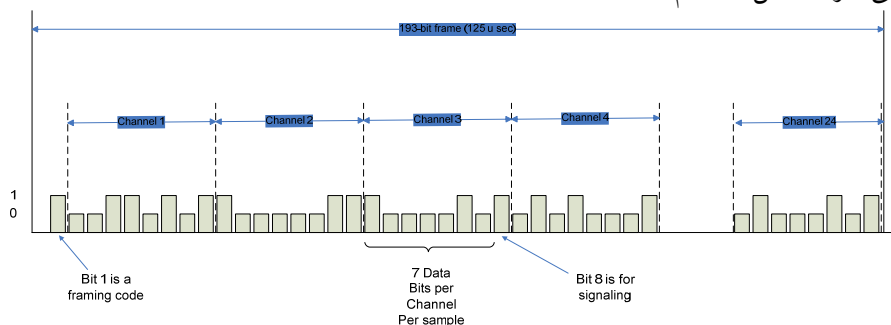
در نمونه‌سازی با سرعت پایین‌تر اطلاعات از بین خواهد رفت و در سرعت‌های بالاتر اطلاعات اضافی بدست نخواهد آمد. این تکنیک **PCM** نام دارد.

**PCM** قلب سیستمهای امروزی را تشکیل می‌دهد. به همین منظور تمام فواصل زمانی داخل سیستم تلفن، مضربهایی از ۱۲۵ میکروثانیه می‌باشد.

۱۴۲ شبکه‌های کامپیوتری

وقتی انتقال دیجیتال به عنوان تکنولوژی ممکن ظاهر شد، CCITT قادر نشد که بر سر استاندارد بین‌المللی برای PCM به توافق برسد. در نتیجه، الگوهای ناسازگار زیادی در حال حاضر در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

متدی در شکل ۱۸-۳ نشان داده شده که در ژاپن و آمریکای شمالی مورد استفاده قرار می‌گیرد حامل T1 نام دارد.



شکل ۱۸-۳ حامل T1

حامل T1 شامل ۲۴ کانال صوتی تسهیم‌سازی شده می‌باشد. معمولاً سیگنال‌های آنالوگ بطور نوبتی نمونه‌برداری می‌شوند بطوریکه جریان آنالوگ بوجود آمده بجای آنکه ۲۴ کدک مجزا داشته باشد به یک کدک داده می‌شود و خروجی دیجیتال را ترکیب می‌کند. هر یک از ۲۴ کانال به نوبه خود، ۸ بیت را در جریان خروجی قرار می‌دهد، هفت تا از این بیتها مربوط به داده‌ها و بیت هشتم بیت کنترلی است، در نتیجه به ازای هر کانال  $7 \times 8000 = 56000$  بیت در ثانیه از داده‌ها و  $1 \times 8000 = 8000$  بیت در ثانیه از اطلاعات مربوط به سیگنال‌دهی وجود دارد.

یک قاب که از  $24 \times 8 = 192$  بیت و یک بیت اضافی برای قاب‌بندی تشکیل شده است، باعث بوجود آمدن ۱۹۳ بیت در هر ۱۲۵ میکرو ثانیه می‌شود. به این ترتیب سرعت کلی داده، ۱۰۵۴۴ مگا بیت در ثانیه می‌باشد. بیت شماره ۱۹۳ برای همزمان‌سازی قاب بکار می‌رود که حاوی الگوی ۰۱۰۱۰۱۰۱ می‌باشد. معمولاً گیرنده این بیت کنترل می‌کند تا مطمئن شود که همزمانی را از دست نداده است. اگر از حالت همزمانی خارج شود، گیرنده می‌تواند قاب را برای این الگو پیمایش کند تا آنرا دوباره همزمان کند. مشتریان



لایه فیزیکی ۱۴۳

آنالوگ قادر به تولید این الگوی بیتی نیستند، زیرا این کار برابر با فیلتر کردن موج سینوسی در ۴۰۰۰ هرتز در خروجی می‌باشد که حذف خواهد شد.

البته مشتریان دیجیتال می‌توانند این الگو را تولید کنند، اما مشکل اینجاست که این الگو با تغییر فریم نیز می‌تواند ایجاد شود.

وقتی سیستم **T1** بطور کامل برای داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، فقط ۲۳ کانال بر روی داده‌ها بکار می‌رود و کانال ۲۴م برای الگوی همزمان‌سازی خاصی استفاده می‌شود تا کار ترمیم در واقعه‌ای که قابها دچار اشکال هستند سریعتر انجام شود.

سرانجام وقتی **CCITT** به توافق رسید، آنها متوجه شدند که ۸۰۰۰ بیت در ثانیه اطلاعات سیگنال دهی بسیار زیاد است لذا استاندارد ۱/۵۴۴ مگابیت در ثانیه آنها به جای داده‌های ۷ بیتی بر داده‌های ۸ بیتی استوار است، به این معناکه، سیگنال آنالوگ بجای آنکه به ۱۲۸ سطح مجزا کوانتیده شود به ۲۵۶ سطح کوانتیده می‌شود و به این ترتیب ۲ حالت (ناسازگار) بوجود می‌آید. در سیگنال دهی مشترک بیت اضافی (که در جلوی قاب ۱۹۳ بیتی متصل می‌شود)، در قابهای فرد، مقادیر ۱۰۱۰۱۰۱۰ را می‌گیرد و شامل اطلاعات سیگنال‌دهی برای تمامی کانال‌ها در هر قاب می‌باشد.

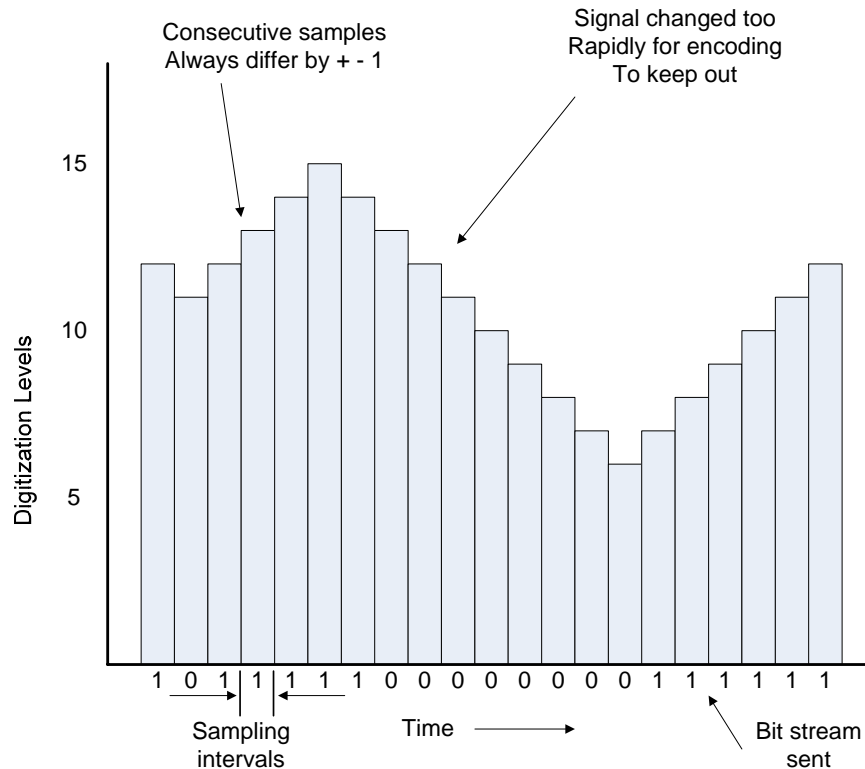
در حالت سیگنال‌دهی وابسته به کانال، هر کانال دارای زیر کانال سیگنال‌دهی مخصوص به خود است. زیرکانال اختصاصی بوسیله تخصیص بیت‌های یکی از ۸ کاربر در هر ۶ قاب بمنظور سیگنال دهی مرتب می‌شود. بنابراین از ۶ نمونه، ۵ تای آنها دارای پهنای ۸ بیت و یکی دیگر فقط دارای پهنای ۷ بیت می‌باشد. یکی دیگر از پیشنهادهای **CCITT** حامل **PCM** در ۲/۰۴۸ مگابیت در ثانیه است که **E1** نامیده می‌شود. این حامل دارای ۳۲ نمونه داده ۸ بیتی است که در قاب پایه ۱۲۵ میکرو ثانیه‌ای بسته می‌شود. ۳۰ کانال برای اطلاعات و ۲ کانال برای سیگنال‌دهی استفاده می‌شود.

هر گروه ۴ قاب ۶۴ بیتی سیگنال‌دهی را مهیا می‌کند، نیمی از آنها برای سیگنال‌دهی وابسته به کانال و نیمی دیگر برای همزمان‌سازی قابها بکار می‌رود و یا برای هر کشور

با توجه به نیازش عکس می‌شود. در خارج از آمریکای شمالی و ژاپن، از حامل E1 با ۲/۰۴۸ مگابیت در ثانیه بجای حامل T1 استفاده می‌شود.

از زمانی که سیگنال صدا به شکل دیجیتال در آمد، سعی بر این شد که با استفاده از تکنیکهای آماری از تعداد بیتهای مورد نیاز در هر کانال کاسته شود. این تکنیکها نه تنها برای کدگذاری صدا، بلکه برای دیجیتال کردن سیگنال آنالوگ نیز مفید است. تمام روشهای فشرده‌سازی بر این اصل استوار است که تغییرات سیگنال، به نسبت نمونه‌سازی فرکانسی نسبتاً کند است، بطوریکه اغلب اطلاعات در سطح دیجیتال ۷ یا ۸ بیتی، اضافه است.

در روشی که مدولاسیون کد پالس اضافی نامیده می‌شود نه تنها دامنه دیجیتال شد، بلکه اختلاف بین مقدار فعلی و مقدار قبلی نیز در خروجی قرار داده می‌شود. از آنجائیکه پرش‌های  $\pm 16$  یا بیشتر در مقیاس ۱۲۸ بعید می‌باشد ۵ بیت به جای ۷ بیت کافی خواهد بود. اگر سیگنال گاهی بطور کنترل نشده پرش کند ممکن است منطق رمزگذاری به چندین دوره تناوب نمونه‌برداری نیاز داشته باشند. برای صدا خطا قابل چشم پوشی است در حالت دیگری از روش فشرده‌سازی لازم است هر مقدار نمونه‌برداری شده، به اندازه +۱ یا -۱ با مقدار قبلی خود اختلاف داشته باشد.



شکل ۳-۱۹ مدولاسیون دلتا

تحت این شرایط است که یک بیت سیگنال می‌تواند انتقال داده شود. بطوریکه نمونه جدید بالا یا پایین نمونه قبلی قرار دارد، این تکنیک مدولاسیون دلتا نامیده می‌شود. همانطوریکه در شکل نشان داده شده است تمام تکنیکهای فشرده‌سازی که در آنها تغییرات کوچکی بین نمونه‌های پیاپی در نظر گرفته می‌شود، اگر تغییرات سیگنال خیلی سریع باشد رمزگذاری دلتا دچار مشکل می‌شود و وقتی این اتفاق افتاد، اطلاعات از بین می‌رود.

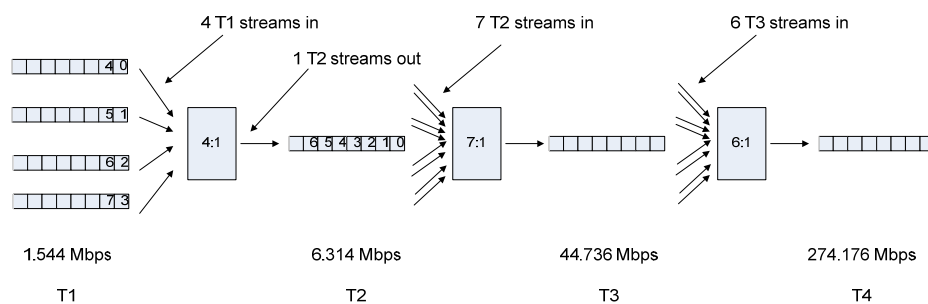
یک راه بهبود **PCM** تفاضلی، تخمین چند مقدار قبلی برای پیش‌بینی مقدار بعدی و سپس رمزگذاری اختلاف بین سیگنال واقعی و سیگنال پیش‌بینی شده است. البته لازم به ذکر است که گیرنده و فرستنده باید از همان الگوریتم پیشگویی استفاده کنند. این قبیل روشها رمزگذاری پیشگو نامیده می‌شود.

آنها به این علت مفید هستند که اندازه اعدادی را که باید به رمز تبدیل شوند را کاهش داده، در نتیجه تعداد بیت‌های ارسالی نیز کم می‌شود.

تسهیم‌سازی تقسیم زمانی، اجازه می‌دهد چند حامل **T1** به حاملهایی با درجه بالاتر تسهیم‌ساز می‌شوند.

شکل ۳-۲۰ چگونگی انجام این عمل را نشان می‌دهد، به این ترتیب که در سمت چپ چهار کانال **T1** به یک کانال **T2** تسهیم‌سازی می‌شود. تسهیم‌سازی در **T2** و بالای آن به جای بایت به بایت، بیت به بیت صورت می‌گیرد.

توسط ۲۴ کانال صدا که حامل یک قاب **T1** را ایجاد می‌کند، ۴ رشته **T1** در ۱/۵۴۴ مگابیت در ثانیه باید ۶/۱۷۶ مگابیت در ثانیه را تولید کند ولی حامل **T2** بطور واقعی ۶/۳۱۲ مگابیت در ثانیه می‌باشد.



شکل ۳-۲۰ تسهیم‌سازی مضاعف **T1**

موقعی که حامل از کار می‌افتد بیت‌های اضافی برای قاب‌بندی و ترمیم استفاده می‌شوند. حامل‌های **T1** و **T3** بطور گسترده‌ای بوسیله مشتریان مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ در حالیکه حامل‌های **T2** و **T4** فقط توسط خود سیستم تلفن مورد استفاده واقع می‌شود. به همین دلیل است که آنها به خوبی شناخته نشده‌اند.

در سطح بعدی ۷ رشته **T2** بطور بیتی با هم ترکیب می‌شوند و رشته **T3** را تشکیل می‌دهند. آنگاه ۶ رشته **T3** بهم ملحق شده و رشته **T4** را بوجود می‌آورند. در هر مرحله سربار کمی جهت قاب‌بندی و ترمیم اضافه می‌شود که هنگام همگام‌سازی بین فرستنده و گیرنده از بین می‌رود.

لایه فیزیکی ۱۴۷

درمورد حامل اساسی توافق ناچیزی بین ایالات متحده و سایر کشورها وجود دارد، و همین مقدار توافق بر سر چگونگی سیستم سازی آن در حاملهایی با پهنای باند بیشتر، وجود دارد.

طرح آمریکایی پیشروی بوسیله ۴ و ۷ نمی تواند بعنوان روشی مورد قبول دیگران واقع شود، بنابراین استاندارد CCITT باید برای تسهیم سازی ۴ رشته به یک رشته در هر سطح مورد استفاده قرار گیرد و نیز قاب بندی و ترمیم داده بین استانداردهای آمریکایی و CCITT متفاوت است به این ترتیب که سلسله مراتب CCITT برای کانال های ۳۲ و ۱۲۸ و ۵۱۲ و ۲۰۴۸ و ۸۱۹۲ در سرعت های ۲/۰۴۸ و ۸/۸۴۸ و ۳۴/۳۰۴ و ۱۳۹/۲۶۴ و ۵۶۵/۱۴۸ مگابیت در ثانیه اجرا می شود.

#### SONET/SDH

در روزهای نخست بوجود آمدن فیبرهای نوری، هر شرکت تلفن دارای سیستم TDM نوری مخصوص به خود بود. پس از آنکه AT&T در سال ۱۹۸۴ تجزیه شد، شرکتهای تلفن محلی بایستی به چند حامل راه دور متصل می شدند که هر کدام دارای سیستم TDM نوری مختلفی بودند.

لذا نیاز به استاندارد سازی احساس شد. در سال ۱۹۸۵ بالکور بازوی تحقیقاتی RBOC ها بر روی استانداردهای به نام سونت (شبکه نوری همزمان) کار کرد.

پس از آن CCITT نیز به آن پیوست که منجر به استاندارد سونت و مجموعه ای از پیشنهاد های موازی CCITT (G.707 و G.708 و G.709) در سال ۱۹۸۹ شد.

پیشنهادهای CCITT که SDH (سلسله مراتب دیجیتال همزمان) نامیده می شد تفاوت اندکی با سونت داشت. بطور مجازی تمام رفت و آمدهای تلفنی راه دور در ایالات متحده و بسیاری از این رفت و آمدهای تلفنی در کشورهای دیگر شاه سیمهایی را که از سونت در لایه فیزیکی استفاده می کنند بکار می برند. برای اطلاعات بیشتر درباره سونت نگاه کنید (Blamy 2000, Shepard 2000, Goralsk 2000)

طراحی سونت دارای چهار هدف اصلی بود. اولین و مهمترین هدف این بود که سونت می‌بایست همکاری حاملهای مختلف را فراهم کند. دسترسی به این هدف نیازمند تعریف استاندارد سیگنال‌دهی عمومی با در نظر گرفتن طول موج، زمان‌بندی، ساختار قاب‌بندی و اصول دیگر بود.

هدف دوم، فراهم کردن وسایلی بود که برای سازگاری سیستمهای دیجیتالی آمریکایی، ژاپنی و اروپایی لازم بود. همه آنها مبتنی بر کانال‌های **PCM, 64kbps** بودند اما همه آنها به روشهای مختلف و البته ناسازگاری بهم وصل شده بودند.

هدف سوم این بود که سونت می‌بایست روشی را برای تسهیم‌سازی چند کانال دیجیتال به یکدیگر ارائه کند.

زمانی که سونت اختراع شد، سریعترین حامل دیجیتالی که بطور گسترده در ایالات متحده استفاده می‌شد، **T3** با سرعت  $44/736 \text{ Mbps}$  بود. **T4** تعریف شد، اما کاربرد زیادی نداشت و هیچ چیز دیگری که سرعتش بیش از **T4** باشد تعریف نشد.

بخشی از ماموریت سونت، ادامه سلسله مراتب به گیگا بیتها در ثانیه و بالاتر بود. به روش استاندارد نیاز بود که کانال‌های کندتر را به کانال سونت تسهیم‌سازی کند.

هدف چهارم، این بود که سونت می‌بایست اعمال مدیریت و نگهداری (**OAM**) را پشتیبانی کند. سیستمهای قبلی این کار را به خوبی انجام نمی‌دادند.

تصمیم اولیه این بود که سونت یک سیستم **TDM** ساده باشد، بطوریکه تمام پهنای باند فیبر یک کانال واحد را تشکیل بدهد، که هر زیر کانال برای کسری از ثانیه از کانال استفاده کند. به همین دلیل سونت سیستمی همزمان است. سونت توسط ساعت اصلی با دقتی در حدود ۱ قسمت در  $10^9$  کنترل می‌شود. بیتهای روی خط سونت در فاصله‌های زمانی دقیقی ارسال می‌شوند که تحت کنترل ساعت اصلی قرار دارد.

قاب اصلی سونت بلوک ۸۱۰ بیتی است که در هر ۱۲۵ میکروثانیه ایجاد می‌شود. چون سونت، همزمان است چه داده‌های مفید وجود داشته باشند و چه نداشته باشند قابها

گسیل می‌شوند. ۸۰۰۰ قاب در ثانیه دقیقاً با سرعت نمونه‌برداری کانال‌های PCM که در تمام سیستمهای تلفن دیجیتال استفاده می‌شود رقابت می‌کند.

قابهای ۸۱۰ بیتی سونت بصورت مستطیلی از بایت‌ها تشریح می‌شوند که پهنای ستونها برابر با ۹۰ بایت و ارتفاع سطرها برابر با ۹ بایت است.

لذا  $8 \times 810 = 6480$  بیت با سرعت داده‌ای  $51/84 \text{ Mbps}$  ۸۰۰۰ بار در ثانیه منتقل می‌شوند. این کانال اصلی سونت است و STS-1 (سیگنال ۱- انتقال همزمان) نام دارد. تمام شاه‌سیمهای سونت مضربی از STS-1 هستند.

سه ستون اول هر قاب برای اطلاعات مدیریت سیستم رزرو می‌شود. سه سطر اول حاوی سربار بخش است، شش سطر بعدی حاوی سربار خط است، سربار بخش در ابتدا و انتهای هر بخش تولید و کنترل می‌شود در حالیکه سه بار خط در ابتدا و انتهای هر خط تولید و کنترل می‌شود.

یک فرستنده سونت قابهای ۸۱۰ بیتی را بدون شکافهای بین آنها و در حالیکه داده‌ای در آنها نیست بصورت پشت به پشت ارسال می‌کند. از دیدگاه گیرنده، همه‌اینها بصورت جریان بیتی دنباله‌داری به نظر می‌رسند پس چگونه متوجه می‌شود که هر قاب از کجا آغاز شده است؟

پاسخ این است که اولین دو بایت هر قاب حاوی الگوی ثابتی است که گیرنده به دنبال آن می‌گردد. اگر این الگو را در مکان مشخصی در تعداد زیادی از قابهای متوالی پیدا کند، به نظر می‌رسد که با فرستنده هماهنگ است. از لحاظ نظری، یک کاربر می‌تواند به طریقه منظمی این الگو را در ظرفیت جا دهد اما بدلیل سیستم‌سازی چند کاربر در یک قاب و دلایل دیگر این کار انجام نخواهد شد.

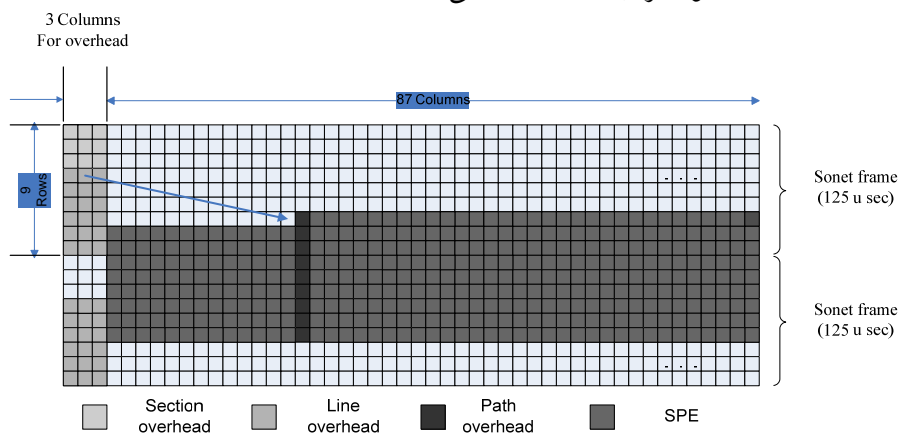
۸۷ ستون باقیمانده،  $50/112 = 87 \times 9 \times 8 \times 8000 \text{ Mbps}$  از داده کاربر را نگه می‌دارند. داده کاربر که SPE (پوشش ظرفیت همزمان) نام دارد و همواره از سطر ۱ ستون ۴ شروع نمی‌شوند.

SPE می‌تواند از هر جایی در قاب شروع شود. اشاره‌گر به اولین بایت، در اولین سطر از سربار خط قرار دارد. اولین ستون SPE، سربار مسیر (سرآیندی برای قرارداد زیر لایه مسیر انتها به انتها) می‌باشد.

توانایی شروع SPE در هر جایی از قاب سونت و حتی قابهای گسترده دوم همانگونه که در شکل ۳-۲۱ نشان داده شده است قابلیت انعطاف بیشتری به سیستم می‌دهد.

بعنوان مثال اگر هنگام ایجاد قاب سونت ساختگی باری برسد می‌تواند در قاب فعلی درج شود و نیازی به منتظر ماندن برای قرار گرفتن در ابتدای قاب بعدی نیست.

سلسله مراتب تسهیم‌سازی سونت در شکل ۳-۲۲ نشان داده شده است. سرعتها از STS-1 تا STS-2 تعریف شده‌اند. حامل نوری متناظر با STS-N، OC-N نام دارد. نامهای SDH متفاوت است و از OC-3 شروع می‌شود زیرا سیستمهای مبتنی بر CCITT سرعتی نزدیک به 51/84 Mbps ندارند. حامل OC-9 وجود دارد زیرا با سرعت بالایی که در شاه‌سیمهای مورد استفاده در ژاپن رقابت می‌کنند. OC-18 و OC-36 در ژاپن بکار گرفته می‌شوند. سرعت خام داده‌ها حاوی تمام سربارها می‌باشد. سرعت داده‌ای SPE سرآیند بخش و خط را حذف می‌کند. سرعت داده‌ای کاربر تمام سرآیند را حذف می‌کند و فقط ۸۶ ستون برای بار محاسبه می‌کند.



شکل ۳-۲۱ دو فریم سونت

SONET	SDH	Data rate (Mbps)
-------	-----	------------------



Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	USER
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912

شکل ۳-۲۲ سلسله مراتب تسهیم سازی سونت

از دیگر سو، وقتی حاملی مانند OC-3 سیستم سازی نشده باشد اما فقط داده ها را از یک منبع یگانه حمل کند حرف "c" برای الحاق شدن به نامگذاری اضافه می شود، لذا OC-3 حامل 155/52 Mbps را نشان می دهد که متشکل از سه حامل OC-1 مستقل است. اما OC-3 جریان داده ای را از منبع یگانه 155/52Mbps نشان می دهد سه جریان OC-1 در داخل یک جریان OC-3C توسط ستونها از هم جدا شده اند. ابتدا ستون ۱ از جریان ۱ و سپس ستون ۱ از جریان ۲، سپس ستون ۱ از جریان ۳، بعد از آن ستون ۲ از جریان ۱ و غیره که منجر به قابی با ۲۷۰ ستون و ۹ سطر عمق می شود.

### ۳-۵-۵ راه گزینی SWITCHING

از نقطه نظر تعدادی از مهندسين تلفن، سیستم تلفن به دو بخش اصلی تقسیم می شود: بخش خارجی (حلقه های محلی و شاه سیمها)، زیرا اینها خارج از دفاتر راه گزینی قرار دارند.

بخش داخلی (راه‌گزینها) اینها در داخل دفاتر راه‌گزینی هستند، ما فقط به بخش خارجی نظر داریم اما اکنون زمان بررسی بخش داخلی است.

امروزه دو تکنیک راه‌گزینی متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرد: راه‌گزینی مداری و راه‌گزینی بسته‌ای.

هر یک از آنها را بطور مختصر بررسی می‌کنیم. سپس جزئیات راه‌گزینی مداری را تشریح می‌کنیم زیرا چگونگی عملکرد فعلی سیستم تلفن را مشخص می‌کند. سپس به بحث در مورد راه‌گزینی بسته‌ای خواهیم پرداخت.

### راه‌گزینی مداری

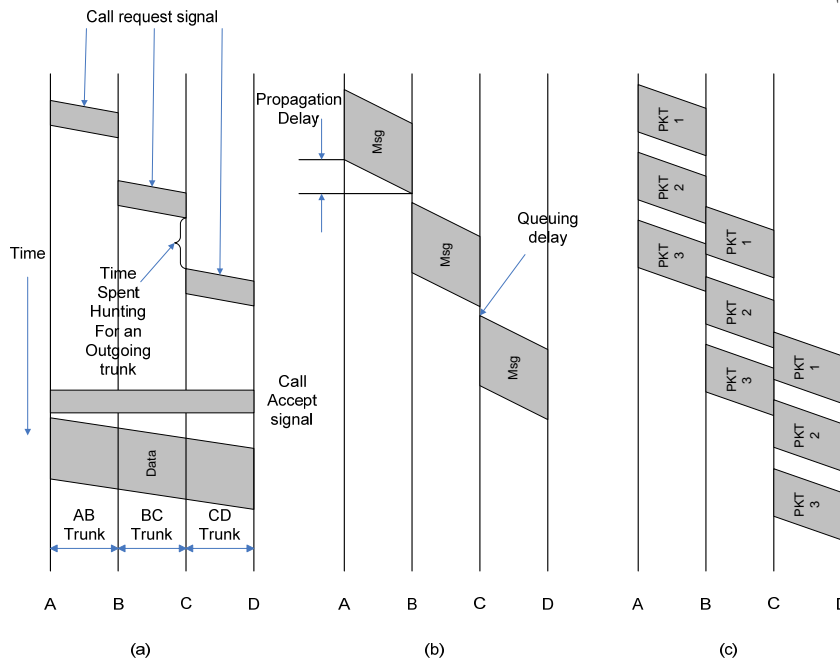
هنگامیکه شما یا کامپیوترتان تماس برقرار می‌کند، تجهیزات راه‌گزینی درون سیستم تلفن، مسیر فیزیکی بین تلفن شما و تلفن گیرنده را جستجو می‌کند. این تکنیک راه‌گزینی مداری نام دارد. هر یک از شش مستطیل نشان‌دهنده دفتر راه‌گزینی حامل (دفتر انتهایی، دفتر بین شهری،...) در این مثال، هر دفتر دارای سه خط ورودی و سه خط خروجی است. وقتی تماسی از طریق دفتر راه‌گزینی برقرار می‌شود بین خط ورودی و یکی از خطوط خروجی اتصال فیزیکی برقرار می‌شود.

ایده اساسی در این نوع راه‌گزینی این است: پس از برقراری تماس، مسیری بین دو انتها بوجود می‌آید و تا پایان تماس وجود خواهد داشت.

روش دیگر در کنار راه‌گزینی مداری، راه‌گزینی بسته‌ای می‌باشد. در این تکنولوژی بسته‌های مخصوصی که مورد نیاز است بدون اینکه مسیر خاصی برای آنها در نظر گرفته شود فرستاده می‌شوند. این کار بر عهده هر بسته است که راه مخصوص به خود را برای رسیدن به مقصد پیدا کند.

ویژگی مهم راه‌گزینی مداری، نیاز به ایجاد یک مسیر انتها به انتها قبل از اینکه داده‌ای بتواند ارسال شود می‌باشد.

پس از شماره‌گیری ممکن است ۱۰ ثانیه طول بکشد تا زنگ به صدا درآید. در تماس‌های راه دور و بین کشوری ممکن است این زمان بیشتر باشد. در این فاصله زمانی، سیستم تلفن در حال جستجوی مسیر (فیزیکی) مناسب است.



شکل ۳-۲۳ (a) راه‌گزینی مداری (b) راه‌گزینی پیام (c) راه‌گزینی بسته‌ای

در نظر داشته باشید که قبل از شروع انتقال داده‌ها و سیگنال، درخواست تماس باید به مقصد برسد و دریافت آن تأیید شود. برای بسیاری از کاربردهای کامپیوتری (مانند رسیدگی اعتبار در محل فروش) زمانهای برپایی طولانی مناسب نیست. بعد از اتمام راه‌اندازی با توجه به مسیرهای رزرو شده بین گروههای در حال تماس، می‌توان نتیجه گرفت تأخیر داده‌ها تنها زمان انتشار الکترومغناطیسی است که به ازای هر ۱۰۰۰ کیلومتر، ۶ میلی‌ثانیه است. همچنین بعنوان نتیجه‌ای از مسیر ایجاد شده، خطر ازدحام وجود ندارد. یعنی هنگامیکه تماس برقرار شد هیچگونه سیگنال مشغولی وجود نخواهد داشت. هر چند ممکن است پیش از برقراری اتصال، به خاطر عدم وجود راه‌گزینی داخلی یا ظرفیت شاه‌سیم، یک سیگنال مشغول دریافت کنید.

### راه‌گزینی پیام

استراتژی راه‌گزینی دیگر راه‌گزینی پیام است. وقتی این نوع راه‌گزینی مورد استفاده قرار می‌گیرد از قبل هیچ مسیر فیزیکی بین فرستنده و گیرنده برقرار نمی‌شود. در عوض وقتی فرستنده بلوکی از داده‌ها را منتقل می‌کند در اولین دفتر راه‌گزینی ذخیره می‌شود و سپس ارسال می‌گردد. هر بلوک بطور کامل دریافت می‌شود، از نظر خطا کنترل می‌شود و سپس انتقال می‌یابد. شبکه‌ای که از این تکنیک استفاده می‌کند شبکه ذخیره و ارسال نام دارد.

اولین سیستم‌های ارتباطی دوربرد الکترومکانیکی از راه‌گزینی پیام یعنی تلگرام استفاده کرد. پیام، در دفتر فرستنده بر روی نوار کاغذی غیرمتصل پانچ شده و سپس خوانده شده و به داخل خط ارتباطی متصل به دفتر بعدی منتقل می‌شد و در آنجا بر روی نوار کاغذ پانچ می‌شد. در این دفتر اپراتور کاغذ را پاره می‌کرد و آن را در یک دستگاه نوارخوان قرار می‌داد. این نوع دفتر راه‌گزینی را دفتر نوار منقطع نام نهاده بودند.

### راه‌گزینی بسته‌ای

در راه‌گزینی پیام محدودیتی در طول بلوک نیست یعنی مسیریابی برای ذخیره بلوکهای طولانی بایستی دارای دیسک باشند یعنی بلوک ممکن است خط مسیریاب به مسیریاب را برای چند دقیقه مسدود کند و موجب شود راه‌گزینی پیام برای ترافیک محاوره‌ای بی‌فایده باشد. برای رفع این مشکلات راه‌گزینی بسته‌ای کشف شد.

شبکه‌های راه‌گزینی بسته‌ای محدودیتی برای طول بلوک منظور می‌کند و موجب می‌شوند بسته‌ها بجای دیسک بروی حافظه اصلی مسیریاب ذخیره شوند. با مطمئن شدن از اینکه هیچ کاربری نمی‌تواند هر خط انتقال را برای مدت طولانی (چند میلی ثانیه) در انحصار خود داشته باشد، شبکه‌های راه‌گزینی بسته‌ای برای پردازش ترافیک محاوره‌ای مفید است.

اولین بسته از یک پیام چند بسته‌ای قبل از اینکه دومین بسته برسد به طرف جلو منتقل می‌شود. تأخیر را کم می‌کند و خروجی را بهبود می‌بخشد. به همین دلایل شبکه‌های کامپیوتری معمولاً راه‌گزینی بسته‌ای هستند و گاهی نیز راه‌گزینی مداری‌اند ولی راه‌گزینی پیام نیستند.

راه‌گزینی بسته‌ای و مداری از بسیاری جهات با هم متفاوتند. اختلاف کلیدی این است که در راه‌گزینی مداری قبل از آغاز محاوره بایستی یک مدار انتها به انتها بر پا شود در حالیکه راه‌گزینی بسته‌ای نیازی به برپایی خاص ندارد و اولین بسته در اولین فرصت ممکن فرستاده می‌شود.

نتیجه برپایی اتصال در راه‌گزینی مداری رزرو کردن همه پهنای باند از فرستنده به گیرنده است. همه بسته‌ها از یک مسیر پیروی می‌کنند. پیروی همه بسته‌ها از یک مسیر به این معنی است که آنها نمی‌توانند خارج از سفارش برسند. در راه‌گزینی بسته‌ای مسیری وجود ندارد و بسته‌های مختلف می‌توانند از مسیرهای متفاوتی بر حسب شرایط شبکه در زمان ارسال، پیروی کنند. آنها ممکن است خارج از سفارش برسند. برپایی یک مسیر همچنین امکان رزرو کردن پهنای باند را پیش از موعد مقرر فراهم می‌کند. اگر پهنای باند رزرو شود، وقتی بسته‌ای می‌رسد می‌تواند فوراً از پهنای باند رزرو شده فرستاده شود. با راه‌گزینی بسته‌ای، پهنای باند رزرو نمی‌شود و بسته‌ها ممکن است برای ارسال منتظر بمانند.

داشتن پهنای باند رزرو شده به این معنی است که وقتی بسته‌ای حاضر باشد انسدادی رخ نخواهد داد. وقتی تلاشی برای بدست آوردن مدار صورت می‌گیرد این تلاش ممکن است منجر به انسداد گردد. انسداد در زمانهای متفاوتی ممکن است رخ دهد در راه‌گزینی مداری (در زمان برپایی) و راه‌گزینی بسته‌ای (وقتی بسته‌ها فرستاده می‌شوند).

اگر مداری برای کاربر خاصی رزرو شود ورفت و آمد فرستنده وجود نداشته باشد پهنای باند مدار هدر رفته است. این پهنای باند نمی‌تواند برای عبور و مرورهای دیگر مورد استفاده قرار گیرد. راه‌گزینی بسته‌ای پهنای باند را هدر نمی‌دهد و از دیدگاه سیستم بسیار مفید می‌باشد. درک کردن این عدم توازن، برای درک تفاوت‌های بین راه‌گزینی مداری و بسته‌ای بسیار حیاتی می‌باشد.

راه‌گزینی بسته‌ای از انتقال ذخیره و ارسال استفاده می‌کند. یک بسته در حافظه مسیریاب انباشته شده و سپس بسوی مسیریاب بعدی فرستاده می‌شود. با راه‌گزینی

مداری، بیتها بطور دنباله‌داری مسیر سیم را دنبال می‌کنند. تکنیک ذخیره و ارسال تاخیر را اضافه می‌کند. اختلاف دیگر این است که راه‌گزینی مداری کاملاً واضح است. فرستنده و گیرنده می‌توانند از هر سرعت بیتی، قالب یا روش قاب‌بندی استفاده کنند. حامل نمی‌داند یا نمی‌خواهد این کار را انجام دهد. در راه‌گزینی بسته‌ای، حامل پارامترهای اصلی را تعیین می‌کند. اختلاف نهایی بین راه‌گزینی مداری و بسته‌ایی الگوریتم هزینه‌هاست. در راه‌گزینی مداری، بطور تاریخی هزینه بر اساس فاصله و زمان است. در تلفنهای متحرک، فاصله بجز مکالمات بین‌المللی عموماً نقشی را بازی نمی‌کند و نقش اصلی بر عهده زمان است. در راه‌گزینی بسته‌ای، زمان اتصال موضوع مهمی نیست اما ترافیک شبکه دارای اهمیت می‌باشد. برای کاربران خانگی و ISPها معمولاً هزینه‌ها را بصورت ماهانه محاسبه می‌کنند زیرا کار کمتری برای آنها می‌برد و برای مشتریان نیز فهم آن ساده تر است.

سوئیچینگ بسته‌ای	سوئیچینگ مداری	آیتم
لازم ندارد	لازم دارد	برقرای تماس
خیر	بله	مسیر فیزیکی اختصاصی
خیر	بله	تمام بسته‌ها از یک مسیر عبور می‌کنند
خیر	بله	بسته‌ها به ترتیب دریافت می‌شوند
خیر	بله	خرابی سوئیچ مرگ‌آور است
متغیر	ثابت	پهنای باند موجود
در هر بسته	در لحظه شروع	زمان ازدحام احتمالی
خیر	بله	پهنای باند تلف شده
بله	خیر	ذخیره - هدایت
خیر	بله	شفافیت
به ازای هر بسته	در دقیقه	هزینه

### شکل ۳-۲۴ مقایسه راه‌گزینی مداری و بسته‌ای

اما حامل‌های اصلی (ستون فقرات) هزینه‌های شبکه‌های بزرگ را بر اساس میزان ترافیک شبکه محاسبه می‌کنند.

### ۳-۵-۶ مختصری درباره شبکه تلفن همراه

شکل یافته سیستم تلفن که ارتباطات را در هر نقطه‌ای فارغ از کابل‌کشیهای سیستم تلفن عمومی میسر می‌سازد شبکه تلفن همراه است. در این قسمت به بررسی این شبکه می‌پردازیم.

تلفن‌های غیر ثابت به دو رده تقسیم می‌شوند: تلفن‌های بی‌سیم و تلفن همراه که به آن تلفن سلولی هم گفته می‌شود. تلفن بی‌سیم کاربرد شبکه‌ای نداشته و ما نیز به آن نخواهیم پرداخت و فقط مختصری با شبکه تلفن همراه آشنا می‌شویم.

تلفن‌های همراه در مسیر تکامل خود سه نسل را به خود دیده‌اند:

#### صدای آنالوگ

#### صدای دیجیتال

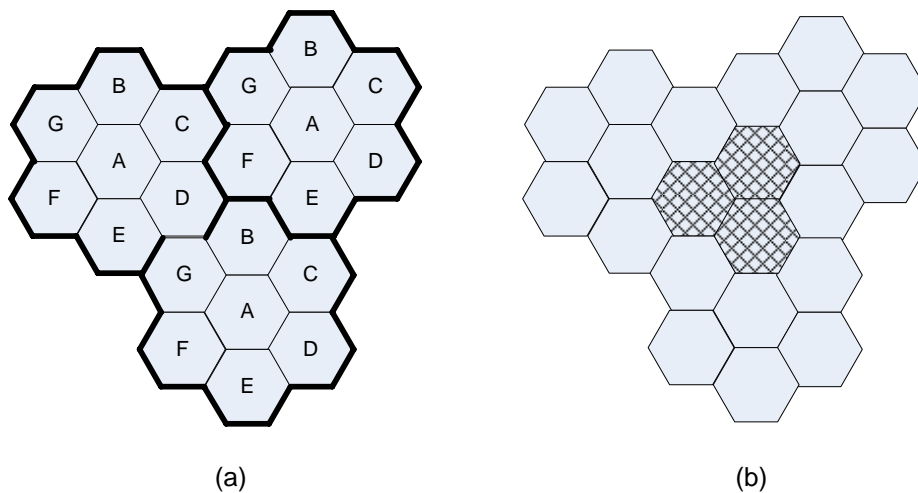
#### صدای دیجیتال و داده

اولین شبکه تلفن همراه در ایالات متحده و توسط شرکت AT&T ساخته شد. که در نتیجه در تمام کشور یک سیستم یکپارچه تلفن همراه آنالوگ بوجود آمد. اما در اروپا به دلیل اینکه هر کشوری شبکه خاص خود را داشت این کار با مشکلات فراوان همراه بود. اما با ظهور تلفن همراه دیجیتال اروپاییها بر سر یک استاندارد واحد به نام GSM به توافق رسیدند اما در ایالات متحده به دلیل عدم دخالت دولت در تدوین استاندارد سیستمهای مختلف بوجود آمد که هیچیک با دیگری سازگار نیست.

اما دلایل دیگری هم در توفیق تلفن همراه در اروپا نسبت به آمریکا دخیل است. یکی از این دلایل آن است که در آمریکا شماره‌های تلفن همراه دارای کد خاصی نبوده و مانند تلفنهای ثابت می‌باشند. همچنین در اروپا وجود تلفنهای همراه از پیش پرداخت شده باعث رونق این تکنولوژی در این قاره شده است.

اکنون اجازه دهید با ساختار شبکه‌های تلفن همراه مختصری آشنا شویم.

در تمام سیستمهای تلفن همراه، یک منطقه جغرافیایی به تعدادی سلول تقسیم می‌شود. هر سلول ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر قطر دارد. هر سلول دارای تعدادی فرکانس است که با فرکانس سلولهای همسایه متفاوت است. وقتی در یک منطقه تعداد کاربران افزایش می‌یابد هر سلول به تعدادی سلول کوچکتر تقسیم می‌شود تا از فرکانسها به دفعات بیشتری استفاده کرد.



شکل ۳-۲۵ (a) فرکانسهای سلولهای مجاور یکسان متفاوتند (b) برای افزایش تعداد کاربران می‌توان سلولها را کوچکتر کرد.

هر تلفن همراه در هر لحظه در یک سلول قرار دارد. وقتی این تلفن از سلولی که در آن قرار دارد خارج می‌شود ایستگاه مرکزی متوجه ضعیف شدن سیگنال آن شده و از سلولهای مجاور میزان توان سیگنال دریافتی این تلفن را می‌پرسد و کنترل این تلفن را تحویل سلولی که بیشترین توان را اطلاع داده می‌دهد. همچنین به تلفن همراه نیز گفته



می‌شود تا فرکانس خود را با سلول جدید هماهنگ کند. این فرآیند که حدود ۳۰۰ میلی‌ثانیه طول می‌کشد به پاس‌کاری معروف است.

پاس‌کاری به دو روش انجام می‌شود: در پاس‌کاری نرم تلفن همراه قبل از اینکه با ایستگاه قدیم قطع ارتباط کند به ایستگاه جدید متصل می‌شود که در این روش ارتباط کاربر بهیچوجه قطع نمی‌گردد. تلفنهای نسل اول و دوم فاقد این تکنولوژی هستند چون نمی‌توانند در آن واحد خود را روی دو فرکانس مختلف دو سلول مجاور تنظیم کنند.

اما در پاس‌کاری سخت اتصال با ایستگاه جدید قبل از قطع اتصال با ایستگاه قدیم میسر نیست و اگر ایستگاه جدید به هر دلیلی نتواند تلفن همراه را تحویل بگیرد ارتباط کاربر قطع خواهد شد. این روش مخصوص تلفنهای نسل اول و دوم است.

### سؤالات تشریحی فصل سوم:

- ۱- معادلات شانون و نایکوئیست را در مورد نرخ داده در کانال بیان کرده و روابط ریاضی آن را ذکر کنید.
- ۲- رسانه‌های انتقال به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام برده و برای هر یک مثالی ذکر کنید.
- ۳- کابل‌های CAT 3 و CAT 5 را معرفی کرده و با هم مقایسه کنید.
- ۴- چند رسانه انتقال هدایت شده نام برده و مختصراً توضیح دهید.
- ۵- ۲ نوع کابل کواکسیال را که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد را نام برده و ساختار این نوع کابل را تشریح کنید.
- ۶- سیستم انتقال نور در فیبرهای نوری چند مؤلفه اصلی دارد؟
- ۷- فیبرهای تک حالت و چند حالتی را معرفی کنید.
- ۸- آداپتورهای رابط شبکه را از لحاظ کارایی، نحوه عملکرد و چگونگی اتصال با کامپیوترها و رسانه‌های انتقال معرفی کنید.
- ۹- هاب چیست؟ چند نمونه از آن را نام ببرید.
- ۱۰- چند رسانه انتقال بی‌سیم معرفی کرده و مختصراً توضیح دهید.
- ۱۱- امواج رادیویی در باندهای VLF, MF, LF چگونه رفتار می‌کنند؟
- ۱۲- مفهوم محوسازی چند مسیر در مخابرات میکروویو را توضیح دهید.
- ۱۳- ماهواره‌های GEO, LEO, MEO را معرفی کنید.

- ۱۴- ساختار اصلی سیستم تلفن شامل چه بخشهایی است؟
- ۱۵- مفاهیم تضعیف، اعوجاج تاخیری و اختلال را در خطوط انتقال شرح دهید.
- ۱۶- با ترسیم شکل مدولاسیون دامنه، فاز و فرکانس را تشریح کنید.
- ۱۷- مودو چیست؟ مفهوم پهنای باند را تشریح کنید.
- ۱۸- خطوط اجاره‌ای (LEASED LINE) را مختصراً معرفی کنید.
- ۱۹- تسهیم‌سازی فرکانسی و زمانی را توضیح دهید.
- ۲۰- روش تقسیم پهنای باند را در ADSL توضیح دهید.
- ۲۱- تکنیک مدولاسیون دلتا را شرح دهید.
- ۲۲- قاب حامل SONET را با رسم شکل شرح دهید.
- ۲۳- انواع راه‌گزینی را شرح دهید و با یکدیگر مقایسه نمایید.
- ۲۴- نسلهای تلفن همراه را نام ببرید.
- ۲۵- مفاهیم پاس‌کاری سخت و پاس‌کاری نرم را در مورد تلفنهای همراه شرح دهید.

### سؤالات تستی فصل سوم

- ۱- کدام گزینه از رسانه‌های انتقال هدایت شده است؟
- ۱- سیم مسی
- ۲- امواج رادیوئی
- ۳- لیزر
- ۴- ۲ و ۳

۲- علت اصلی به هم تابیده شدن سیمها در کابل جفت تابیده چیست؟

۱- کوتاه شدن طول سیم

۲- کم کردن نرخ خطا در کانال

۳- کاهش تداخل الکتریکی سیمهای نزدیک بهم

۴- تقویت کردن سیگنالها

۳- کدام نوع کابل زیر برای انتقال سیگنالهای آنالوگ و کابل تلویزیون استفاده می‌شود؟

۱- کابل CAT3                      ۲- کابل کواکسیال ۵۰ اهم

۳- کابل CAT5                      ۴- کابل کواکسیال ۷۵ اهم

۴- کدام گزینه از اجزاء سیستم انتقال نور در فیبر نوری نیست؟

۱- منبع نور                      ۲- رسانه انتقال

۳- آشکارساز                      ۴- مسیر یاب

۵- فیبرهای تک حالت موجود تا چه سرعتی داده‌ها را می‌توانند انتقال دهند؟

۱- ۵۰ گیگا بایت در ثانیه برای ۱۰۰ کیلومتر

۲- ۱۰۰ گیگا بایت در ثانیه برای ۵۰ کیلومتر

۳- ۵۰ گیگا بایت در ثانیه برای ۵۰ کیلومتر

۴- ۱۰۰ گیگا بایت در ثانیه برای ۱۰۰ کیلومتر

لایه فیزیکی ۱۶۳

۶- آداپتورهای رابط شبکه به چه صورتهایی و از طریق چه نوع اتصالاتی بر روی برد اصلی (Main Boar) قرار می گیرند؟

- |              |              |
|--------------|--------------|
| ۱- اسلات ISA | ۲- اسلات PCI |
| ۳- On Board  | ۴- همه موارد |

۷- کدام گزاره درست نیست؟

- ۱- رابط شبکه برای ارتباط با کابل های UTP از پایه RJ45 استفاده می کند.
- ۲- رابط شبکه برای ارتباط با کابل کواکسیال از پایه های BNC یا AUI استفاده می کند.
- ۳- برای خرید یک NIC بایستی کارتی را برای قراردادهای لایه پیوند داده ها نظیر اترنت یا توکن رینگ انتخاب کنید.
- ۴- هیچکدام

۸- کارتهای شبکه USB حداکثر چه سرعتی را پشتیبانی می کنند؟

- |            |             |
|------------|-------------|
| ۱- ۱۰mbps  | ۲- ۱۰۰ mbps |
| ۳- ۱/۲mbps | ۴- ۵/۴ mbps |

۹- در مورد هاب کدام گزاره صحیح نیست؟

- ۱- یک هاب اترنت تکرارگر چند پورتهی نامیده می شود.
- ۲- هابهای مورد استفاده در شبکه های اترنت UTP تکرارگرهای بهتری هستند.
- ۳- هاب ابزاری جهت اتصال کامپیوترهای یک شبکه حلقوی است.

۴- همه موارد فوق

۱۰- کدامیک از باندهای رادیویی زیر بین زمین و یونیسفر حرکت می‌کند؟

۲- HF

۱- VLF

۴- MF

۳- LF

۱۱- کدام گزینه ماهواره مدار متوسط است؟

۲- MEO

۱- GEO

۴- هیچکدام

۳- LEO

۱۲- کدام گزینه جزء قسمت‌های اصلی سیستم تلفن نیست؟

۲- مدارهای پایانی

۱- شاه‌سیمها

۴- دفاتر راه‌گزینی

۳- پایانه‌ها

۱۳- کدام گزینه از مشکلات اصلی که باعث صدمه دیدن خطوط انتقال می‌شود است؟

۲- اعوجاج تاخیری

۱- تضعیف

۴- همه موارد

۳- اختلال

۱۴- کدام گزینه غلط است؟

۱- تضعیف از بین رفتن انرژی در اثر انتشار سیگنال به خارج است.

۲- اعوجاج در اثر دامنه‌های فوریه متفاوت است که باعث انتشار سرعت‌های

متفاوت در سیم می‌گردد.

۳- انرژی حاصل از منبع فرستنده باعث اختلال می گردد.

۴- همه موارد فوق

۱۵- کدام گزینه غلط است؟

۱- وسیله ای که یک رشته سری از بیتها را به عنوان ورودی گرفته و حاصل

تغییر یافته را بعنوان خروجی تولید می کند مودم نامیده می شود.

۲- تعداد نمونه ها در ثانیه با واحد باود سنجیده می شود.

۳- QPSK یکی از پر استفاده ترین تکنیکهای مدولاسیون است.

۴- مقدار اطلاعات عبوری از یک کانال پهنای باند نامیده می شود.

۱۶- کدام گزینه از سیستمهای پیشرفته TDM یا تسهیم سازی زمانی است؟

SONET -۲

T1 -۱

۴ - ۲و۱

ARPA -۳

۱۷- حامل T1 با چه سرعتی کار می کند؟

2.045 mbps -۲

1.544 mbps -۱

44.084mbps-۴

7.83 mbps -۳

۱۸- کدام یک از اهداف سونت نیست؟

۱- همکاری حاملهای مختلف را فراهم کند.

۲- فراهم کردن وسایلی برای سازگاری سیستمهای دیجیتالی مختلف

۳- نیاز به تسهیم سازی کانالهای دیجیتال را از بین ببرد.

۴- اعمال مدیریت و نگهداری (OAM) را از پشتیبانی کند.

۱۹- در کدام راه‌گزینی نیاز به برقراری ارتباط پیش از شروع ارسال بین فرستنده و گیرنده وجود دارد؟

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| ۱- راه‌گزینی بسته‌ای | ۲- راه‌گزینی مداری |
| ۳- راه‌گزینی پیام    | ۴- هر سه مورد      |

۲۰- کدام گزینه از نسل‌های تلفن همراه نیست؟

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| ۱- صدای آنالوگ         | ۲- صدای دیجیتال |
| ۳- صدای دیجیتال و داده | ۴- هیچکدام      |

۲۱- سرعت انتقال در فیبر نوری چقدر است؟

- |            |            |
|------------|------------|
| ۱- 80Gbps  | ۲- 80mbps  |
| ۳- 800Gbps | ۴- 800mbps |

۲۲- کدام راه‌گزینی از روش ذخیره - هدایت استفاده می‌کند؟

- |            |            |
|------------|------------|
| ۱- بسته‌ای | ۲- پیام    |
| ۳- مداری   | ۴- هیچکدام |

۲۳- در کابل فیبر نوری پهنای باند موجود کدام است؟

- |               |            |
|---------------|------------|
| ۱- ۵۰۰۰۰ Gbps | ۲- ۵۰ Gbps |
| ۳- ۵۰۰۰۰ Mbps | ۴- ۵۰ Mbps |



## فصل ۴

### لایه پیوند داده‌ها

#### هدف کلی

آشنایی با لایه پیوند داده‌ها و قواعد و ساختار آن

#### هدف رفتاری

دانشجو پس از مطالعه این فصل باید بتواند:

وظایف اصلی لایه پیوند داده‌ها را درک کند.

مفاهیم فریم‌بندی، تشخیص و تصحیح خطا را شناخته و با روشهای آنها آشنا شود.

قراردادهای پنجره لغزان را بشناسد و شرح دهد.

با زیرلایه دسترسی به لایه انتقال (MAC) آشنا شود.

تخصیص کانال به روشهای ایستا و پویا را فرا بگیرد.

با قراردادهای مهم تخصیص کانال مانند الوها، CSMA و ... آشنا شود.

لایه پیوند داده یکی از حساسترین و مهمترین لایه‌های مدل مرجع OSI است. بیشتر روشهای کنترل و کشف خطا در این لایه بکار گرفته می‌شوند. در این فصل به این موارد پرداخته و در ادامه نیز با چند استاندارد مهم کاربردی در شبکه‌ها آشنا می‌شویم.

## ۴-۱ مفاهیم اولیه لایه پیوند داده‌ها

### ۴-۱-۱ وظایف لایه پیوند داده‌ها

لایه پیوند داده‌ها اعمال ویژه‌ای را انجام می‌دهد. این اعمال عبارتند از :

تهیه رابط خدمات مناسب برای لایه شبکه

چگونگی برخورد با خطاهای انتقال

کنترل جریان داده به نحوی که گیرنده کند گرفتار فرستنده سریع نشود.

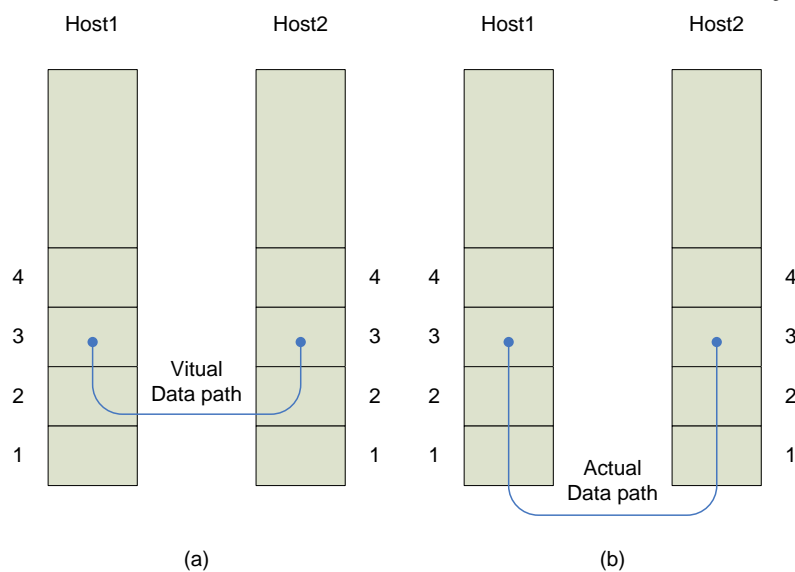
برای انجام این کارها لایه پیوند داده‌ها بسته‌ها را از لایه شبکه دریافت کرده و آنها را به قابهایی برای انتقال تبدیل می‌کند. هر قاب شامل سرآیند قاب، یک فیلد ظرفیت برای نگهداری بسته و یدک (Trailer) قاب می‌باشد. روشهای مدیریت قاب مهمترین عملی است که لایه پیوند داده‌ها انجام می‌دهد. در بخشهای بعدی اصول مورد اشاره بالا با جزئیات شرح داده خواهد شد.

اگر چه این بخش منحصرأ مربوط به لایه پیوند داده‌ها و قراردادهای آن می‌باشد لیکن ما بسیاری از موارد دیگر از قبیل کنترل خطا و کنترل جریان را که در انتقال و قراردادهای دیگر یافت می‌شود را نیز فرا خواهیم گرفت. در حقیقت در بسیاری از شبکه‌ها این اعمال نه در لایه پیوند داده‌ها بلکه در لایه‌های بالایی یافت خواهد شد. به هر حال مهم نیست که این اعمال در کجا اتفاق می‌افتد. از آنجائیکه این اعمال در لایه پیوند داده‌ها در ساده‌ترین و البته کاملترین شکل خود بروز می‌کنند، این لایه مکان مناسبی برای یادگیری جزئیات آنها می‌باشد.

### ۴-۱-۲ خدماتی که به لایه شبکه داده می‌شود

وظیفه لایه پیوند داده‌ها تهیه خدماتی برای لایه شبکه است. خدمات اصلی، انتقال داده‌ها از لایه شبکه ماشین منبع به لایه شبکه ماشین مقصد است. در ماشین منبع،

نهادی در لایه شبکه وجود دارد که بیت‌هایی را به منظور انتقال به مقصد به لایه پیوند داده‌ها واگذار می‌کند، این نهاد «فرآیند» نامیده می‌شود. کار لایه پیوند داده‌ها انتقال این بیت‌ها به ماشین مقصد است به نحویکه در آنجا به لایه شبکه تحویل داده شود. انتقال واقعی مسیر زیر را دنبال می‌کند (شکل ۴-۱). اما آسانتر آن است که به صورت دو فرآیند لایه پیوند داده‌ها که از قراردادهای این لایه برای ارتباط استفاده می‌کنند فرض شوند.



شکل ۴-۱ الف) ارتباط مجازی ب) ارتباط منطقی

این لایه می‌تواند به گونه‌ای طراحی شود که خدمات گوناگونی را عرضه کند. خدمات پیشنهادی واقعی از سیستمی به سیستم دیگر متفاوت است. سه امکان منطقی که عموماً ارائه می‌شوند عبارتند از:

خدمات بی‌اتصال بدون اعلام وصول

خدمات بی‌اتصال با اعلام وصول

خدمات اتصال‌گرا با اعلام وصول

در اینجا هرکدام را به نوبت بررسی می‌کنیم:

خدمات بی‌اتصال بدون اعلام وصول به این صورت است که ماشین منبع قابهای مستقلی را به ماشین مقصد می‌فرستد در حالیکه ماشین مقصد وصول آنها را اعلام نمی‌کند. قبل از انتقال اتصال منطقی وجود ندارد یا پس از آن نیز هیچ ارتباطی آزاد نمی‌شود اگر به دلیل وجود اختلال در خط، قابی از بین رود، تلاشی برای بازیابی و یا تشخیص در لایه پیوند داده‌ها صورت نمی‌گیرد. این نوع خدمات وقتی مناسب است که میزان خطا کم بوده و کشف خطا به لایه‌های بالاتر واگذار شود. این نوع خدمات برای ترافیک بلادرنگ نظیر مکالمات که در آن تاخیر داده‌ها بدتر از داده‌های بد است نیز مناسب است. بسیاری از شبکه‌های محلی در لایه پیوند داده‌ها از خدمات بی‌اتصال بدون اعلام وصول استفاده می‌کنند.

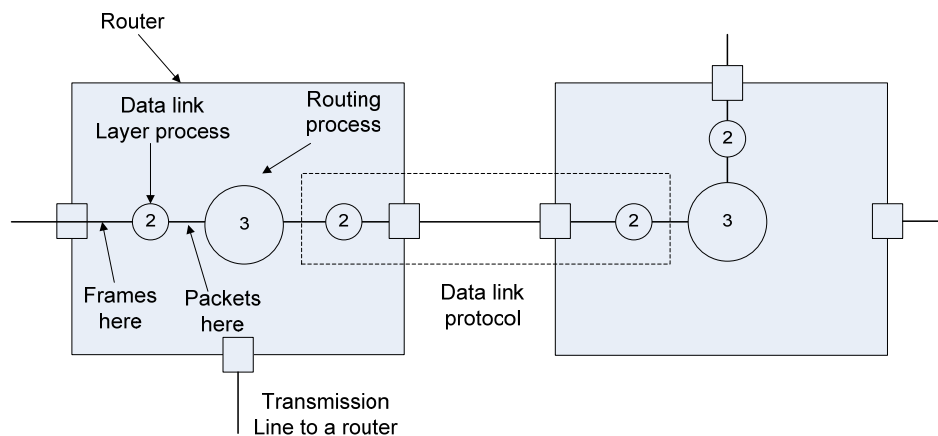
گام بعدی در قابلیت اعتماد، خدمات بی‌اتصال با اعلام وصول است. وقتی این خدمات عرضه می‌شود هیچ اتصالی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد اما هر قاب ارسال شده مستقلاً اعلام وصول می‌شود. در این روش فرستنده می‌داند که قاب به سلامت رسید یا خیر. اگر در فاصله زمانی مشخصی نرسید، می‌تواند دوباره ارسال شود. این خدمات برای کانال‌های غیرقابل اعتماد مثل سیستم‌های بی‌سیم مناسب است. شایسته تاکید است که اعلام وصولها در لایه پیوند داده‌ها فقط به منظور بهینه‌سازی صورت می‌گیرد و یک ضرورت نیست. لایه شبکه همواره می‌تواند پیامی را ارسال کند و منتظر اعلام وصول باشد. اگر پس از مدت زمان معینی اعلام وصول نشود، فرستنده می‌تواند پیامی را دوباره بطور کامل ارسال کند.

مشکل این روش این است که قابها غالباً حداکثر طول محدودی که بوسیله سخت‌افزار وضع شده است دارند ولی قابهای لایه شبکه فاقد این محدودیت هستند. اگر یک پیام متوسط به ۱۰ قاب شکسته شده و ۲۰ درصد قابها از بین رود، انتقال پیام مستلزم وقت زیادی می‌باشد. اگر قابهای مستقل اعلام وصول شده و دوباره ارسال شود کلیه قابهای موجود سریعتر عبور می‌کنند. در کانال‌های قابل اعتماد مثل فیبر سرریزی ناشی از طول زیاد در قراردادهای پیوند داده ممکن است لازم نباشد اما در کانال‌های بی‌سیم که ذاتاً

غیر قابل اعتماد می‌باشند ارزشمند است. خردمندانه‌ترین خدماتی که لایه پیوند داده‌ها می‌تواند برای لایه شبکه فراهم کند خدمات اتصال گرا است.

با این خدمات ماشینهای منبع و مقصد قبل از ارسال داده‌ها ارتباطی برقرار می‌کنند. هر قاب ارسال شده از این طریق شماره‌گذاری می‌شود و لایه پیوند داده‌ها دریافت تمام قابهای ارسالی را تضمین می‌کند. علاوه بر این، اینکه هر قاب فقط یکبار دریافت شود و هم‌چنین دریافت مرتب قابها، به همان ترتیب ارسال شده را نیز تضمین می‌کند. درحالی‌که عکس موارد بالا، در خدمات بی‌اتصال ممکن است به دلیل از بین رفتن اعلام وصول، قابی چند بار ارسال گردد و در نتیجه چند بار دریافت شود. خدمات اتصال گرا فرآیندهای لایه شبکه را بصورت رشته بیتی قابل اعتماد آماده می‌کند.

هنگامیکه خدمات اتصال گرا مورد استفاده قرار می‌گیرد، انتقال دارای سه فاز می‌باشد. در فاز یا مرحله اول یک اتصال برقرار می‌شود به این طریق که هر دو طرف متغیرها و شمارنده‌های موردنیاز را برای اینکه مشخص شود چه قابهایی دریافت شده‌اند و چه قابهایی نرسیده‌اند را تایید اولیه می‌کنند. در مرحله دوم یک یا چند قاب بطور واقعی انتقال می‌یابند. در مرحله سوم و یا آخرین مرحله اتصال قطع شده و متغیرها، بافرها و سایر منابع مورد استفاده در این اتصال آزاد می‌گردند.



شکل ۴-۲ محل پروتکل لایه پیوند داده

#### ۴-۱-۳ قاب‌بندی، کنترل جریان، کنترل خطا

به منظور تهیه خدمات مناسبی برای لایه شبکه، لایه پیوند داده‌ها باید از خدماتی که لایه فیزیکی برای آن ایجاد کرده است استفاده کند. لایه فیزیکی رشته خاصی از بیتها را گرفته و تلاش می‌کند آنها را به مقصد تحویل دهد. تضمینی نیست که این رشته بیتی بدون خطا باشد. امکان دارد تعداد بیتهای دریافتی کمتر، مساوی یا بیشتر از تعداد بیتهای ارسالی بوده و مقادیر آنها نیز متفاوت باشد. وظیفه لایه پیوند داده‌ها تشخیص خطا و در صورت لزوم تصحیح آنهاست.

#### قاب‌بندی

روش معمول برای لایه پیوند داده‌ها، شکستن رشته بیتی به قابهای مجزا و محاسبه جمع کنترلی برای هر قاب است. هنگامیکه قابی به مقصد می‌رسد جمع کنترلی دوباره محاسبه می‌گردد. چنانچه این جمع کنترلی با جمع کنترلی موجود در قاب متفاوت باشد لایه پیوند داده‌ها تشخیص می‌دهد که خطایی رخ داده است و تلاش می‌کند آن را رفع کند. (مثلاً حذف قابهای بد و یا در صورت امکان ارسال گزارش خطا)

شکستن رشته بیتها به قابها از آنچه در ابتدا به نظر می‌رسید مشکلتر است. یک روش قاب‌بندی درج فواصل زمانی بین قابها است، همانند فواصلی که بین کلمات در متن معمولی وجود دارد. بهرحال در شبکه‌ها زمان‌بندی به ندرت تضمین می‌شود، لذا ممکن است این فواصل زمانی از بین رفته یا درحین انتقال فواصل زمانی دیگری درج شود. از آنجایی که زمان‌بندی برای مشخص کردن ابتدا و انتهای قابها دارای ریسک فوق‌العاده‌ای است روشهای دیگری ابداع شده است. در این بخش چهار روش را تشریح می‌کنیم.

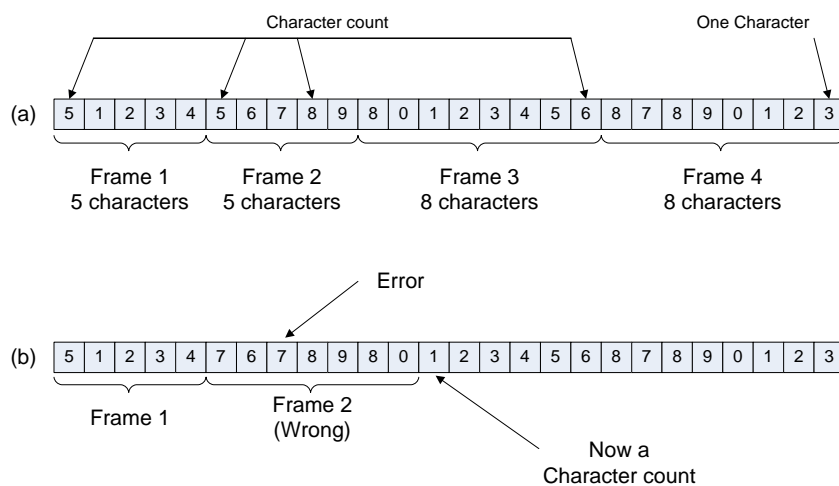
#### شمارش کاراکترها

#### بایت‌های نشانگر با درج بایت

#### نشانگرهای ابتدایی و انتهایی با درج بیت

## تخطی از رمزگذاری لایه فیزیکی

در روش اول فیلدی در سرآیند قاب برای نگهداری تعداد کاراکترهای قاب بکار می‌رود. هنگامیکه لایه پیوند داده‌ها در مقصد تعداد کاراکترها را مشاهده کند تعداد کاراکترهایی که بایستی بیایند را می‌داند و لذا انتهای قاب برایش مشخص است. این تکنیک در شکل زیر برای چهار قاب به اندازه‌های ۵، ۵، ۸، ۸ کاراکتر نمایش داده شده است.

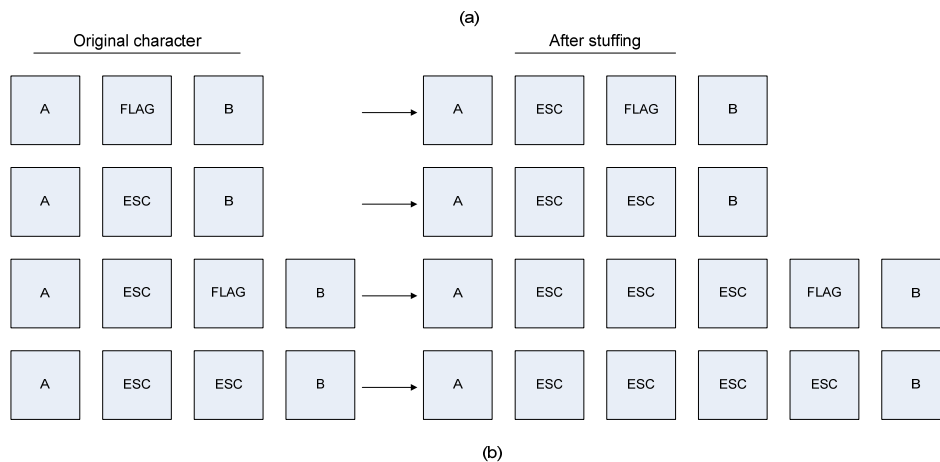
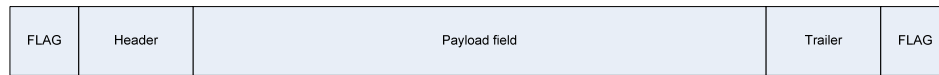


شکل ۴-۳ جریان کاراکترها (a) بدون خطا (b) با خطا

مشکل این الگوریتم در این است که تعداد ممکن است در اثر بروز خطا مخدوش شود، به عنوان مثال اگر تعداد کاراکترهای قاب دوم در شکل فوق از ۵ به ۷ تغییر کند (مخدوش شود) مقصد از همزمانی خارج شده و نمی‌تواند شروع قاب بعدی را تعیین کند. حتی اگر جمع کنترلی نادرست باشد مقصد می‌داند که قاب ناقص است و راهی برای تشخیص شروع قاب بعدی ندارد. پس فرستادن قاب به منبع جهت درخواست انتقال مجدد کمکی به ما نمی‌کند، زیرا مقصد نمی‌داند باید از چند کاراکتر صرف‌نظر کند تا به آغاز قابی که دوباره انتقال داده شده برسد. لذا از این روش به ندرت استفاده می‌شود.

در روش دوم قاب‌بندی، مشکل همزمان‌سازی مجدد که پس از بروز خطا رخ می‌داد با گذاشتن بایت‌های ویژه‌ای در ابتدا و انتهای هر قاب حل می‌گردد. در گذشته، بایت‌های

ابتدا و انتهای قاب متفاوت بودند اما در سالهای اخیر از بایت‌های یکسانی که بایت نشانگر نامیده می‌شوند استفاده می‌شود. مرز ابتدایی و انتهایی قاب که نشانگر نام دارد در شکل ۴-۴ (a) نشان داده شده است.



شکل ۴-۴

در این روش چنانچه گیرنده از حالت همزمانی خارج شد جهت پیدا کردن ابتدا و انتهای قاب فقط کافیه به دنبال بایت نشانگر بگردد. دو بایت نشانگر متوالی در انتهای یک قاب و ابتدای قاب بعدی قرار داده شده‌اند. مشکل جدی در این روش هنگامیکه داده‌های دودویی مثل برنامه‌های شی‌گرا یا اعداد ممیز شناور می‌خواهند منتقل شوند روی می‌دهد. امکان اینکه الگوی بیتی بایت‌های نشانگر در داده‌های منتقل شده روی دهد وجود دارد. این مسئله در واقع به قاب‌بندی برمی‌گردد. یک روش برای حل این مشکل این است که لایه پیوند داده‌های فرستنده درست قبل از بایت نشانگر “تصادفی” در داده، یک بایت گریز ویژه (ESC) را درج کند. لایه پیوند داده‌های گیرنده قبل از دادن داده به لایه شبکه این بایت گریز را حذف می‌کند. این تفکیک درج بایت یا درج کاراکتر نام دارد. بنابراین با وجود یا عدم وجود بایت گریز قبل از بایت نشانگر می‌توان بایت نشانگر را در داده تشخیص داد.



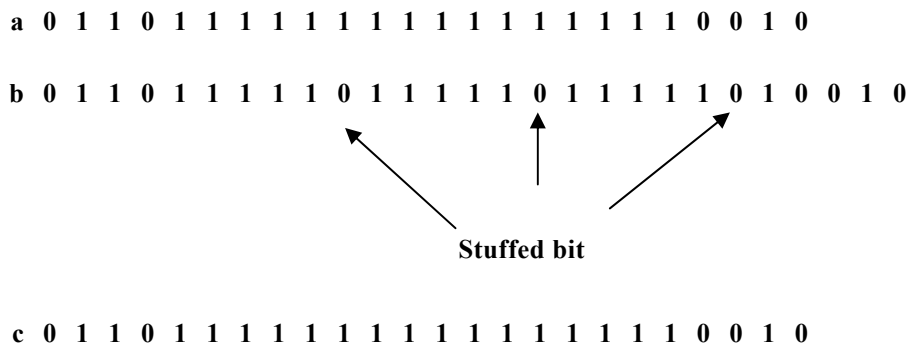
پرسش دیگری نیز وجود دارد: اگر بایت گریز در میان داده‌ها بوقوع بپیوندد چه اتفاقی می‌افتد؟

پاسخ این است که اینجا هم بایت گریز درج شده است. به این ترتیب هر بایت گریز یگانه، بخشی از دنباله گریز است اما بایت مضاعفی که به شکل بایت گریز یگانه نشان داده می‌شود طبیعتاً در میان داده‌ها روی می‌دهد. چند نمونه در شکل فوق نشان داده شده است.

در همه موارد دنباله بایت‌های تحویل داده شده دقیقاً همان دنباله بایت‌های اصلی می‌باشد. شمای درج بایت که در شکل فوق نشان داده شده نمای ساده‌ای است از آنچه که اغلب کامپیوترهای خانگی برای ارتباط با سرویس‌دهنده‌های اینترنت از قراردادهای نقطه به نقطه استفاده می‌کند. عیب اصلی این روش قاب‌بندی این است که این روش فقط از کاراکترهای ۸ بیتی استفاده می‌کند. اما همه کدهای کاراکتری از ۸ بیت استفاده نمی‌کنند. برای نمونه یونیکد از کاراکترهای ۱۶ بیتی استفاده می‌کند. با توسعه شبکه این عیب یعنی تعبیه اندازه کد کاراکتر در سازوکار قاب‌بندی آشکارتر گردید، در نتیجه تکنیک جدیدی توسعه یافت که اجازه استفاده از کاراکترهایی با طول دلخواه را می‌داد.

در تکنیک جدید قابهای داده‌ها می‌توانند حاوی هر چند بیت دلخواه بوده و کدهای کاراکتری با هر تعداد دلخواه از بیت‌های به ازای هر کاراکتر امکان پذیر است. شروع و پایان هر قاب با الگوی بیتی ۰۱۱۱۱۱۰ مشخص می‌شود که بایت نشانگر نام دارد. وقتی لایه پیوند داده‌های فرستنده با پنج بیت متوالی ۱ مواجه می‌شود بطور خودکار یک بیت ۰ در رشته بیت خروجی قرار می‌دهد. این تکنیک را درج بیتی گویند که با درج بایتی مشابه است. در درج بایتی قبل از بایت نشانگر موجود در داده‌ها در رشته کاراکتر خروجی، یک بایت گریز قرار می‌دهند. وقتی گیرنده ۵ بیت متوالی ۱ و یک بیت ۰ بعد از آنها را ببیند، بیت صفر را بر می‌دارد (مثلاً حذف می‌کند) درست همانگونه که وضعیت در درج بایتی برای هر دو کامپیوتر در لایه شبکه واضح است با درج بیتی نیز مشکلی وجود ندارد، اگر داده کاربر حاوی الگوی نشانگر ۰۱۱۱۱۱۰ باشد این نشانگر

به صورت ۰۱۱۱۱۱۰۱۰ منتقل می‌شود اما در حافظه گیرنده بصورت ۰۱۱۱۱۱۱۰ ذخیره می‌شود.



در درج بیتی مرز بین دوقاب را می‌توان با الگوی نشانگر به وضوح تشخیص داد. بنابراین اگر کنترل از دست گیرنده خارج شود فقط کافی است ورودی را پیمایش کند تا دنباله نشانگر را بیابد زیرا فقط در مرز قاب ظاهر می‌شود و نه در میان داده‌ها.

آخرین روش قاب‌بندی فقط در شبکه‌هایی قابل استفاده است که رمزگذاری در رسانه فیزیکی شامل برخی زوایا باشد. به عنوان مثال برخی از شبکه‌های محلی، ۱ بیت از داده‌ها را با ۲ بیت فیزیکی رمز گذاری می‌کنند. معمولاً بیت ۱ به صورت زوج بالا به پایین است و بیت ۰ به صورت زوج پایین به بالاست. معنای این طرح این است که هر بیت داده دارای گذری در وسط است که موجب می‌شود گیرنده به راحتی مرزهای بیت را تعیین کند. ترکیبی از بالا به بالا و پایین به پایین برای داده‌ها مورد استفاده قرار نمی‌گیرد اما در بعضی از قراردادهای رمزگذاری قابها استفاده می‌شود.

به عنوان تذکر نهایی در قاب‌بندی، بسیاری از قراردادهای پیوند داده‌ها روش شمارش کاراکتر را با سایر روشها بکار می‌برند تا امنیت بیشتری بدست آید. وقتی قابی می‌رسد فیلد شمارش برای تعیین انتهای قاب بکار می‌رود. فقط اگر فاصل مناسبی در آن محل وجود داشته باشد و جمع کنترلی درست باشد قاب دریافت شده معتبر است و گرنه رشته ورودی برای فاصل بعدی پیمایش می‌شود.

## کنترل خطا

باحل مساله تشخیص ابتدا و انتهای هر قاب، به مشکل بعدی می‌رسیم: چگونه مطمئن شویم که سرانجام تمام قابها به ترتیب صحیح به لایه شبکه در مقصد تحویل داده می‌شوند. فرض کنید فرستنده بدون توجه به اینکه آیا قابها به درستی تحویل می‌شوند، به خارج کردن قاب‌ها ادامه می‌دهد. این کار ممکن است برای خدمات بی‌اتصال بدون اعلام وصول، مفید باشد اما یقیناً برای خدمات اتصال‌گرای قابل اعتماد مناسب نیست.

روش معمول برای تضمین تحویل مطمئن آن است که فرستنده به نحوی از آنچه که در انتهای دیگر خط رخ می‌دهد آگاه گردد. به طور متداول در این قرارداد لازم است گیرنده، قابهای کنترلی ویژه‌ای را ارسال کند که دریافت قاب ورودی را به صورت مثبت یا منفی اعلام نماید. اگر فرستنده اعلام وصول مثبتی را دریافت کند متوجه می‌شود که آن قاب به درستی رسیده است و اعلام وصول منفی بیانگر این است که اشکالی در قاب وجود داشته است و باید آنرا دوباره ارسال کند. اشکال دیگری که ممکن است پیش آید این است که مشکلات سخت‌افزاری می‌توانند باعث از بین رفتن قاب شوند. در این حالت گیرنده واکنشی نشان نمی‌دهد زیرا دلیلی برای واکنش ندارد. بدیهی است قراردادی که در آن فرستنده قابی را ارسال کرده و منتظر اعلام وصول مثبت یا منفی است، اگر در اثر نقص سخت‌افزاری قابی از بین برود فرستنده قفل می‌کند.

این امکان با وارد کردن تایمری در لایه پیوند داده‌ها کار می‌کند. وقتی فرستنده قابی را انتقال می‌دهد، تایمری شروع به کار می‌کند. تایمر طوری تنظیم می‌شود که پس از زمان معینی متوقف شود، طول این مدت آن قدر است که قاب به مقصد رسیده، در آنجا پردازش شده و به فرستنده اعلام وصول شود. معمولاً قاب به درستی دریافت می‌شود و اعلام وصول قبل از از کار افتادن تایمر به فرستنده می‌رسد و تایمر از کار می‌افتد.

به هر حال اگر قاب یا اعلام وصول از بین برود، تایمر از کار می‌افتد و وقوع مشکل بالقوه‌ای را اعلام می‌کند. راه حل بدیهی، ارسال مجدد قاب است اما وقتی که امکان ارسال مجدد قابها وجود داشته باشد، این خطر وجود دارد که گیرنده قابی را دو یا چند

بار دریافت کند و بیش از یکبار آن را به لایه شبکه عبور دهد. برای جلوگیری از این کار ضروری است که به قابهای خروجی شماره ترتیب داده شود بطوریکه گیرنده بتواند ارسال مجدد را از قاب اصلی تمیز دهد.

موضوع مدیریت تایمرها و شماره ترتیب به نحوی که تضمین شود هر قاب فقط یکبار و نه بیشتر به لایه شبکه مقصد می‌رسد بخش مهمی از وظایف لایه پیوند داده‌ها را تشکیل می‌دهد.

### کنترل جریان

مشکل دیگری که در طراحی لایه پیوند داده‌ها (و لایه‌های بالاتر) پیش می‌آید این است که فرستنده‌ای بخواهد بطور سیستماتیک قابهایی را سریعتر از توان پذیرش گیرنده ارسال کند، وقتی که فرستنده بر روی کامپیوتری سریع یا با بار کم و گیرنده بر روی کامپیوتری کند یا با بار زیاد اجرا می‌شوند این وضعیت به آسانی می‌تواند بروز کند. فرستنده قابها را با سرعت بالا ارسال می‌کند و گیرنده کاملاً عقب می‌ماند. حتی اگر انتقال بدون خطا باشد در نقطه‌ای معین گیرنده قادر به کنترل قابهای ورودی نبوده و آنها را از دست خواهد داد. بدیهی است برای ممانعت از قرارگرفتن در این موقعیت بایستی اعمالی انجام شود.

دو روش بطور عموم مورد استفاده قرار می‌گیرد در اولی که کنترل جریان بر مبنای بازخورد نام دارد، گیرنده اطلاعات مربوط به شرایط فرستادن داده‌های بیشتر یا حداقل چگونگی انجام اعمال توسط گیرنده را به فرستنده اعلام می‌کند. در دومی که کنترل جریان بر مبنای میزان نام دارد قرارداد در درون خود دارای سازوکاری می‌باشد که میزان داده‌هایی را که هر فرستنده ممکن است بفرستد بدون دریافت بازخورد از گیرنده محدود می‌کند. ما مبحث کنترل جریان بر مبنای بازخورد را در اینجا فرا می‌گیریم و مبحث کنترل جریان بر مبنای میزان را به دلیل اینکه در لایه پیوند داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند در آینده مورد بررسی قرار خواهیم داد.

طرح‌های گوناگونی از کنترل جریان بر مبنای باز خورد وجود دارد، اما اغلب آنها از اصول مشابهی پیروی می‌کنند. قرارداد حاوی قواعد معینی است که تعیین می‌کند فرستنده در چه زمانی می‌تواند قاب بعدی را ارسال کند. این قواعد عموماً تا زمانی که گیرنده به صورت ضمنی یا صریح اجازه نداده باشد از ارسال قاب جلوگیری می‌کند. بعنوان مثال وقتی اتصال برقرار می‌شود گیرنده امکان دارد بگوید "می‌توانید n قاب را ارسال کنید اما پس از ارسال آنها، قابی ارسال نکنید مگر اینکه به شما بگویم که ادامه دهید".

#### ۴-۲ روشهای کشف و تصحیح خطا در کانال

همانطور که در گذشته مشاهده شد، سیستم تلفن دارای سه بخش است: راه‌گزینها، شاه‌سیمها و حلقه‌های محلی. دو بخش اول اکنون در اغلب کشورها پیشرفته بصورت دیجیتال است. حلقه‌های محلی هنوز در همه جا بصورت جفت تابیده آنالوگ است که بسته به هزینه جایگزینی آن سالها عمر خواهد کرد. با اینکه خطا در دیجیتال اندک است هنوز در حلقه‌های محلی متداول است. علاوه بر این ارتباط بی‌سیم متداولتر می‌شود و میزان خطا به مراتب بدتر از شاه‌سیمها فیبری است. نتیجه اینکه خطاهای انتقال برای سالها با ما هستند و ما باید چگونگی رفتار با آنها را بیاموزیم.

به عنوان نتیجه‌ای از فرایندهای فیزیکی که آنها را تولید می‌کند، خطاها در بعضی از رسانه‌ها (مثل رادیو) بصورت انبوه (پیوسته) ظاهر می‌گردند (تک تک ظاهر نمی‌شوند) ظهور خطاها بصورت انبوه نسبت به خطاهای تک بیتی دارای معایب و محاسنی است. محاسن آن این است که داده‌های کامپیوتر همواره بصورت بلاک‌هایی از بیتها ارسال می‌شود. فرض کنید طول بلاک ۱۰۰۰ بیت است و نرخ خطا برابر با ۰/۰۰۱ در هر بیت است. اگر خطاها مستقل باشند اغلب بلاکها حاوی خطا خواهند بود. اگر بصورت انبوه ۱۰۰ تایی باشد بطور میانگین فقط یک یا دو بلاک در ۱۰۰ بلاک دارای خطا خواهد بود. عیب خطاهای انبوه این است که تشخیص و تصحیح آنها مشکلتر از تشخیص و تصحیح خطاهای منفرد است.

## ۴-۲-۱ کدهای کشف و تصحیح خطا

طراحان شبکه برای برطرف کردن خطاها دو استراتژی را توسعه دادند. یک راه افزودن اطلاعات اضافی به هر بلاکی از داده‌های ارسالی است بطوریکه گیرنده قادر به استنباط کاراکترهای ارسالی می‌باشد. روش دیگر افزودن امکانات کافی برای آگاه ساختن گیرنده از بروز خطاست؛ ولی ماهیت خطا و تقاضا برای انتقال دوباره مشخص نمی‌شود. روش اول کدهای تصحیح خطا و بروز خطاست و روش دوم از کدهای تشخیص خطا استفاده می‌کند. استفاده از کدهای تصحیح خطا اغلب اشاره به تصحیح خطاهای پیشرفته دارد. هرکدام از این تکنیک‌ها جایگاه خاص و متفاوتی را برای خود اختصاص داده‌اند. در کانالی مثل فیبر که بسیار قابل اعتماد است کدهای تشخیص خطا مناسبتر است و انتقال مجدد در مورد بلوک‌هایی که گه‌گاه معیوب هستند روی می‌دهد اما در کانالی مثل ارتباطات بی‌سیم که می‌تواند دارای خطاهای زیادی باشد، بهتر این است که زواید کافی به هر بلوک اضافه شود تا گیرنده بتواند بسنجد که بلوک اصلی چگونه بوده است.

برای درک چگونگی پردازش خطا باید ماهیت خطا دقیق‌تر بررسی شود. معمولاً هر قاب متشکل از  $m$  بیت داده، و  $r$  بیت اضافی یا کنترلی است. اگر طول قاب  $n$  باشد ( $n=m+r$ )، هر واحد  $n$  بیتی حاوی بیت‌های داده و کنترلی غالباً به عنوان کلمه کد شناخته می‌شود.

با در نظر گرفتن دو کلمه کد مثل  $۱۰۰۰۱۰۰۱$  و  $۱۰۱۱۰۰۰۱$  می‌توان تعیین کرد که چند بیت متناظر با هم تفاوت دارند. در این حالت ۳ بیت با هم فرق می‌کند برای تعیین بیت‌های متفاوت کافی است یای مانع‌الجمع (**Exclusive OR**) را بر روی دو کلمه کد عمل کرد و تعداد ۱‌های نتیجه را شمارش کرد. تعداد موقعیت‌هایی از بیت‌ها که در دو کلمه با هم متفاوت‌اند فاصله همینگ (همینگ ۱۹۵۰) نامیده می‌شود. دلیل اهمیت این فاصله این است که اگر فاصله همینگ دو کلمه کد  $d$  باشد، باندازه  $d$  خطای تک‌بیتی لازم است تا یکی به دیگری تبدیل شود. برای نمونه:

$$+۱۰۰۰۱۰۰۱$$

$$\frac{10110001}{00111000}$$

در اغلب کاربردهای انتقال داده‌ها تمام  $2^m$  پیام ممکن، معتبر است اما بخاطر روش محاسبه بیت‌های کنترلی تمام  $2^n$  کلمه کد ممکن مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. با در نظر گرفتن الگوریتم محاسبه بیت‌های کنترلی می‌توان فهرست کاملی از کلمه کدهای معتبر ایجاد کرد و از بین آنها دو کلمه کد را پیدا کرد که فاصله همینگ آنها حداقل باشد. این فاصله، فاصله همینگ کد کامل خواهد بود.

خواص تشخیص خطا و تصحیح خطای کد، بستگی به فاصله همینگ آن دارد برای یافتن  $d$  خطا، به کدی با فاصله  $d+1$  نیاز است. زیرا با چنین کدی، راهی وجود ندارد که  $d$  خطای تک بیتی بتواند یک کلمه کد معتبر را به کلمه کد معتبر دیگر تغییر دهد. وقتی گیرنده کلمه کد نامعتبری را ببیند می‌تواند بگوید که خطای انتقال رخ داده است. بطور مشابه برای تصحیح  $d$  خطا به کدی با فاصله  $2d+1$  نیاز است. زیرا در آن صورت است که کلمه کدهای معتبر آنقدر از هم جدایند که حتی با  $d$  تغییر کلمه کد اولیه هنوز از هر کد دیگر نزدیکتر است، بنابراین می‌توان آن را بطور انحصاری تعیین کرد.

به عنوان مثال ساده‌ای از کد تشخیص خطا، کدی را در نظر بگیرید که در آن بیت توازن به داده‌ها الحاق می‌شود. بیت توازن طوری انتخاب می‌گردد که تعداد بیت‌های ۱ در کلمه کد، زوج (یا فرد) باشد. به عنوان مثال وقتی  $1011010$  با توازن زوج با افزودن بیتی به انتهای آن به  $10110100$  تبدیل می‌گردد در حالیکه  $1011010$  با توازن فرد به  $10110101$  تبدیل می‌شود. فاصله کدی با بیت توازن منفرد ۲ است زیرا هر خطای تک بیتی کلمه کدی با توازن نادرست ایجاد می‌کند. از این کد می‌توان برای تشخیص خطاهای منفرد استفاده کرد.

به عنوان مثال ساده‌ای از کد تصحیح خطا کدی با چهار کلمه معتبر را در نظر بگیرید:

$111111111$ ،  $111110000$ ،  $000011111$ ،  $000000000$  فاصله این کد ۵ است و معنایش این است که می‌تواند خطاهای مضاعف را تصحیح کند. اگر کلمه کد

۰۰۰۰۰۰۱۱۱۱ برسد، گیرنده می‌داند که کد اصلی بایست ۰۰۰۰۰۱۱۱۱ باشد اما به هر حال خطاهای سه گانه ۰۰۰۰۰۰۰۰ را به ۰۰۰۰۰۰۰۱۱۱ تغییر می‌دهد؛ خطا به طور مناسب تصحیح نخواهد شد.

فرض کنید می‌خواهیم کدی با پیام  $m$  بیتی و کنترل  $r$  بیتی طراحی کنیم که امکان تصحیح تمام خطاهای منفرد را فراهم آورد. هر یک از  $2m$  پیام معتبر دارای  $n$  کلمه غیر معتبر است که به فاصله ۱ از آن قرار دارد. اینها با معکوس کردن سیستماتیک هر یک از  $n$  بیت در کلمه با کدهای  $n$  بیتی که از آنها شکل گرفته‌اند بوجود می‌آیند. بنابراین هر یک از  $2m$  پیام معتبر نیازمند  $n+1$  الگوی بیتی که به آن تخصیص یافته است می‌باشد. چون تعداد کل الگوهای بیتی  $2n$  است باید داشته باشیم  $2n \leq 2m(n+1)$ . با  $n=m+r$  خواهیم داشت  $2r < m+r+1$  با معلوم بودن  $m$  حد پایین تعداد بیت‌های کنترلی مورد نیاز برای تصحیح خطاهای منفرد بدست می‌آید. این حد پایین تئوری را می‌توان به روش همینگ بدست آورد. بیت‌های کلمه که بطور متوالی با شروع از بیت ۱ واقع در طرف چپ و بلافاصله بیت ۲ در سمت راست آن و ... شماره‌گذاری می‌شوند. این بیت‌ها که توانهایی از ۲ (۱, ۲, ۴, ۸, ۱۶, ...) هستند، بیت‌های کنترلی می‌باشند. بقیه (۳, ۵, ۶, ۷, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲, ۱۳, ۱۴, ۱۵) با  $m$  بیت داده پر می‌شوند. هر بیت کنترلی، توازن مجموعه‌ای از بیت‌ها از جمله خودش را بصورت زوج یا فرد تعیین می‌کند. امکان دارد بیتی در چندین محاسبه توازن شرکت کند. برای اینکه مشخص شود بیت داده‌های موجود در موقعیت  $K$  در کدام بیت‌های کنترلی سهم دارد،  $K$  را بصورت جمع توانهای ۲ می‌نویسیم. بعنوان مثال  $۱۱ = ۱ + ۲ + ۸$  و  $۲۹ = ۱ + ۴ + ۸ + ۱۶$ . هر بیت فقط توسط آن دسته از بیت‌های کنترلی که توسط آنها بسط پیدا می‌کند امتحان می‌شود (بعنوان مثال بیت ۱۱ توسط بیت‌های ۱ و ۲ و ۸ تست می‌شود).

وقتی کلمه کدی می‌رسد گیرنده، شمارنده‌ای را صفر می‌کند. سپس هر بیت کنترلی  $K$  ( $K=1,2,4,8,16$ ) را امتحان می‌کند تا ببیند آیا توازن صحیحی دارد یا خیر. اگر صحیح نباشد  $K$  را به شمارنده اضافه می‌کند. اگر پس از کنترل شدن تمام بیت‌ها شمارنده صفر باشد کلمه‌ای که معتبر بوده، پذیرفته می‌شود. اگر شمارنده صفر نباشد، حاوی تعداد بیت‌های نادرست خواهد بود. بعنوان مثال اگر بیت‌های کنترلی ۱, ۲, ۸ خطا باشد بیت



لایه پیوند داده‌ها ۱۸۳

معکوس ۱۱ است زیرا تنها عددی است که توسط بیت‌های ۱،۲،۸ امتحان می‌شود. شکل ۵-۴ چند کاراکتر اسکی هفت بیتی را نشان می‌دهد که با استفاده از کد همینگ

Char	ASCII	Check bits
H	1001000	00110010000
a	1100001	10111001001
m	1101101	11101010101
m	1101101	11101010101
i	1101001	01101011001
n	1101110	01101010110
g	1100111	01111001111
	0100000	10011000000
c	1100011	11111000011
o	1101111	10101011111
d	1100100	11111001100
e	1100101	00111000101
Order of bit transmission		

بصورت کلمه کدهای ۱۱ بیتی در آمده است.

شکل ۵-۴



توجه داشته باشید که داده‌ها در موقعیتهای بیتی ۱۱، ۱۰، ۹، ۷، ۶، ۵، ۳ قرار گرفته‌اند. کدهای همینگ فقط می‌توانند خطاهای منفرد را تصحیح کنند. اگرچه، می‌توان با ترفندی آن را برای تصحیح خطاهای انبوه نیز بکار برد. دنباله‌ای از **K** کلمه کد متوالی بصورت ماتریسی تنظیم می‌شود، بطوریکه در هر سطر یک کلمه قرار دارد. معمولاً داده‌ها از چپ به راست به صورت یک کلمه کد در هر بار منتقل می‌شود. برای تصحیح خطاهای انبوه باید در هر بار یک ستون از داده‌ها (باشروع از سمت چپ ترین ستون) منتقل شود. وقتی تمام **K** بیت ارسال شد، ستون دوم ارسال می‌شود و به همین ترتیب تا آخر، وقتی قاب به گیرنده می‌رسد در هر بار یک ستون از ماتریس بازسازی می‌شود. اگر خطای پیوسته‌ای به طول **K** اتفاق افتد حداکثر ۱ بیت در هر یک از **K** کلمه کد از آن تاثیر می‌پذیرد ولی کد همینگ را می‌توان به صورتی که خطا به ازای هر کلمه کد تصحیح کرد؛ بنابراین کل بلاک را می‌توان بازیابی کرد. در این روش برای

ساختن **KM** بیت از داده‌ها از **KR** بیت کنترلی استفاده می‌شود و بدین ترتیب داده‌ها از خطای انبوه به طول **K** یا کمتر در امان خواهند بود.

#### ۴-۳ زیر لایه دسترسی به لایه انتقال

نکته اصلی و مهم در شبکه پخش‌ی تعیین چگونگی استفاده از کانالی است که برای آن رقابت وجود دارد. برای روشن‌تر شدن این موضوع یک کنفرانس را با ۶ نفر در نظر بگیرید که با ۶ تلفن مختلف صحبت می‌کنند بطوریکه می‌توانند با یکدیگر ارتباط داشته باشند و آن خیلی واضح است که وقتی یکی از آنها مکالمه خود را قطع کند، ۲ جا چند نفر شروع به صحبت می‌کنند که باعث هرج و مرج می‌شود. اما در جلسه حضوری بوسیله ابزار خارجی می‌شود از هرج و مرج جلوگیری کرد.

برای مثال در یک جلسه وقتی کسی دست خود را بالا می‌آورد اجازه دارد که صحبت کند بنابراین وقتی فقط یک کانال تنها در دسترس می‌باشد تعیین نفر بعدی خیلی سخت می‌باشد. برای حل این مشکل تعدادی قرارداد شناخته شده وجود دارد که در این فصل توضیح داده می‌شود. در این فصل، کانال‌های پخش‌ی گاهی اوقات کانال‌های دستیابی چندگانه یا کانال‌های دستیابی تصادفی نامیده می‌شود.

قراردادهایی که برای تعیین نفر بعدی در کانال‌های دستیابی چندگانه استفاده می‌شود یک زیرلایه از لایه پیوند داده‌ها می‌باشد که زیر لایه **MAC** (کنترل دستیابی به رسانه) نامیده می‌شود. زیرلایه مک در شبکه‌های محلی اهمیت ویژه‌ای دارد و برای ارتباط تعداد زیادی از آنها از کانال‌های دستیابی چندگانه استفاده می‌شود، اما در شبکه‌ای جهانی بجز شبکه‌های ماهواره‌ای از اتصال نقطه به نقطه استفاده می‌کنند زیرا کانال‌های دستیابی چندگانه و شبکه‌های محلی با هم ارتباط نزدیکی دارند. در این فصل می‌خواهیم شبکه‌های محلی معمولی که شامل یک یا چند لایه بطور اخص می‌باشد و قسمتی از زیرلایه مک نیست توضیح دهیم.

از نظر تکنیکی زیر لایه مک در پایین‌ترین قسمت باز لایه پیوند داده‌ها قرار دارد، به همین منظور باید قبل از آن تمام قراردادهای شبکه نقطه به نقطه را مورد مطالعه قرار

دهیم. با این وجود برای بیشتر مردم استفاده از قراردادهای چند نفره بعد از قراردادهای ۲ نفره ساده‌تر خواهد بود.

#### ۴-۴ مشکلات تخصیص کانال

موضوع اصلی این فصل چگونگی تخصیص یک کانال پخش بین کاربران است که با هم در حال رقابت هستند. در ابتدا شیوه‌های استاتیکی و دینامیکی معمول را بررسی کرده، سپس تعدادی از الگوریتم‌های خاص را بررسی می‌کنیم.

##### تخصیص کانال به شکل ایستا در شبکه‌های محلی و گسترده

یکی از روشهای مرسوم برای تخصیص یک کانال از قبیل سیم‌کشی تلفن که در آنها استفاده‌کننده‌ها با هم رقابت دارند تسهیم‌سازی فرکانسی یا **FDM** می‌باشد، به اینصورت که اگر  $N$  کاربر داشته باشیم، پهنای باند را به  $N$  قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم که به هر کاربر یک قسمت اختصاص می‌یابد. از آنجائیکه هر کاربر یک باند فرکانسی مخصوص به خود را دارد بنابراین بین کاربران برخوردی صورت نمی‌گردد.

اگر تعداد کاربران ثابت و کم باشد و هر کدام آنها بار ترافیکی ثابتی را ایجاد کنند، سازوکار تخصیص تسهیم‌سازی فرکانسی مؤثر و ساده می‌باشد.

اما اگر تعداد فرستنده‌ها زیاد و تغییرات آنها نوسان‌دار و دامنه‌دار باشد یا ترافیک زیادی را ایجاد کنند **FDM** مشکلات عدیده‌ای را ایجاد خواهد کرد. اگر طیف به  $N$  ناحیه تقسیم گردد و کمتر از  $N$  کاربر مایل به برقراری ارتباط همزمان باشد، یک بخش بزرگی از طیف‌های در دسترس از بین خواهند رفت و اگر کاربران مشتری مایل به برقراری ارتباط باشند، از آنجا به علت پهنای باند کم موفق نخواهند شد، حتی آن دسته از کاربران که به آنها یک باند فرکانسی اختصاص یافته است، به سختی می‌توانند چیزی را دریافت کنند و یا انتقال دهند.

با این وجود حتی اگر فرض شود که تعداد کاربران را بتوان در حد  $N$  ثابت نگهداشت، تقسیم کانال منفرد در دسترس به زیر کانال‌های ایستا ذاتاً مفید نمی‌باشد زیرا مشکل

اساسی این است که وقتی تعدادی از کاربران که مشغول به کار نیستند پهنای باند آنها به راحتی از بین می‌رود به این صورت که نه آنها می‌توانند استفاده کنند نه دیگران اجازه استفاده از آن را دارند.

علاوه بر این در اکثر سیستمهای کامپیوتری ترافیک داده ناگهانی است (معمولاً نسبت اوج ترافیک به میانگین، ۱۰۰۰ به ۱ می‌باشد) بنابراین بیشتر کانال‌ها در اکثر اوقات مشغول نمی‌باشند.

کارایی ضعیف **FDM** ایستا را می‌توان به آسانی از روی محاسبات مبتنی بر نظریه صف‌بندی ساده مشاهده کرد، اجازه بدهید با زمان تأخیر میانگین **T** برای یک کانال با ظرفیت **C bps** و یا سرعت انتقال  $\lambda$  قاب بر ثانیه شروع کنیم.

هر قاب دارای یک طول است که از یک تابع چگالی احتمال تصاعدی بامیانگین  $1/\lambda$  بیت بر قاب بدست آمده است، بنابراین با این پارامترها سرعت انتقال  $\lambda$  قاب بر ثانیه و سرعت خدمات  $\mu C$  قاب بر ثانیه می‌باشد.

از نظریه صف‌بندی آن می‌توان برای تعداد خدمات وانتقال پواسن نشان داد که:

$$\mu T = 1 / (C - \lambda)$$

برای مثال اگر **C** برابر **100Mbps** و میانگین طول قاب یعنی  $1/\lambda$  برابر ۱۰۰۰۰ بیت و سرعت انتقال قاب (لاندا) برابر ۵۰۰۰ قاب بر ثانیه باشد آنگاه **T** برابر  $200 \mu s$  خواهد بود.

قابل توجه است که اگر از تأخیر صف‌بندی چشم‌پوشی کنیم و فقط مدت انتقال ۱۰۰۰۰ بیت قاب بر روی یک شبکه **100Mbps** سوال شود جواب اشتباهی ما می‌گیریم که مقدار آن  $100 \mu s$  خواهد بود. این جواب وقتی بدست می‌آید که بین کانال‌ها ارتباطی وجود ندارد.

حال اجازه دهید کانلها را به  $N$  زیر کانال غیر وابسته با ظرفیت  $C/N$  بیت در ثانیه به هر زیر کانال تقسیم کنیم، بنابراین میانگین سرعت ورودی روی هر زیر کانال برابر  $\lambda/N$  خواهد بود، با محاسبه مجدد  $T$  داریم:

$$T_{FDM} = 1 / [\mu(C/N) - (\lambda/N)] = N / (\mu C - \lambda) = NT$$

تأخیر میانگین با استفاده از  $N$ ،  $FDM$  مرتبه بیشتر از حالتی است که تمام قابها بطور منطقی در یک صف بزرگ قرار گیرند. بحثی که درباره تسهیم‌سازی فرکانسی مطرح شد درباره تسهیم‌سازی زمانی نیز صادق می‌باشد. برای هر کاربر بصورت ایستا  $N$  امین مقطع زمانی تخصیص می‌یابد، لذا اگر کاربری از زمان تخصیص یافته استفاده نکند آن زمان به هدر خواهد رفت و حتی اگر شبکه‌ها را از لحاظ فیزیکی تکه تکه کنیم همان نتایج را بدست می‌آوریم.

برای درک بیشتر از مثال قبلی خودمان استفاده می‌کنیم. به این صورت که اگر ما شبکه ۱۰۰ مگابایت در ثانیه را با ۱۰ شبکه که هر کدام ۱۰ مگا بایت در ثانیه است و به هر کاربر اختصاص یافته است میانگین تأخیر از ۲۰۰ میکروثانیه به ۲ میلی ثانیه تغییر پیدا می‌کند. حال از آنجا که هیچ یک از روشهای تخصیص کانال به شکل ایستا در موقع ترافیک ناگهانی به خوبی کار نمی‌کند لذا روشهای پویا را بررسی می‌کنیم.

### تخصیص کانال در شبکه‌های محلی گسترده به شکل پویا

ابتدا لازم است قبل از بررسی روشهای پویای تخصیص کانال مسأله تخصیص را مورد بررسی قرار دهیم. زیر بنای تمام کاری که باید انجام شود در ۵ فرض کلیدی خلاصه می‌شود که در زیر آمده است:

(۱) مدل ایستگاه: این مدل شامل  $N$  ایستگاه مستقل (کامپیوترها، تلفنها یا وسایل ارتباط شخصی و غیره) و هر کدام بایک برنامه یا کاربری که قابهایی را برای انتقال ایجاد میکند. این ایستگاه‌ها گاهی اوقات پایانه نامیده می‌شوند. احتمال اینکه یک قاب در یک فاصله زمانی بطول  $\Delta t$  ایجاد شود برابر  $\lambda \Delta t$  می‌باشد که  $\lambda$  مقدار ثابتی می‌باشد. (سرعت رسیدن قابهای جدید) وقتی قاب ایجاد شد ایستگاه قفل شده و تا زمانی که این قاب با موفقیت منتقل نشود هیچ کاری انجام نمی‌دهد.

۲) فرض کانال منفرد: یک کانال منفرد برای تمام ارتباطات در دسترس می‌باشد به این معنا که تمام ایستگاه‌ها از طریق آن می‌توانند پیامی را دریافت و یا ارسال کنند. ایستگاه‌ها از نظر سخت‌افزار یکسان ولی ممکن است از نظر نرم‌افزار اولویتهایی را برای آنها ایجاد کند.

۳) فرض برخورد: اگر ۲ قاب بطور همزمان با هم فرستاده شوند، از نظر زمانی با یکدیگر تداخل کرده و سیگنال حاصل نامفهوم خواهد بود، به این اتفاق برخورد گویند. تمام ایستگاه‌ها می‌توانند برخوردها را تشخیص دهند، یک قابی که دچار برخورد شده است باید بعداً دوباره ارسال شود.

۴ الف) زمان پیوسته: انتقال قاب را می‌توان در هر زمانی آغاز کرد و ساعتی وجود ندارد که زمان را به فاصله‌های زمانی گسسته تقسیم کند.

۴ ب) زمان برهه‌ای: زمان به فواصل مجزایی (برهه) تقسیم می‌شود انتقال قاب همواره از ابتدای یک مقطع زمانی شروع می‌شود. مقطع یا برهه ممکن است حاوی ۰، ۱ و یا چند قاب باشد که به ترتیب برابر با مقطع زمانی آزاد، انتقال موفق و یا یک برخورد می‌باشد.

۵ الف) تشخیص وضعیتهای حامل: ایستگاه‌ها می‌توانند تشخیص دهند که آیا یک کانال قبل از اینکه مورد استفاده قرار گیرد اشغال است یا خیر. اگر کانال اشغال باشد هیچ ایستگاهی نمی‌تواند از آن استفاده کند تا آزاد شود.

۵ ب) عدم تشخیص وضعیت حامل: ایستگاه‌ها نمی‌توانند وضعیت کانال را قبل از استفاده تشخیص دهند. آنها پس از شروع به انتقال می‌توانند تعیین کنند که آیا انتقال موفق بوده است یا خیر.

### حال در ادامه به شرح فرضهای ذکر شده می‌پردازیم:

فرض اول: می‌گویند ایستگاه‌ها مستقل هستند و قابها با سرعت ثابتی تولید می‌شوند و نیز بطور ضمنی فرض می‌کند که هر ایستگاه دارای فقط یک کاربر یا ایستگاه می‌باشد

پس تا زمانیکه ایستگاه قفل می‌باشد هیچ قابی تولید نمی‌شود ولی در مدل‌های پیچیده که ایستگاه‌هایی که دارای چند برنامه می‌باشد می‌توانند در صورت قفل بودن یک ایستگاه قاب تولید کنند هر چند که تجزیه و تحلیل این ایستگاه‌ها بسیار پیچیده است.

فرض دوم، بسیار مهم است. در این فرض هیچ راه خارجی برای ارتباط وجود ندارد ایستگاه‌ها نیز نمی‌توانند همانند دانش‌آموزان دست‌های خود را بالا ببرند تا معلم از آنها درس بپرسد.

فرض سوم: نیز فرض بنیادی می‌باشد ولی در بعضی از سیستم‌ها (بویژه، طیف گسترده) این فرض چندان مهم نیست و نتایج عجیبی بدست می‌آید. همچنین تعدادی از شبکه‌های محلی مانند شبکه‌های حلقوی عبور یک حلقه ویژه از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر.

۲ فرض متفاوت در مورد زمان ممکن است وجود داشته باشد، یعنی یا پیوسته است و یا برهه‌ای.

بعضی از سیستم‌ها از زمان پیوسته و بعضی سیستم‌ها از زمان برهه‌ای استفاده می‌کنند، لذا ما می‌خواهیم هر دو فرض را تجزیه و تحلیل کنیم واضح است که برای سیستم خاصی فقط از یکی از آنها استفاده می‌شود. همچنین یک شبکه می‌تواند هم قادر به تشخیص وضعیت حامل باشد و هم می‌تواند نباشد. اما بطور معمول شبکه‌های محلی قادر به تشخیص وضعیت حامل هستند. اما شبکه‌های بی‌سیم نمی‌توانند تشخیص دهند که علت آن تأخیر انتشار طولانی امواج رادیویی از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر می‌باشد. ایستگاه‌ها در شبکه‌هایی با امکان تشخیص وضعیت حامل در صورتیکه متوجه شوند که انتقال آنها با انتقال دیگری برخورد می‌کند.

به انتقال خود خاتمه می‌دهند. قابل توجه است که منظور از کلمه "حامل" در این جا سیگنال الکتریکی بروی کابل است و ربطی به حامل‌های معمولی که تاریخ آن به زمان پست سریع‌السير قدیم بر می‌گردد ندارد.

#### ۴-۵ قراردادهای دستیابی چند گانه

الگوریتم‌های زیادی برای تخصیص کانال با دستیابی چندگانه وجود دارد. در بخشهای بعدی نمونه‌ای از الگوریتم‌های جالب را بررسی می‌کنیم و مثالهایی از کاربرد آنها ارائه می‌دهیم.

##### ALOHA ۱-۵-۴

در دهه ۱۹۷۰ نورمن آرامسون و همکارش در دانشگاه هاوایی یک روش دقیق و جدیدی را برای حل مشکل تخصیص کانال ارائه کردند کار آنها توسط عده‌ای از پژوهشگران ادامه یافت.

کار آرامسون سیستم الو نامیده می‌شود که از پخش رادیویی زمینی استفاده می‌کند. ایده اصلی این سیستم متعلق به هر سیستمی است که در آن کاربران به شکل هماهنگ نشده‌ای بخواهند برای استفاده از یک کانال مشترک در دسترس رقابت کنند. اکنون راجع به ۲ نوع از الوها بحث می‌کنیم:

#### الوهای برهه‌ای و الوهای محض

تفاوت آنها در توجه یا عدم توجه به برهه‌ای شدن زمانی است که قابها باید در آنها واقع شوند. الوهای محض نیازی به همزمان‌سازی زمانی ندارند در صورتیکه الوهای برهه‌ای نیازمندند.

##### Pure ALOHA ۱-۱-۵-۴

ایده اصلی در الوها، سیستم ساده‌ای است که کاربران اجازه دارند در هر زمان که بخواهند داده‌ها را ارسال کنند البته با این کار برخوردهایی صورت می‌گیرد و قابهایی نیز از بین می‌روند.

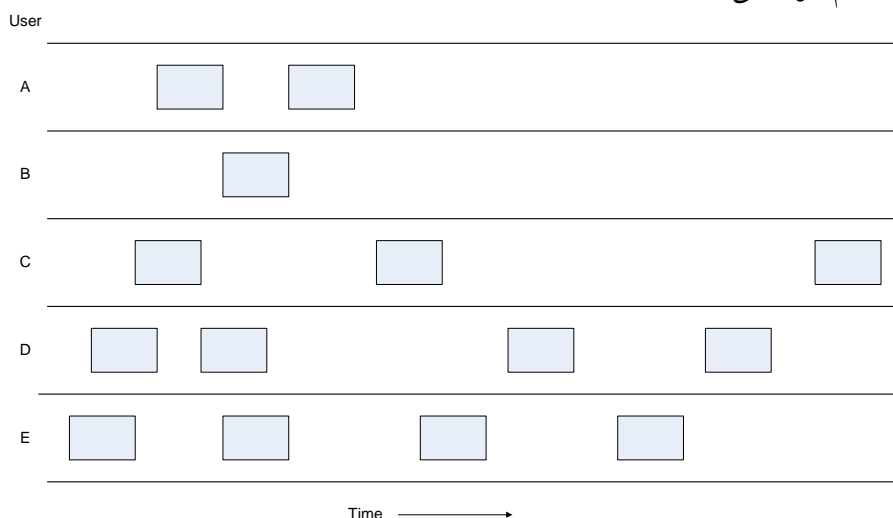


لایه پیوند داده‌ها ۱۹۱

اما فرستنده به خاطر خاصیت بازخوردی در پخش همانطوریکه کاربران دیگر عمل می‌کنند می‌تواند با گوش دادن به کانال متوجه شود که آیا قاب ارسالی از بین رفته است یا خیر.

بعنوان مثل بازخورد در شبکه محلی بلافاصله انجام می‌شود و در شبکه ماهواره‌ای با تأخیری ۲۷۰ میلی‌ثانیه‌ای متوجه می‌شود که انتقال موفق بوده است.

اگر گوش دادن به تمامی انتقال‌ها ممکن نباشد بعلت دلایلی این اعلام وصول نیاز است. اگر قابی از بین رفته و یا خراب شده باشد فرستنده مدتی را به شکل تصادفی منتظر مانده سپس آن قاب را مجدداً ارسال می‌کند، لازم به ذکر است که زمان انتظار برای ارسال مجدد قاب بایستی حتماً تصادفی باشد چون در غیر اینصورت همان قابها بارها و بارها با هم برخورد می‌کنند. در سیستمهایی که چندین کاربر از یک کانال بطور مشترک استفاده می‌کنند، این مسأله می‌تواند باعث برخورد شود. اینگونه سیستمها را سیستمهای رقابتی می‌گویند. شکل ۴-۱۳ نشاندهنده یک نمای کلی ایجاد قاب در سیستم الوها می‌باشد.



شکل ۴-۱۳

همانطوریکه در شکل مشخص است به خاطر آنکه بازدهی سیستم الوها بیشترین مقدار را داشته باشد طول تمام قابها را یکسان گرفته‌ایم.

وقتی ۲ قاب بطور همزمان سعی می‌کنند یک کانال را اشغال کنند برخورد صورت می‌گیرد و هر دو قاب خراب می‌شوند. اگر اولین بیت از یک قاب جدید با آخرین بیت قاب قبلی همپوشانی کند، هر دو قاب از بین می‌رود و مجبور هستیم هر دو قاب را مجدداً ارسال کنیم. جمع کنترلی نمی‌تواند (و نباید بتواند) تفاوتی بین از بین رفتن و خطای تقریبی قائل شود.

یعنی اینکه بد، بد است. سوال جالبی که در اینجا مطرح است این است که: کارایی کانال الوها چقدر است؟ عبارت دیگر چه تعدادی از قابها در هنگام انتقال تحت یک اوضاع نامرتب دچار برخورد می‌شوند؟

در ابتدا اجازه بدهید مجموعه‌ای از کاربران محاوره‌ای را که پای کامپیوترهای (ایستگاه‌های) خود نشسته‌اند را در نظر بگیریم.

یک کاربر همیشه در یکی از ۲ حالت زیر قرار دارد: تایپ یا انتظار. در ابتدا تمامی کاربران در حالت تایپ قرار دارند، وقتی یک خط تمام می‌شود کاربر تایپ را تمام می‌کند و منتظر پاسخ می‌ماند. سپس ایستگاه یک قاب را که شامل خط است ارسال کرده و کانال را چک می‌کند تا ببیند که آیا موفق بوده است یا خیر. اگر موفق بود، کاربر پاسخ را دیده و شروع به تایپ می‌کند، اما اگر موفق نبود کاربر منتظر می‌ماند و بارها و بارها قابها را ارسال می‌کند تا با موفقیت ارسال شود.

فرض کنیم که "زمان قاب" زمانی مورد نیاز برای انتقال قابی استاندارد با طول ثابت (یعنی طول قاب تقسیم بر سرعت بیت) می‌باشد. در اینجا فرض بر این است که تعداد نامحدودی از کاربران قابهای جدیدی را طبق نظریه توزیع پواسون با میانگین  $N$  در زمان قاب تولید می‌کنند. (فرضیه نامحدود بودن کاربران بدین جهت ضروری است که اطمینان حاصل شود که  $N$  با منتظر ماندن کاربران کاهش نیابد).

اگر  $N > 1$  باشد کاربران قابها را با سرعتی بیشتر از توان کنترلی کانال تولید می‌کنند و تقریباً هر قاب دستخوش برخورد می‌شود. برای آنکه توان عملیاتی مناسب باشد  $N$  باید بین ۰ و ۱ باشد یعنی  $0 < N < 1$ .

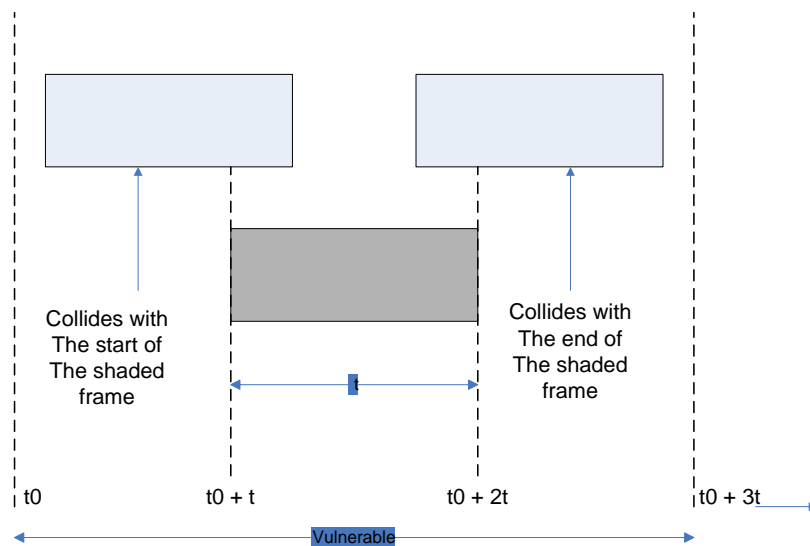
لایه پیوند داده‌ها ۱۹۳

ایستگاه‌ها علاوه بر قابهای جدید قابهای قبلی را که دچار برخورد شده‌اند مجدداً ارسال می‌کنند.

حال فرض کنیم که احتمال  $K$  انتقال به ازای هر زمان قاب چه قدیمی و چه جدید از نظریه پواسون بامیانگین  $G$  در زمان قاب پیروی می‌کند و واضح است که  $G \geq N$  می‌باشد. در بار کم ( $N \approx 0$ ) تعداد برخوردها نیز کم خواهد بود و در نتیجه ارسال مجدد قابها نیز کم می‌شود. لذا  $S \approx 0$  می‌باشد. اما در بار با ظرفیت بالا تعداد برخوردها تقریباً زیاد است یعنی  $G > N$  می‌باشد.

در تمامی ظرفیتهای توان عملیاتی یعنی  $S$  برابر است با ظرفیت پیشنهادی یعنی  $G$  ضربدر احتمال موفقیت یعنی  $P_0$  که برابر است با  $S = GP_0$ ، که در اینجا  $P_0$  احتمال عدم برخورد یک قاب است.

همانطوریکه در شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است اگر از زمان شروع یک قاب در طول ارسال قاب، قاب دیگری فرستاده شود برخوردی صورت نمی‌گیرد. با توجه به شکل، این سوال مطرح است که تحت چه شرایطی قاب هاشور خورده سالم به مقصد می‌رسد؟



شکل ۴-۱۴

اگر  $t$  زمان مورد نیاز برای ارسال یک قاب باشد و هر کاربر دیگری قابی را بین  $۲$  زمان  $t$  و  $t+t$  تولید کند انتهای قاب با ابتدای قاب هاشور خورده برخورد خواهد کرد. در واقع سرنوشت قاب هاشور خورده حتی قبل از ارسال اولین بیت معلوم شده است، اما چون از آنجائیکه در الوهای محض ایستگاه قبل از ارسال به کانال گوش نمی‌دهد نمی‌تواند متوجه شود که قاب دیگری آماده ارسال است، بطور مشابه هر قاب دیگری که بین  $۲$  زمان  $t_0+t$  و  $t_0+2t$  شروع به ارسال می‌کند با انتهای قاب هاشور خورده برخورد خواهد کرد.

احتمال اینکه  $K$  قاب در اثنای زمان قاب معینی تولید شود بوسیله توزیع پواسون بدست می‌آید که به شکل زیر است :

$$P_r[k] = G^k e^{-G} / k!$$

بنابراین احتمال صفر قاب برابر  $e^{-G}$  می‌باشد و در یک فاصله زمانی به طول  $۲$  برابر زمان قاب، میانگین تعداد قابهای تولید شده  $2G$  می‌باشد. بر همین اساس احتمال اینکه هیچ ترافیک دیگری در طول دوره آسیب‌پذیری کامل آغاز نشود برابر  $P_0 = e^{-2G}$  می‌باشد و با استفاده از  $S = Gp_0$  داریم :  $S = Ge^{-2G}$  در شکل ۳-۴ رابطه بین ترافیک پیشنهادی و توان عملیاتی نشان داده شده است.

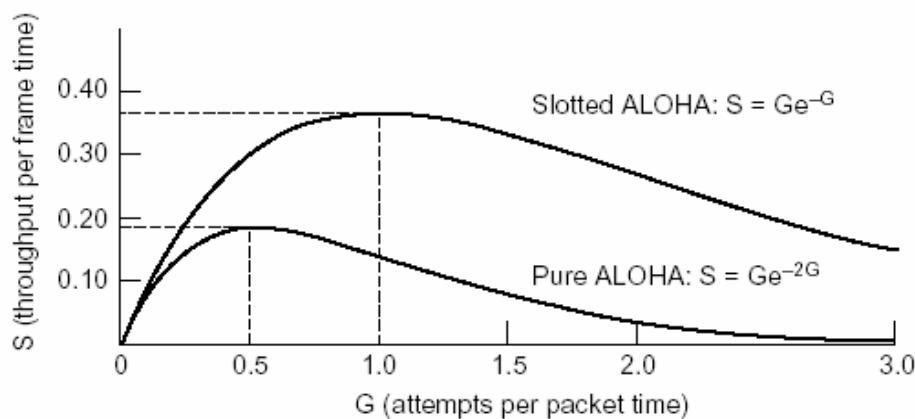
بیشترین توان عملیاتی در  $G=0.5$  و با  $S=1/2e$  رخ می‌دهد که مقدار آن در حدود  $۰/۱۸۴$  می‌باشد. بعبارت دیگر بهترین کارایی برای یک کانال چیزی در حدود  $۱۸$  درصد می‌باشد. این نتیجه خیلی رضایت‌بخش نیست اما هر کس که عمل انتقال را انجام می‌دهد به سختی می‌تواند انتظار موفقیت  $۱۰۰$  درصد را داشته باشد.

#### Slotted ALOHA ۲-۱-۵-۴

در سال ۱۹۷۲ رابرتس روشی را برای دو برابر کردن ظرفیت سیستم الوها ارائه کرد. او پیشنهاد کرد که زمان را به بخشهایی تقسیم کنیم و هر بخش را به یک قاب اختصاص دهیم. این روش نیازمند این است که کاربران با مرزبندی‌های برهه‌ای موافقت کنند. یک روش همزمان‌سازی این است که هر ایستگاه در آغاز هر بخش مانند ساعت بوق بزند.

در روش رابرتس که با الوهای برهه‌ای شناخته می‌شود در حقیقت نقطه مقابل الوهای محض می‌باشد به این معنا که اجازه ارسال به یک کامپیوتر در هر زمان داده نمی‌شود و لازم است که منتظر شروع برهه بعدی باشد، بنابراین این الوهای محض پیوسته به الوهای برهه‌ای تبدیل می‌شوند و از آنجائیکه دوره آسیب‌پذیری در حال حاضر به نصف کاهش می‌یابد، احتمال اینکه هیچ ترافیک دیگر در طی همان برهه قاب مورد آزمایش ما نباشد برابر است با  $e^{-G}$  که از آن به رابطه زیر می‌رسیم.

$$S = Ge^{-G}$$



شکل ۴-۱۵

همانطوریکه در شکل ۴-۱۵ مشخص است اوج می‌توان عملیاتی در  $G=1$  می‌باشد که برابر است با  $S=1/e$  که چیزی در حدود  $0.368$  می‌باشد که ۲ برابر الوهای محض می‌باشد.

اگر سیستم در  $G=1$  شروع به کار کند احتمال برهه بیکار برابر  $0.368$  می‌باشد. بهترین وضعیتی که می‌توانیم برای الوهای برهه‌ای بدست می‌آوریم دارای چیزی در حدود  $37\%$  برهه‌ها بیکار،  $37\%$  موفق و  $26\%$  دارای برخورد است.

فعالیت در مقادیر بالاتر از  $G$  از تعداد برهه‌های بیکار می‌کاهد ولی تعداد برخوردها به شکل توانی افزایش می‌یابد. برای اینکه ببینیم که چطور این رشد ناگهانی برخوردها با  $G$  بوجود می‌آید کافی است که انتقال یک قاب مورد آزمایش را در نظر بگیریم.

احتمال عدم برخورد برابر  $e^{-G}$  می‌باشد که برابر است با احتمال اینکه تمام کاربران در آن برهه خاموش هستند، که در این صورت احتمال برخورد برابر است با  $1 - e^{-G}$  احتمال یک انتقال دقیقاً نیازمند  $K$  تکرار می‌باشد (بعبارت دیگر  $K-1$  برخورد یک موفقیت در پی دارد) برابر است با :

$$P_k = e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1}$$

تعداد انتقال مورد انتظار  $E$  به ازای هر بار فشردن کلید **Enter** برابر است با:

$$E = \sum k P_k = \sum k e^{-G}(1 - e^{-G})^{k-1} = e^G$$

بعنوان نتیجه‌ای از وابستگی توانی  $E$  به  $G$  افزایش کوچکی در ظرفیت کانال می‌تواند به شدت از کارایی آن بکاهد.

الوهای برهه‌ای از این جهت که شروع آنها واضح و آشکار نیست مهم می‌باشند. این نظریه در سال ۱۹۷۰ بر روی یکسری سیستم ابتدایی آزمایش و به فراموشی سپرده شد. وقتی دستیابی به اینترنت از طریق کابل بوجود آمد، همه بطور ناگهانی متوجه این مسأله شدند که چطور می‌توان یک کانال مشترک را از طریق دستیابی چندگانه کاربرانی را که با هم رقابت دارند اختصاص داد و الوهای برهه با خارج کردن داده‌های بی مصرف باعث صرفه جویی در وقت می‌شود. غالباً اتفاق افتاده که یکسری از قوانین کاملاً معتبر بدلائل سیاسی کنار گذاشته شده است، اما سالها بعد تعدادی از اشخاص با هوش موافقت کردند که از قراردادهایی که به مدت طولانی کنار گذاشته شده بود برای رفع مشکلات جاری استفاده کنند. به همین دلیل در این فصل ما می‌خواهیم تعدادی از این قراردادها را که بطور معمول استفاده نمی‌شود بررسی کنیم اما ممکن است به آسانی در آینده در خواستهایی به اندازه کافی برای استفاده از آنها در اختیار طراحان شبکه قرار نگیرد.

#### CSMA ۲-۵-۴

بهترین کارایی کانال در الوهای برهه‌ای  $1/e$  می‌باشد، زیرا ایستگاه‌هایی که بدون توجه به ایستگاه‌های دیگر عمل انتقال را انجام می‌دهند موجب برخوردهای زیادی می‌شوند. بنابراین در یک شبکه محلی برای ایستگاه‌ها این امکان وجود دارد که متوجه عمل

لایه پیوند داده‌ها ۱۹۷

ایستگاه‌های دیگر شوند و رفتارشان را بر طبق آنها تعدیل کنند. بهره‌وری این شبکه‌ها می‌تواند بیشتر از  $1/e$  باشد. در ادامه به تعدادی از قراردادهایی که موجب بهبود کارایی می‌شود می‌پردازیم :

قراردادهایی که به کانال گوش داده می‌شود و بر طبق آن عمل می‌شود را قراردادهای تشخیص وضعیت حامل می‌نامیم. تعدادی از آنها پیشنهاد شده است و کلیراک و توباگی در سال ۱۹۷۵ جزئیات تعدادی از این قراردادها را تحلیل کرده‌اند. در ادامه چند نوع از این قراردادها را بررسی خواهیم کرد.

#### ۴-۵-۲-۱ Persistent and Non Persistent CSMA

اولین قرارداد تشخیص وضعیت حامل که می‌خواهیم بررسی کنیم سی‌اس‌ام‌ای پایدار-۱ نامیده می‌شود.

وقتی ایستگاهی بخواهد داده‌ای را ارسال کند در ابتدا به کانال گوش می‌کند تا ببیند که آیا کسی همان موقع مشغول انتقال داده می‌باشد یا خیر، اگر کانال مشغول بود ایستگاه منتظر می‌شود تا کانال آزاد شود و وقتی ایستگاه کانال آزادی را بدست آورد قاب را ارسال می‌کند و اگر برخوردی رخ دهد ایستگاه برای مدت زمانی که مقدار آن تصادفی می‌باشد منتظر می‌ماند و دوباره قاب را ارسال می‌کند.

لازم به ذکر است علت نامیدن قرارداد به قرارداد پایدار-۱ به این است که هر ایستگاه در صورت پیدا کردن کانال آزاد عمل انتقال را با احتمال ۱ انجام می‌دهد.

تأخیر انتشار تأثیر بسیار مهمی بر کارایی قرارداد دارد. این احتمال کم است که بلافاصله پس از شروع ارسال پیام توسط یک ایستگاه، ایستگاه دیگری آماده ارسال پیام و تشخیص وضعیت کانال باشد. اگر سیگنال ایستگاه اول به ایستگاه دوم نرسیده باشد و ایستگاه دوم احساس کند که کانال آزاد است و شروع به ارسال کند برخورد صورت می‌گیرد. هرچه تأخیر انتشار طولانی‌تر باشد اثر آن بیشتر است و باعث می‌شود که کارایی قراردادها بدتر شود.

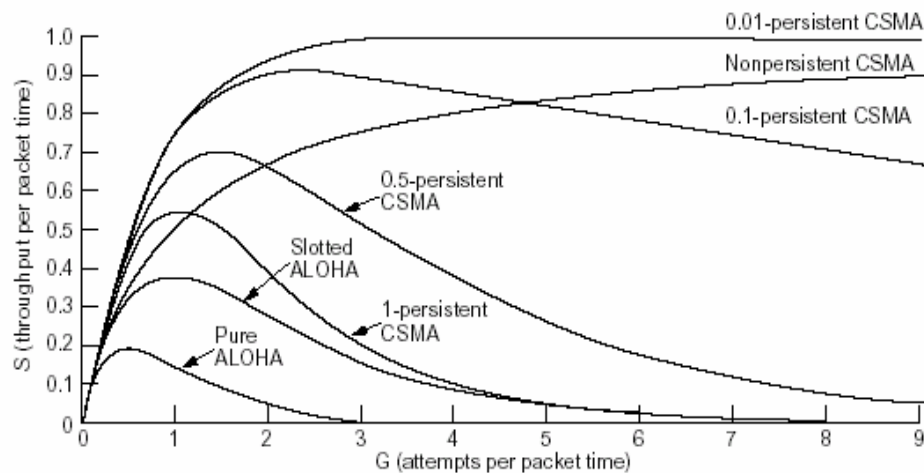
حتی اگر تأخیر انتشار به صفر برسد باز برخورد وجود خواهد داشت، بطور مثال اگر ۲ ایستگاه از وسط انتقال ایستگاه سوم آماده شود، هر دو منتظر خواهند شد تا عمل انتقال به پایان برسد و هر دو بطور همزمان شروع به انتقال خواهند کرد که این عمل، باعث برخورد خواهد شد. اگر آنها مقدار بیشتری منتظر می‌ماندند قطعاً برخورد کمتری صورت می‌گرفت. با این وجود این قرارداد بعثت آنکه هر دو ایستگاه به تناسب از مزاحمت برای انتقال قاب ایستگاه سوم خودداری می‌کنند از الوهای محض بهتر می‌باشد. با توجه مزیت ذکر شده متوجه می‌شویم که کارایی آن از الوهای محض و برهه‌ای بهتر می‌باشد.

دومین قرارداد تشخیص وضعیت حامل CSMA ناپایدار می‌باشد. در این قرارداد یک تلاش آگاهانه باعث می‌شود که نیاز کمتری نسبت به نیازی که در قرارداد اول وجود داشت، باشد. در این قرارداد قبل از ارسال وضعیت کانال را تشخیص می‌دهد به این معنا که اگر ارسالی وجود نداشت ایستگاه شروع به ارسال می‌کند و اگر کانال اشغال باشد دائماً وضعیت آنرا تشخیص نمی‌دهد تا به محض اینکه کانال آزاد شد شروع به ارسال کند در مقابل زمانی را بطور تصادفی منتظر می‌ماند، آنگاه الگوریتم را تکرار میکند و در نتیجه باعث می‌شود که بهره‌وری کانال بیشتر و تأخیر انتشار آن نسبت به سی اس ام ای پایدار ۱ طولانی‌تر می‌باشد.

آخرین قرارداد سی اس ام ای پایدار  $p$  می‌باشد. این قرارداد در کانال‌های برهه‌ای کاربرد دارد، به این معنا که وقتی یک ایستگاه آماده شد تا عمل ارسال را شروع کند وضعیت کانال را تشخیص می‌دهیم، اگر آن آزاد باشد عمل انتقال را با احتمال  $p$  انجام می‌دهیم و با احتمال  $q=1-p$  آنرا تا مقطع زمانی بعد به تأخیر می‌اندازیم. اگر برهه بعدی آزاد باشد عمل انتقال را با احتمال  $p$  انجام می‌دهیم، در غیر اینصورت مجدداً با احتمال  $q$  عمل را به تأخیر می‌اندازیم. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا آنجا که یا یک قاب انتقال پیدا می‌کند و یا اینکه ایستگاه دیگر شروع به ارسال کند. از طرف دیگر اگر ایستگاه ناموفق عمل کند به این معناست که برخورد صورت گرفته است. اگر ایستگاه احساس کند که کانال اشغال است، تا برهه بعدی منتظر مانده و الگوریتم را بکار



می‌برد. مطابق شکل ۱۶-۴ توان عملیاتی را در برابر ترافیک برای ۳ قرارداد و همچنین برای الوهای برهه‌ای و محض نشان داده است.



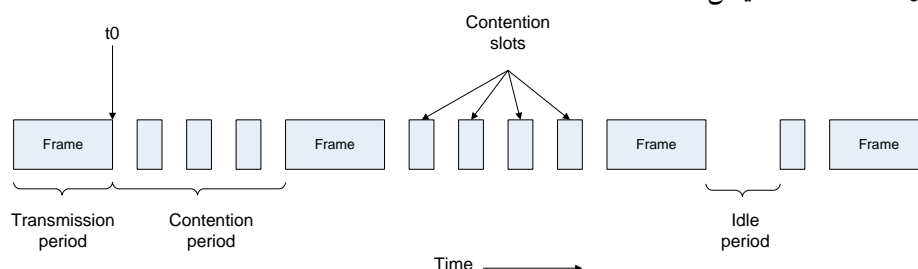
شکل ۱۶-۴

#### CSMA/CD ۲-۲-۵-۴

قراردادهای سی‌اس‌ام‌ای پایدار و ناپایدار به علت آنکه هیچ ایستگاهی در صورت تشخیص اشغال بودن کانال عمل انتقال را انجام نمی‌دهند و این عمل را تضمین می‌کند لذا به الوها برتری دارند. مزیت دیگر این است که ایستگاه وقتی برخوردی را تشخیص دهد عمل انتقال را خاتمه می‌دهد، به عبارت دیگر اگر ۲ ایستگاه تشخیص دهند که کانال آزاد است و هر دو همزمان عمل انتقال را انجام دهند، بلافاصله برخورد را تشخیص می‌دهند. به همین منظور ایستگاه‌ها به جای آنکه عمل انتقال قابهایی را که به شکل جبران‌ناپذیری مخدوش شده است را تمام کنند باید به محض تشخیص برخورد عمل انتقال را متوقف کنند.

این عمل باعث می‌شود در زمان و پهنای باند صرفه‌جویی شود این قرارداد بعنوان سی‌اس‌ام‌ای/دی (انتقال با تشخیص برخورد) شناخته می‌شود که بطور گسترده‌ای در شبکه‌های محلی و زیرلایه‌های مک استفاده می‌شود.

سی اس ام ای/ سی دی همچون بسیاری از قراردادهای شبکه محلی از مدل مفهومی شکل ۴-۱۷ استفاده می‌کند، یعنی در نقطه‌ای که با  $t_0$  مشخص شده است، ایستگاهی عمل انتقال قاب خود را به اتمام رسانده است و ممکن است که ایستگاه دیگری که یک قاب برای ارسال دارد سعی در انجام دارد و اگر ۲ یا ایستگاه بیشتری تصمیم بگیرند بطور همزمان عمل انتقال را انجام دهند لاجرم برخورد صورت خواهد گرفت. برخورد را می‌توان با مقایسه توان و یا پهنای پالس سیگنال دریافت شده با سیگنال ارسال شده تشخیص داد.



شکل ۴-۱۷

بعد از آنکه ایستگاهی متوجه به یک برخورد شد، عمل انتقال را متوقف کرده و یک زمان تصادفی را منتظر می‌ماند، آنگاه با فرض اینکه هیچ ایستگاه دیگری در این مدت شروع به ارسال نکرده مجدداً شروع به ارسال می‌کند. به همین جهت مدل سی اس ام ای \_ سی دی شامل رقابتی متناوب و دوره‌های انتقال خواهد بود و پریودهای آزاد وقتی رخ می‌دهد که همه ایستگاه‌ها ساکت باشند.

اکنون بطور واضح جزئیات الگوریتم مورد بحث را مورد بررسی قرار می‌دهیم، فرض کنید که ۲ ایستگاه دقیقاً باهم در زمان  $t_0$  شروع به انتقال می‌کنند.

حال چه مدت طول می‌کشد که آنها برخورد را تشخیص دهند؟ پاسخ این پرسش در تعیین طول دوره رقابت و در نتیجه میزان تأخیر و توان عملیاتی مؤثر خواهد بود.

کمترین زمان برای تشخیص برخورد دقیقاً برابر با زمان لازم برای انتشار سیگنال از ایستگاهی به ایستگاه دیگر است.

بر اساس این استدلال ممکن است فکر کنید ایستگاهی که در مدت زمانی برابر کل زمان انتشار در کابل بعد از شروع انتقال اولین قاب خود برخوردی را احساس نکند می‌تواند مطمئن شود که کابل را اشغال کرده است. منظور از اشغال کردن این است که تمامی ایستگاه‌ها می‌دانند که آن ایستگاه در حال انتقال است و مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند البته این نتیجه‌گیری درست نیست، به همین منظور فرض کنید در بدترین وضعیت زمان انتشار سیگنالی بین دورترین فاصله  $2\tau$  ایستگاه  $\tau$  باشد و در  $t_0$  یک ایستگاه شروع به انتقال کند، در زمان  $\tau - \varepsilon$  یعنی آخرین لحظه پیش از رسیدن سیگنال به دورترین ایستگاه آن ایستگاه نیز شروع به انتقال می‌کند. این ایستگاه فوراً برخورد را تشخیص داده و توقف می‌کند، ولی انحلال ناگهانی اندک ناشی از برخورد تا زمان  $2\tau - \varepsilon$  به ایستگاه اولیه باز نمی‌گردد، به عبارت دیگر در بدترین حالت، یک ایستگاه نمی‌تواند مطمئن شود که کانال را اشغال کرده است مگر اینکه به مدت  $2\tau$  عمل انتقال انجام گیرد و هیچگونه برخوردی احساس نشود. به همین دلیل فاصله رقابت را همانند سیستم الوهای برهه‌ای با برهه‌ای به اندازه  $2\tau$  مدلسازی می‌کنیم. روی یک کابل کوآکسیال بطول ۱ کیلومتر  $\tau$  تقریباً برابر ۵ می‌باشد. برای سادگی ما فرض می‌کنیم هر برهه شامل فقط یک بیت می‌باشد. بنابراین وقتی ایستگاهی کانالی را اشغال کرد می‌تواند به هر سرعتی که می‌خواهد عمل انتقال را انجام دهد البته نه با سرعتی که درست معادل ۱ بیت در هر  $2\tau$  ثانیه باشد.

درک کردن این نکته که تشخیص برخورد فرآیندی آنالوگ است بسیار مهم است. سخترفزار ایستگاه باید هنگام انتقال به کابل گوش فرا دهد. اگر آنچه را که تکرار می‌شود با آنچه را که منتشر شده است تفاوت داشته باشد. متوجه می‌شویم که برخوردی رخ داده است. این بدان معناست که کدگذاری سیگنال باید امکان تشخیص برخورد را فراهم کند. (بعنوان مثال تشخیص برخورد ۲ سیگنال صفر ولتی به خوبی ممکن نیست). به همین دلیل از کدگذاری ویژه‌ای بطور معمول استفاده می‌شود. این نکته قابل توجه است که یک ایستگاهی که عمل ارسال را انجام می‌دهد باید دائماً کانال را کنترل و گوش کند، چون ممکن است اختلال ناگهانی باعث شود که برخورد را متوجه نشویم. به همین منظور سی اس ام ای \_ سی دی با یک کانال منفرد بطور ذاتی یک سیستم نیمه ۲ تابی است.

برای یک ایستگاه عمل انتقال و دریافت یک قاب بطور همزمان غیر ممکن است چون در یک دریافت منطقی جستجو برای یافتن برخورد عملی هر انتقال صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که زیرلایه مک تحویل قابل اعتماد را تضمین نمی‌کند، حتی در صورت عدم برخورد گیرنده به دلایل متعددی قابها را نیز بطور صحیح کپی نمی‌کند.

#### ۴-۵-۳ قراردادهای بدون برخورد

با اینکه در سی اس ام ای \_ سی دی ایستگاهی که کانال را اشغال کرده برخوردی رخ نمی‌دهد اما هنوز امکان رخ دادن این برخورد در زمان رقابت وجود دارد. این برخوردها بر کارایی سیستم تأثیر زیانباری دارد، بویژه وقتی که طول کابل زیاد و قاب کوتاه باشد با توجه به اینکه سی اس ام ای \_ سی دی در همه جا کاربرد ندارد. در این بخش به بررسی قراردادهایی که موضوع رقابت برای بدست آوردن کانال را بدون هیچ برخوردی حتی در حین رقابت حل می‌کند، می‌پردازیم. لازم به ذکر است که بیشتر این قراردادها بطور معمول در سیستمهای اصلی استفاده نمی‌شود.

در تمام این قراردادها فرض بر این است که  $N$  ایستگاه وجود دارد و هر ایستگاهی آدرس منحصر به فرد از  $0$  تا  $N-1$  را دارا می‌باشد. این مطلب مهم نیست که بعضی از ایستگاهها ممکن است در برهه‌ای از زمان غیر فعال باشد، فرض بر این است که تاخیر انتشاری بسیار ناچیز است. حال سوال اساسی این است که کدام ایستگاه بعد از یک انتقال موفق کانال را بدست می‌آورد. بحث را با مدل شکل سی اس ام ای سی دی و زمانهای رقابت جداگانه ادامه می‌دهیم.

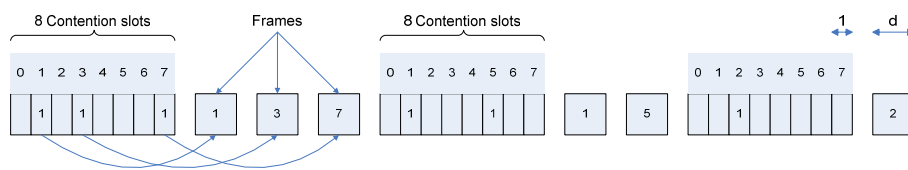
#### ۴-۵-۳-۱ Bitmap

نخستین قرارداد بدون برخورد قرارداد بیت نگاشت می‌باشد. هر دوره رقابت دقیقاً شامل  $N$  برهه یا مقطع زمانی می‌باشد. بطور مثال اگر ایستگاه صفر قابی برای ارسال داشته باشد در طی مقطع زمانی صفر ۱ بیت ارسال می‌کند. در طی این مقطع زمانی هیچ ایستگاهی اجازه انتقال ندارد. جدای از آنچه که ایستگاه صفر انجام می‌دهد ایستگاه ۱ فرصت این را دارد که یک بیت را در مقطع زمانی ۱ ارسال کند ولی این امکان وقتی

لایه پیوند داده‌ها ۲۰۳

وجود دارد که قاب صف‌بندی شده باشد. بطور کلی ایستگاه  $j$  ممکن است اعلام کند با قرار دادن بیت ۱ در مقطع زمانی  $j$  قابی را برای ارسال دارد.

بعد از عبور تمام  $N$  مقطع زمانی هرایستگاه بطور کامل می‌داند که خواسته‌های ایستگاه دیگر برای انتقال چیست. در آن موقع آنها همانطوری که در شکل ۴-۱۸ نشان داده شده است به ترتیب اعداد شروع به انتقال می‌کنند.



شکل ۴-۱۸

از آنجائیکه هر کس برای نفر بعدی به توافق رسیده است، لذا هیچ برخوردی روی نمی‌دهد. بعد از آنکه آخرین ایستگاه نیز آماده ارسال قاب شد و اتفاقی که تمام ایستگاه‌ها می‌توانند مشاهده کنند رقابتی است که بین  $N$  بیت دیگر شروع شده است. حال اگر یک ایستگاهی درست بعد از آنکه مقطع زمانی‌اش تمام شد آماده ارسال شود شانس خود را از دست داده و باید منتظر بماند تا همه ایستگاه‌ها کار خود را انجام دهند و عملیات بیت نگاشت مجدداً آغاز شود. قراردادهایی که در آنها تقاضای انتقال به شکل پخشی قبل از انتقال واقعی وجود دارد را قراردادهای رزروسازی می‌نامند.

حال به اختصار کارایی این قرارداد را تحلیل می‌کنیم. برای سهولت زمان را برحسب واحدهایی از مقطع زمانی بیت رقابت می‌سنجیم. بطوریکه قابهای داده‌ها شامل ۱ واحد زمانی باشد. تحت شرایط بار کم بدلیل وجود قابهای داده بیت نگاشت بارها و بارها تکرار خواهد شد.

شرایط را از نظر ایستگاهی با شماره کوچکتر مانند ۰ یا ۱ در نظر بگیرید متوجه می‌شوید بطور متداول هنگامی که آماده ارسال پیام می‌شود مقطع زمانی فعلی با برهه فعلی جایی در میانه بیت نگاشت قرار خواهد داشت. بطور متوسط هر ایستگاه مجبور

خواهد بود به اندازه مقطع زمانی  $N/2$  منتظر بماند تا این پویش فعلی تمام شود و در ادامه تمام  $N$  مقطع زمانی دیگر نیز برای کامل شدن این پویش قبل از آنکه انتقال شروع شود انجام شود.

شرایط از نظر ایستگاه‌ها با اعداد بزرگتر روشنتر است معمولاً این ایستگاه‌ها فقط مجبور هستند به اندازه نیمی از زمان برهه یعنی  $N/2$  برای پویش قبل از شروع انتقال منتظر شوند و به ندرت این ایستگاه‌ها مجبور هستند برای جستجوی بعدی منتظر بمانند.

از آنجائیکه ایستگاه‌ها با شماره کوچک باید بطور میانگین چیزی در حدود  $1.5N$  برهه و ایستگاه‌ها با شماره بزرگ بطور میانگین چیزی در حدود  $0.5N$  منتظر بمانند، لذا میانگین این مدت برای تمام ایستگاه‌ها برابر با  $N$  مقطع زمانی با برهه است، پس محاسبه کارایی کانال دربار کم آسان است به این شکل که اگر بار اضافی به ازای هر قاب،  $N$  بیت باشد و مقدار داده برابر  $d$  باشد به این ترتیب کارایی برابر با  $d/(N+d)$  می‌باشد.

در بار زیاد وقتی که تمامی ایستگاه‌ها در تمام مدت چیزی برای ارسال داشته باشند زمان رقابت برای  $N$  بیت برابر  $N$  قاب می‌شود که باعث بار اضافی فقط به اندازه ۱ بیت در هر قاب و یا کارایی آن  $d/(d+1)$  می‌شود میانگین تأخیر برای هر قاب، برابر است با حاصل جمع زمانی که هر قاب درون ایستگاه خود پشت سر می‌گذارد بعلاوه  $N(d+1)/2$  واحد دیگر که لازم است تا به سر صف داخلی خود برسد.

#### ۲-۳-۵-۴ Binary Count Down

یک مشکل قرارداد بیت نگاشت پایه وجود بار اضافی در هر ایستگاه می‌باشد لذا مقایسه برای هزاران شبکه به خوبی انجام نمی‌شود. با این وجود می‌توان با استفاده از آدرس دستگاه دودویی بهتر عمل کرد. به این شکل که یک ایستگاه برای استفاده از کانال آدرس خود رابه شکل یک رشته بیت دودویی با شروع از بیت پر ارزش پخش می‌کند. در این روش تمامی آدرس‌ها هم اندازه فرض شده‌اند. بیتها در هر آدرس و

موقعیت ایستگاه‌های متفاوت با هم **OR** منطقی می‌شوند این قرارداد که در دیتاکیت استفاده شده بود را شمارش معکوس دودویی می‌نامیم.

برای جلوگیری از برخورد باید یک قاعده داوری بطور معمول در نظر گرفته می‌شود: به محض اینکه ایستگاهی مشاهده کرد که بیت با ارزش که آدرس آن صفر است با یک جابجا شده و از ادامه کار منصرف می‌شود. برای مثال اگر ایستگاه‌های ۰۰۱۰، ۰۱۰۰، ۱۰۰۱، ۱۰۱۰ همگی سعی در بدست آوردن کانال داشته باشند در اولین زمان بیت ایستگاه به ترتیب ۱، ۰، ۱، ۰ را منتقل می‌کند، سپس اینها را با هم **OR** منطقی می‌کنیم تا ۱ بدست آید، ایستگاه‌های ۰۰۱۰ و ۰۱۰۰ این ۱ را می‌بینند و متوجه می‌شود که ایستگاهی با شماره بزرگتر سعی در اشغال کانال دارد از آنها صرف‌نظر کرده و ایستگاه‌های ۱۰۰۱ و ۱۰۱۰ ادامه می‌دهند. بیت بعدی صفر می‌باشد و هر دو ایستگاه ادامه می‌دهند بیت بعدی ۱ می‌باشد بنابراین برتری ایستگاه با شماره بزرگ بر ایستگاه با شماره کوچک یک ویژگی محسوب می‌شود که با توجه به موقعیت می‌تواند هم خوب باشد و هم بد.

کارایی کانال از روش  $d/(d+\log_2 N)$  بدست می‌آید، با این وجود اگر قالب قاب به شکل مناسبی انتخاب شود بطوریکه آدرس فرستنده اولین فیلد در قاب باشد آن موقع  $\log_2 N$  بیت از بین نخواهد رفت و کارایی آن ۱۰۰٪ می‌شود.

ماک و وارد شکل تغییر یافته‌ای از شمارش معکوس دودویی را با استفاده از رابطه موازی بجای رابطه سری تشریح کردند. آنها همچنین استفاده از شماره‌های ایستگاه مجازی را پیشنهاد کردند بطوریکه شماره‌های ایستگاه مجازی از صفر به بالا و از جمله ایستگاه موفق بعد از هر انتقال به شکل گردش جابجا می‌کنند، تا به این ترتیب ایستگاه‌هایی که برای مدت طولانی منتظر مانده اند اولویت پیدا کنند.

برای مثال اگر ایستگاه‌های **F, E, B, G, A, D, H, C** به ترتیب دارای اولویتهای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ باشند، در آنصورت **D** با انجام یک انتقال موفق در انتهای فهرست قرار می‌گیرد و ترتیب الویت به شکل **D, F, E, B, G, A, H, C** در می‌آید. بنابراین **C** اولویت

خود یعنی ۷ را حفظ کرده اما A از ۴ به ۵ ارتقاء می‌یابد و D از ۵ به صفر تنزل می‌کند. فقط وقتی که ایستگاه دیگری کانال را نخواهد می‌تواند آنرا اشغال نماید.

شمارش معکوس دودویی مثال ساده، دقیق و قراردادی کارآمد است که تا کنون مانند آن پیدا نشده است.

#### ۴-۵-۴ قراردادهای شبکه‌های محلی بی‌سیم

با رشد دستگاه‌های ارتباطی و کامپیوتری تقاضا برای اتصال آنها به دنیای خارج زیاد می‌شود. حتی خیلی از نخستین تلفنهای قابل حمل توانایی ارتباط با تلفنهای دیگر را داشتند. اولین کامپیوتر، این قابلیت را نداشت، اما به‌زودی استفاده از مودم بر روی شبکه‌های کامپیوتری عمومیت پیدا کرد.

این کامپیوترها برای ارتباط مستقیم و زنده مجبور بودند به سوکت دیواری تلفن وصل شوند. نیاز به اتصال از طریق سیم برای شبکه ثابت این است که کامپیوترها قابل حمل بودند و نه همراه، برای رسیدن به این امر کامپیوترهای قابل حمل برای ارتباط نیاز به استفاده از امواج رادیویی دارند. به این معنا که کاربران می‌توانستند به‌طور همزمان هنگام رانندگی و یا قایقرانی، نامه الکترونیکی را بخوانند و یا ارسال کنند. یک سیستم از کامپیوترهای قابل حمل که بوسیله رادیو با هم ارتباط برقرار می‌کنند، می‌تواند بعنوان شبکه محلی بی‌سیم همانطوری که قبلاً شرح دادیم در نظر گرفته شود. این نوع شبکه محلی از نظر خصوصیات با شبکه‌های محلی معمولی متفاوت است و نیاز ویژه‌ای به قراردادهای زیرلایه مک دارند که در این بخش می‌خواهیم بعضی از این قراردادها را مورد بررسی قرار دهیم.

پیکربندی معمولی برای شبکه‌های محلی بی‌سیم یک ساختمان اداری با ایستگاه‌های پای (نقاط در دسترس) که به شکل ویژه‌ای جایی در اطراف ساختمان قرار گرفته است. تمام این ایستگاه‌ها بوسیله سیمهای مس و یا فیبر به هم متصل است اگر قدرت انتقال این ایستگاه‌ها و دستگاه‌های قابل حمل چیزی در حدود ۳ یا ۴ متر باشد.



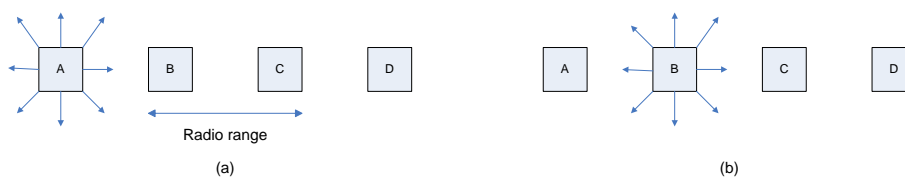
لایه پیوند داده‌ها ۲۰۷

آنگاه هر اتاق بعنوان یک سلول منظور می‌شود و کل ساختمان سیستم سلولی بزرگتری را تشکیل می‌دهد. بر خلاف سیستمهای تلفن سلولی هر سلول فقط دارای یک کانال می‌باشد که کل پهنای باند موجود و تمام ایستگاههای داخل آن سلول را نیز می‌پوشاند. معمولاً پهنای باند آن ۱ تا ۲ مگاهرتز در ثانیه است.

در ادامه برای سهولت فرض می‌کنیم تمام فرستنده‌های رادیویی دارای دامنه ثابتی است وقتی یک گیرنده در دامنه ۲ فرستنده فعال قرار گیرد سیگنال حاصل نامفهوم و غیر قابل استفاده خواهد بود.

درک این نکته که در بعضی از شبکه‌های محلی بی‌سیم تمام ایستگاه‌ها در دامنه ایستگاه دیگری قرار ندارند و باعث پیچیدگیهای متفاوتی می‌شود مهم است. بعلاوه برای شبکه‌های محلی بی‌سیم خانگی وجود دیوار بین ایستگاه‌ها می‌تواند تأخیر مهمی بر دامنه از هر ایستگاه بگذارد.

یک دیدگاه طبیعی برای استفاده از شبکه محلی بی‌سیم استفاده از CSMA می‌باشد: گوش دادن به انتقال‌های دیگر و اقدام به انتقال در صورت عدم وجود انتقالی دیگر. مشکل این است که این قرارداد کاملاً مناسب نیست زیرا آنچه که مهم است تداخل در گیرنده است و نه در فرستنده. برای پی بردن به ماهیت مشکل، شکل زیر را در نظر بگیرید. در این شکل ۴ ایستگاه بی‌سیم شرح داده شده است. برای منظور ما مهم نیست که کدام ایستگاه‌ها پایه و کدامیک قابل حمل‌اند. دامنه رادیویی طوری است که A, B در داخل دامنه یکدیگر قرار دارند و می‌توانند با یکدیگر تداخل داشته باشند. C می‌تواند هم با B و هم با D و نه با A تداخل کند.



شکل ۴-۱۹ ارسال در شبکه محلی بی‌سیم

ابتدا حالتی را که **A** در حال انتقال به **B** است در نظر بگیرید. همانطوریکه در شکل ۴-۱۹a نشان داده شده است، اگر **C** رسانه را امتحان کند، **A** را چون خارج از دامنه قرار دارد نمی‌شنود و در نتیجه بطور غلط برداشت می‌کند که می‌تواند انتقال را انجام دهد. اگر **C** انتقال را آغاز کند با خروج قاب از **A** به **B** تداخل می‌کند. مشکل ایستگاه این است که نمی‌تواند رقیب رسانه را بدلیل دور بودن تشخیص دهد. لازم بذکر است که این مشکل را گاهی مشکل مخفی ایستگاه می‌نامند. اکنون همانطور که در شکل ۴-۱۹b نشان داده شده است حالتی را در نظر بگیرید که انتقال از **B** به **A** صورت می‌گیرد.

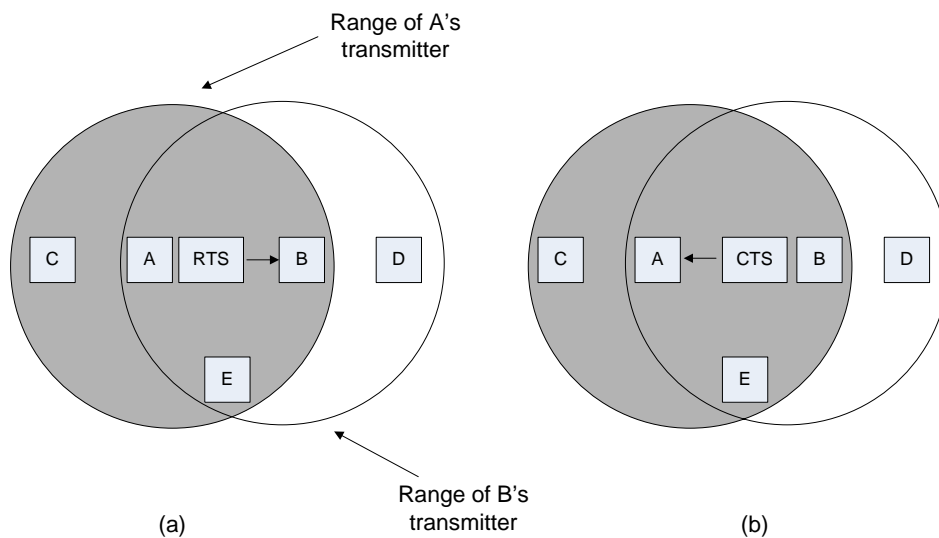
اگر **C** رسانه را آزمایش کند، انتقالی را تشخیص می‌دهد و بطور غلط نتیجه می‌گیرد که نمی‌تواند عمل انتقال به **D** را انجام دهد. در واقع اینگونه انتقال فقط زمانی موجب پذیرش غلط می‌شود که در فاصله بین **B** و **C** یعنی جاییکه هیچکدام از گیرنده‌ها وجود ندارد. این مشکل را گاهی "مشکل نمایان" ایستگاه نیز می‌گویند.

مشکلی که قبل از شروع یک انتقال وجود دارد این است که یک ایستگاه می‌خواهد بداند که آیا فعالیتی در اطراف گیرنده وجود دارد یا خیر **CSMA** با تشخیص وضعیت حامل می‌گوید که آیا فعالیتی در اطراف ایستگاه وجود دارد یا خیر. با یک سیم تمام سیگنال‌ها به تمام ایستگاه‌ها منتشر می‌شود. بنابراین در هر جایی در سیستم و در هر زمان فقط یک انتقال صورت می‌گیرد. در سیستم مبتنی بر امواج رادیویی با دامنه کوتاه انتقال چندگانه می‌تواند بطور همزمان رخ دهد، بطوریکه تمام فاصله‌های آنها متفاوت و خارج از دامنه یکدیگرند.

روش دیگر برای فکر کردن در مورد این مشکل، تصور کردن یک ساختمان اداری می‌باشد. بطور کلی هر کارمند اداری کامپیوتر قابل حمل می‌باشد. حال فرض کنید که لیندا می‌خواهد به میلتون یک پیام بفرستد. کامپیوتر لیندا محیط را آزمایش کرده و چون فعالیتی را تشخیص نمی‌دهد شروع به ارسال می‌کند. به هر حال ممکن است هنوز برخوردی در دفتر میلتون وجود داشته باشد، علت این برخورد این است که ممکن است شخص ثالثی به فاصله زیادی از لیندا قرار دارد و در حال ارسال به آن باشد ولی کامپیوتر آنرا تشخیص نداده است.

#### MACA ۱-۴-۵-۴

قرارداد اولیه‌ای که برای شبکه‌های محلی بی‌سیم طراحی شد مکای (دستیابی چند گانه با پرهیز از برخورد) نام داشت. ایده اصلی آن این است که فرستنده، گیرنده را به خروج قاب کوچک وادار کند، در نتیجه ایستگاه‌های نزدیک می‌توانند این انتقال را تشخیص دهند لذا از انتقال در طول رسیدن قاب داده بزرگ خودداری می‌کند. قرارداد مکای در شکل ۴-۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲۰ قرارداد MACA

حال اجازه دهید که ببینیم چطور A یک قاب را به B می‌فرستد. A با ارسال یک قاب RTS (درخواست و تقاضا) به B همانطوریکه در شکل ۴-۲۰(a) نشان داده شده است شروع می‌کند این قاب کوتاه ۳۰ بیتی شامل طول قاب داده ارسالی می‌باشد، سپس B طبق شکل ۴-۲۰(b) با یک قاب سی تی اس (آمادگی و ارسال) پاسخ می‌دهد. قاب CTS شامل طول داده‌هایی است که از قاب RTS کپی شده، با رسیدن قاب CTS، A شروع به ارسال می‌کند.

حال ببینیم ایستگاه‌های گوش‌دهنده به این قابها چه عکس‌العملی نشان می‌دهند. هر ایستگاهی که به آرتی اس گوش می‌دهد به A نزدیک می‌باشد و باید به اندازه کافی منتظر بماند تا CTS بدون برخورد به A برسد.

هر ایستگاهی که به CTS گوش می‌دهد به B نزدیک می‌باشد و باید در حین انتقال داده‌ها منتظر بماند لازم به ذکر است که طول آن را می‌توان با آزمایش قاب CTS مشخص کرد.

در شکل مشاهده می‌کنیم که C در دامنه A قرار دارد ولی در دامنه B قرار ندارد، بنابراین RTS را از A می‌شنود و CTS را از B نمی‌شنود. تا زمانی که با CTS تداخلی نداشته باشد و هنگامیکه داده‌ها ارسال می‌شود برای انتقال آزاد است در مقابل D در دامنه B می‌باشد اما در دامنه A نیست و RTS را نمی‌شنود اما CTS را می‌شنود گوش دادن به CTS به این معنا است که در نزدیکی ایستگاهی که در حال دریافت قاب است قرار دارد.

لذا عمل ارسال به تعویق می‌افتد تا قاب مورد انتظار به اتمام برسد. ایستگاه E هر دو پیام کنترلی را می‌شنود و مانند D باید منتظر باشد تا قاب داده کامل شود.

حتی اگر این احتیاطها را لحاظ کنیم باز هم امکان برخورد وجود دارد. بعنوان مثال C, B هر دو قابهای RTS را بطور همزمان به A ارسال می‌کنند. اینها با هم برخورد کرده و از بین می‌روند بطوریکه در این برخورد یک فرستنده ناموفق (یعنی در فاصله زمانی معین، CTS را نمی‌شنود) مدت زمانی را بطور تصادفی منتظر می‌ماند و مجدداً تلاش می‌کند. این الگوریتم، الگوریتم عقبگرد توانی نام دارد.

#### MACAW ۲-۴-۵-۴

بر اساس مطالعات شبیه‌سازی مک‌ای Bharghavan و همکاران در سال ۱۹۹۶ نام و کارایی مک‌ای را توسعه داده و به قرارداد جدیدی بنام مک‌ای دبلو رسیدند. در ابتدا متوجه شدند بدون اعلام وصول لایه پیوند داده قابها از بین رفته و ارسال نمی‌شنوند تا لایه انتقال به عدم حضور آنها پی ببرد آنها این مشکل را با معرفی قاب ای سی کا

(ACK) بعد از قاب داده موفق حل کردند. آنها متوجه شدند که از ارسال RTS توسط ۲ ایستگاه بطور همزمان به یک مقصد جلوگیری می‌کند، لذا نیاز به تشخیص وضعیت حامل بود. در مجموع آنها تصمیم گرفتند الگوریتم عقبگرد توانی را به جای اینکه برای هر ایستگاه اجرا کنند، برای هر رشته از داده‌ها بطور مجزا اجرا نمایند. این تغییر باعث بهبود صحت قرارداد گردید. سرانجام آنها مکانیزم را به ایستگاه‌ها جهت مبادله اطلاعاتی راجع به ازدحام افزودند و راهی پیدا کردند تا الگوریتم عقبگرد توانی واکنش کمتری نسبت به مشکلات موقتی نشان دهد تا کارایی سیستم افزایش یابد.

#### ۴-۶ اترنت

دانشجویی به نام باب متکالف که تازه از M.I.T فارغ‌التحصیل شده بود در شرکت زیراکس به کمک یکی از همکارانش به نام دیوید باگز اولین شبکه محلی را طراحی و پیاده‌سازی کرد. آنها این سیستم را اترنت نامیدند. این سیستم از یک رشته کابل هم‌محور (coaxial) ضخیم بطول حداکثر ۲/۵ کیلومتر استفاده می‌کرد. اترنت با سرعت 2.94 Mbps کار می‌کرد.

اترنت زیراکس چنان موفق بود که در سال ۱۹۷۸ شرکت‌های DEC، ایتل و زیراکس استاندارد بنام DIX برای اترنت 10Mbps وضع کردند. استاندارد DIX در سال ۱۹۸۳ با دو تغییر جزئی به استاندارد IEEE802.3 تبدیل شد.

#### ۴-۶-۱ کابل کشی اترنت

در این شبکه چهارنوع کابل که فهرست آنها در شکل زیر آمده است رایج هستند:

مزایا	تعداد گره در هر قطعه	حداکثر طول قطعه	نوع کابل	نام کابل
کابل اصلی و اولیه (از رده خارج)	100	500 m	Thick coax	10Base5
به هاب نیازی نیست	30	185 m	Thin coax	10Base2
ارزانترین سیستم	1024	100 m	Twisted pair	10Base-T

10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	بهترین انتخاب برای مابین ساختمان‌ها
----------	--------------	--------	------	-------------------------------------

شکل ۴-۲۱ انواع کابل‌کشی در اترنت

نخستین نوع کابل در اترنت 10Base5 بود که به اترنت ضخیم شهرت داشت. اتصال به کابل از طریق انشعاب تزریقی (Vampire Tap) انجام می‌شود که در آن یک سوزن به دقت در مرکز کابل کواکسیال فرو می‌رود. نماد 10Base5 به این معنی است که شبکه با نرخ 10Mbps کار می‌کند. در صورتی که کانال از نوع کابل کواکس باشد، عددی که بعد از کلمه Base ظاهر می‌شود حداکثر طول کابل را بر مبنای ۱۰۰ متر مشخص می‌کند.

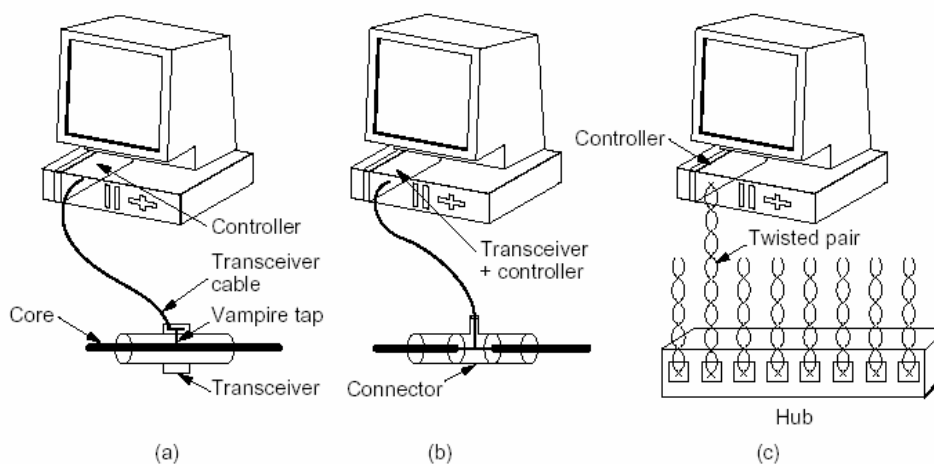
نوع دوم کابل‌کشی اترنت 10Base2 یا اترنت نازک نام دارد. برای اتصال به ایت نوع کابل به جای انشعاب تزریقی می‌توان از کانکتورهای BNC معمولی و ایجاد یک اتصال بشکل T بهره گرفت.

تشخیص طول بیش از اندازه کابل، انشعابات بد، شل شدن اتصالات یا هر گونه پارگی در جایی از آن از اساسی‌ترین مشکلات این دو نوع کابل محسوب می‌شود. مشکلات تشخیص محل پارگی در کابل باعث شد که الگوی متفاوتی در سیم‌کشی این نوع شبکه به کار گرفته شود. در روش جدید هر ایستگاه یک کابل اختصاصی دارد که آنرا به یک هاب مرکزی وصل می‌کند. این هاب اتصال الکتریکی تمام ایستگاه‌ها را از دورن برقرار می‌سازد. این سیم‌ها از نوع زوج سیم‌های معمولی خطوط تلفن هستند زیرا در ساختمان‌های اداری این سیم‌کشی از قبل وجود دارد و تعداد زیادی از این زوج سیم‌ها بلااستفاده رها شده‌اند. به این روش سیم‌کشی 10Base-T گفته می‌شود.

در ساختار 10Base-T هیچ کابلی مشترک وجود ندارد بلکه فقط یک هاب (جعبه‌ای پر از مدارات الکترونیک) وجود دارد که تمام ایستگاه‌ها با یک کابل اختصاصی (غیر مشترک) بدان متصل می‌شود. اشکال ساختار 10Base-T آن است که طول کابل متصل به هاب حداکثر می‌تواند صد متر و در صورت استفاده از کابل با کیفیت و گرانی مثل Cat5 حداکثر دویست متر باشد.

روش چهارم کابل‌کشی **10Base-F** است که در آن از فیبرهای نوری استفاده شده است. این گزینه به دلیل هزینه بالای اتصالات و پایانه‌های مورد نیاز بسیار گران است ولی در عوض ایمنی بسیار بالایی در مقابل نویز دارد و انتخاب مناسبی برای کابل‌کشی بین ساختمان‌ها و هابهای دور از هم به شمار می‌آید. در این روش رشته‌هایی به طول کیلومتر نیز مجاز هستند.

برای هر یک از روشهای کابل‌کشی اترنت طول هر قطعه کابل نباید از یک مقدار معین تجاوز کند. برای دریافت داده‌ها، تقویت و ارسال مجدد آنها از ابزاری به نام تکرارکننده (**Repeater**) استفاده می‌شود.



شکل ۴-۲۲ سه روش کابل‌کشی اترنت (a) 10Base5 (b) 10Base2 (c) 10Base-T

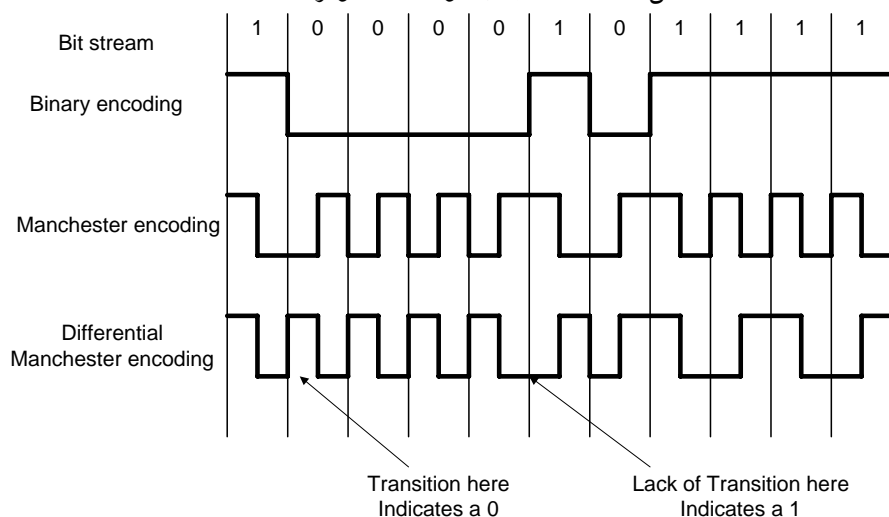
#### ۴-۶-۲ کدینگ منچستر

در هیچیک از نسخه‌های مختلف اترنت از روش معمولی کدینگ استفاده نمی‌شود. چون ایستگاه نمی‌تواند تفاوت بین آزاد بودن خط (معادل صفر ولت) و بیت صفر (باز هم معادل صفر ولت) را تشخیص دهد. برای حل این مشکل روشی نیاز است که گیرنده بتواند به درستی شروع و پایان یا وسط هر بیت را بدون نیاز به یک سیگنال ساعت خارجی تشخیص دهد. دو روش کدینگ منچستر و کدینگ منچستر تفاضلی دارای چنین قابلیتی هستند. در روش منچستر هر بیت به لحاظ زمانی به دو نهم بیت

تقسیم می‌شود: برای ارسال بیت ۱، در نیم بیت اول ولتاژ بالا و در نیم بیت دوم ولتاژ پایین قرار داده می‌شود. برای بین صفر در نیم بیت اول ولتاژ پایین و در نیم بیت دوم ولتاژ بالا قرار می‌گیرد. یعنی بر عکس. اما این روش دارای یک اشکال است: پهنای باند دو برابر نیاز است چون طول هر پالس نصف طول یک بیت است.

اما در روش کدینگ منچستر تفاضلی عدم وجود لبه در ابتدای هر بیت نشاندهنده بیت ۱ و وجود لبه در ابتدای هر بیت نشاندهنده بیت صفر است. در هر دو حالت قطعاً یک لبه در میانه هر بیت وجود دارد. روش منچستر تفاضلی به ابزارهای پیچیده‌تری نیازمند است ولی در عوض ایمنی بیشتری در مقابل نویز از خود نشان می‌دهد.

البته تمام سیستمهای اترنت از روش منچستر معمولی استفاده می‌کنند ولی از روش منچستر تفاضلی در برخی از شبکه‌های محلی دیگر مثل **IEEE 802.5 Token Ring** استفاده شده است. در شکل ۴-۲۳ روشهای فوق به تصویر کشیده شده است.



شکل ۴-۲۳ کدینگ معمولی، کدینگ منچستر و کدینگ منچستر تفاضلی

#### ۴-۶-۳ پروتکل زیر لایه MAC در اترنت

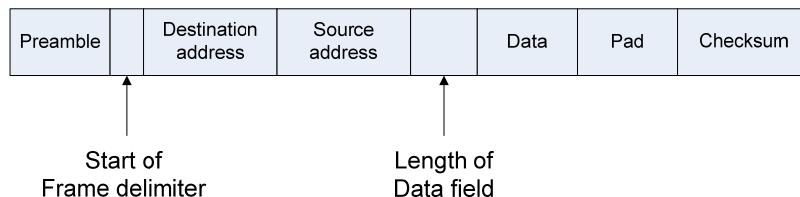
قالب اصلی فریم اترنت در شکل ۴-۲۴ نشان داده شده است. هر فریم با ۸ بایت **Preamble** شروع می‌شود که تمام بایت‌ها دارای الگوی **10101010** هستند. کدینگ



لایه پیوند داده‌ها ۲۱۵

منچستر این الگوی ۸ بیتی به مدت ۴ / ۶ میکروثانیه یک سیگنال ساعت مربعی ۱۰ مگاهرتز تولید می‌کند تا به کمک آن گیرنده بتواند سیگنال ساعت خود را با فرستنده سنکرون کند. گیرندگان موظفند با بهره‌گیری از ویژگی کدینگ منچستر تا انتهای فریم، سنکرون باقی بماند و محدوده‌ی بیتها را به درستی تشخیص بدهند.

Bytes	7	1	2 or 6	2 or 6	2	0-1500	0-46	4
-------	---	---	--------	--------	---	--------	------	---



شکل ۴ - ۲۴ قالب فریم اترنت IEEE 802.3

در قالب فریم استاندارد IEEE 802.3 بابت هشتم **Preamble** را به عنوان بایت مشخص‌کننده ابتدای فریم در نظر می‌گیرد. در این فریم دو آدرس تعریف شده است یکی برای مقصد و یکی برای مبدا. طبق استاندارد استفاده از آدرس‌های ۲ یا ۶ بایتی مجاز است ولی برای استاندارد 10Mbps آدرس‌های ۶ بایتی استفاده می‌شود. اگر مقصد فریم یک ایستگاه واحد باشد با ارزش‌ترین بیت آدرس مقصد ۰ و اگر مقصد فریم یک گروه از ایستگاه‌ها باشد یک است. ارسال فریم برای یک گروه چند بخشی (**Multicast**) و اگر تمام بیتها آدرس مقصد در یک فریم یک باشند بخش فراگیر (**Broadcast**) گفته می‌شود.

فیلد **Length** طول فیلد **Data** را نشان می‌دهد در ادامه فیلد داده قرار می‌گیرد که گنجایش آن حداکثر ۱۵۰۰ بایت است. این محدودیت به دلیل صرفه‌جویی در میزان حافظه لازم برای کارتهای شبکه بوده است چون در آن زمان حافظه **RAM** گران تمام می‌شد.

همانطور که فریم دارای حداکثر طول می‌باشد حداقلی نیز برای آن متصور است. برای تشخیص فریمهای معتبر از فریمهای آشغال لازم است که طول فریمهای معتبر حداقل ۶۴ بایت باشد. برای این منظور اگر بخش داده فریم از ۴۶ بایت (۱۸ - ۶۴) کمتر باشد

در فیلد **Pad** آنقدر صفر اضافه می‌شود تا اندازه فریم به حداقل اندازه مجاز برسد. آخرین فیلد یعنی **Checksum** (جمع کنترلی) برای کشف خطا استفاده می‌شود که قبلاً در مورد آن توضیح داده شد.

#### ۴-۶-۴ اترنت سریع و اترنت گیگا بیت

با گذشت زمان سرعت **10Mbps** کافی به نظر نمی‌رسید. براین اساس **IEEE** تصمیم گرفت تا شبکه **802.3** با همان ساختار قبلی سریعتر شود. به سه دلیل زیر کمیته مورد نظر تصمیم گرفت اترنت را بدون تغییر در ساختار فقط سریعتر کند :

۱ - نیاز به سازگاری شبکه جدید با شبکه‌های اترنت موجود

۲ - نگرانی از آنکه پروتکل جدید مشکلات پیش‌بینی نشده داشته باشد.

۳ - تمایل به آنکه قبل از تغییر تکنولوژی بتوانند کار را به اتمام رسانده و مشمول زمان نشود.

این استاندارد جدید **802.3u** نام داشت و به اترنت سریع معروف شد.

ایده اصلی در اترنت سریع بسیار ساده بود : تمام ویژگی‌ها مثل قالب فریم، واسط‌ها، قواعد و الگوریتم‌ها بدون تغییر می‌ماند و فقط زمان ۱ بیت را از ۱۰۰ نانوثانیه به ۱۰ نانوثانیه کاهش می‌دهیم. با وجود اینکه این کار با کابل‌های **10Base5** و **10Base2** امکانپذیر است اما به دلیل محاسن سیم‌کشی **10Base-T** اترنت سریع براساس این نوع کابل طراحی شد.

در اترنت سریع از کابل‌های **UTP Cat3, Cat5** و فیبر نوری نیز استفاده می‌شود که به ترتیب **10Base-T4**، **10Base-TX** و **10Base-FX** نامیده می‌شود. اما دیری نپایید که کمیته **802.3** کار را بر روی اترنت سریعتر آغاز کرد. این استاندارد جذبد که به اترنت گیگا بیت معروف شد با عنوان **802.3z** شناخته می‌شود.

اهداف کمیته مشابه با قبل بود: اترنت ده برابر سریعتر شود و همچنان با استاندارد موجود اترنت سازگاری داشته باشد. بویژه اترنت گیگابیت باید از خدمات انتقال دیتاگرام بدون تصدیق دریافت فریم بصورت تک پخشی و چند پخشی و با استفاده از همان ساختار ۴۸ بیتی آدرس موجود، پشتیبانی می‌کرد. همچنین قالب فریمها و طول حداقل و حداکثر هر فریم باید مشابه با قلب انتخاب می‌شد. استاندارد نهایی، تمام این اهداف را برآورده کرده است.

اترنت گیگابیت به دو روش می‌تواند عمل کند: حالت دو طرفه همزمان و حالت دو طرفه ناهمزمان. همچنین در اترنت گیگابیت استفاده از فیبرهای نوری با قطر ۱۰، ۵۰، ۶۲/۵ میکرون مجاز است. مورد اول برای فیبرنوری تک حالت و دو مورد بعدی برای فیبرهای چند موده هستند. در این نوع اترنت از کابل‌های STP و UTP Cat5 هم استفاده می‌شود.

## ۷-۴ شبکه‌های بی سیم WirelessNetworking

### ۷-۴-۱ مفاهیم و تعاریف

وقتی از شبکه اطلاع‌رسانی سخن به میان می‌آید، اغلب کابل شبکه به عنوان وسیله انتقال داده در نظر گرفته می‌شود. در حالیکه چندین سال است که استفاده از شبکه سازی بی سیم در دنیا آغاز گردیده است. تا همین اواخر یک LAN بی سیم با سرعت انتقال پایین و خدمات غیرقابل اعتماد و مترادف بود، اما اکنون تکنولوژی‌های LAN بی سیم خدمات قابل قبولی را با سرعتی که حداقل برای کاربران معمولی شبکه کابلی پذیرفته شده می‌باشد، فراهم می‌کنند.

WLANها (یا LANهای بی سیم) از امواج الکترومغناطیسی (رادیویی یا مادون قرمز) برای انتقال اطلاعات از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می‌کنند. امواج رادیویی اغلب به عنوان یک حامل رادیویی تلقی می‌گردند، چرا که این امواج وظیفه انتقال انرژی الکترومغناطیسی از فرستنده را به گیرنده دورتر از خود بعهده دارند. داده هنگام ارسال بر روی موج حامل رادیویی سوار می‌شود و در گیرنده نیز به راحتی از موج حامل

تفکیک می‌گردد. به این عمل مدولاسیون اطلاعات به موج حامل گفته می‌شود. هنگامیکه داده با موج رادیویی حامل مدوله می‌شود، سیگنال رادیویی دارای فرکانس‌های مختلفی علاوه بر فرکانس اصلی موج حامل می‌گردد. به عبارت دیگر فرکانس اطلاعات داده به فرکانس موج حامل اضافه می‌شود. در گیرنده رادیویی برای استخراج اطلاعات، گیرنده روی فرکانس خاصی تنظیم می‌گردد و سایر فرکانس‌های اضافی فیلتر می‌شوند.



شکل ۴-۲۵ تصویر یک WLAN

در یک ساختار WLAN، یک دستگاه فرستنده و گیرنده مرکزی، **Access Point (AP)** خوانده می‌شود. با استفاده از کابل شبکه استاندارد به شبکه محلی سیمی متصل می‌گردد. در حالت ساده، گیرنده AP وظیفه دریافت، ذخیره و ارسال داده را بین شبکه محلی سیمی و WLAN بعهده دارد. AP با آنتنی که به آن متصل است، می‌تواند در محل مرتفع و یا هر مکانی که امکان ارتباط بهتر را فراهم می‌کند، نصب شود. هر کاربر می‌تواند از طریق یک کارت شبکه بی‌سیم (**Wireless Adapter**) به سیستم WLAN متصل شود. این کارت‌ها به صورت استاندارد برای رایانه‌های شخصی و کیفی ساخته می‌شوند. کارت WLAN به عنوان واسطی بین سیستم عامل شبکه کاربر و امواج دریافتی از آنتن عمل می‌کند. سیستم عامل شبکه عملاً درگیر چگونگی ارتباط ایجاد شده نخواهد بود.

امروزه استاندارد غالب در شبکه‌های WLAN، **IEEE802.11** می‌باشد. گروهی که بر روی این استاندارد کار می‌کند در سال ۱۹۹۰ با هدف توسعه استاندارد جهانی شبکه سازی بی‌سیم با سرعت انتقال ۱ تا ۲ مگابیت در ثانیه شکل گرفت. استاندارد مذکور با

نام **IEEE802.11a** شناخته می‌شود. استاندارد **IEEE802.11b** که جدیدتر است، سرعت انتقال را تا ۵/۵ و ۱۱ مگابیت در ثانیه می‌افزاید.

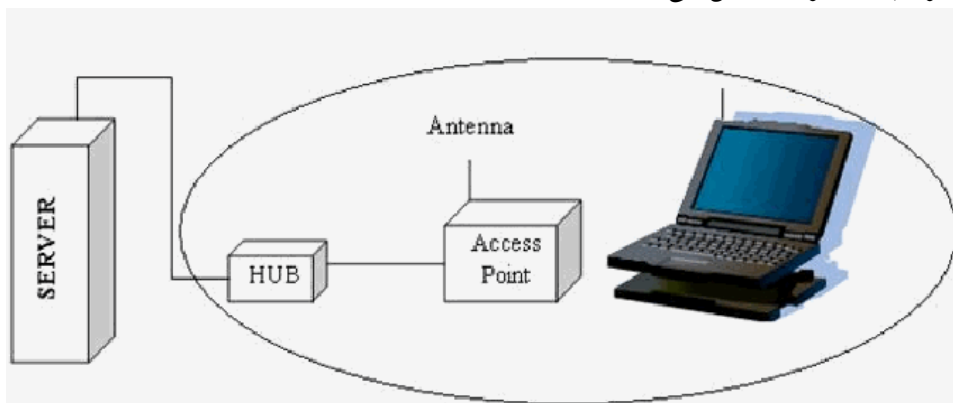
**WLAN** از دو هم‌بندی حمایت می‌کنند: **ad hoc topology** - **infrastructure topology** در هم‌بندی **ad hoc** کامپیوترها به شبکه بی‌سیم مجهز هستند و مستقیماً با یکدیگر به شکل **Peer-to-peer** ارتباط برقرار می‌نمایند.

کامپیوترها برای ارتباط باید در محدوده یکدیگر قرار داشته باشند. این نوع شبکه برای پشتیبانی از تعداد محدودی از کامپیوترها، مثلاً در محیط خانه یا دفاتر کوچک طراحی می‌شود. "امروزه نوعی از هم‌بندی **ad hoc** به نام "**peer-to-peer networking ad hoc**" مطرح است. این نوع شبکه که به شبکه "**Mesh**" نیز معروف است، شبکه‌ای پویا از دستگاه‌های بی‌سیم است که به هیچ نوع زیرساخت موجود یا کنترل مرکزی وابسته نیست. در این شرایط، دستگاه‌های شبکه همچنین به مانند گره‌هایی عمل می‌کنند که کاربران از طریق آنها می‌توانند داده‌ها را انتقال دهند، به این معنی که دستگاه هر کاربر بعنوان مسیریاب و تکرارکننده (**Repeater**) عمل می‌کند. این شبکه نوع تکامل‌یافته شبکه **Point-to-multipoint** است که در آن همه کاربران می‌بایست برای استفاده از شبکه دسترسی مستقیم به نقطه دستیابی مرکزی داشته باشند. در

معماری **Mesh** کاربران می‌توانند بوسیله **Multi-Hopping**، از طریق گره‌های دیگر به نقطه مرکزی وصل شوند، بدون اینکه به ایجاد هیچگونه پیوند مستقیم **RF** نیاز باشد. بعلاوه در شبکه **Mesh** در صورتیکه کاربران بتوانند یک پیوند فرکانس رادیویی برقرار کنند، نیازی به نقطه دسترسی (**Access Point**) نیست و کاربران می‌توانند بدون وجود یک نقطه کنترل مرکزی با یکدیگر، فایل‌ها، نامه‌های الکترونیکی و صوت و تصویر را به اشتراک بگذارند. این ارتباط دو نفره، به آسانی برای دربرگرفتن کاربران بیشتر قابل گسترش است.

هم‌بندی **infrastructure** اصولاً برای گسترش و افزایش انعطاف‌پذیری شبکه‌های کابلی معمولی بکار می‌رود. بدین شکل که اتصال کامپیوترهای مجهز به تکنولوژی بی‌سیم را با استفاده از **Access Point** به آن امکان می‌سازد. در برخی موارد، یک **AP** کامپیوتری

است که کارت شبکه بی‌سیم را کنار کارت شبکه معمولی - که آن را به یک LAN کابلی متصل می‌کند - دارا می‌باشد. کامپیوترهای بی‌سیم با استفاده از AP به عنوان واسطه با شبکه کابلی ارتباط برقرار می‌کنند. AP اساساً بعنوان یک **Translation Bridge** عمل می‌کند، زیرا سیگنال‌های شبکه بی‌سیم را به سیگنال‌های شبکه کابلی تبدیل می‌کند. مانند تمام تکنولوژی‌های ارتباطی بی‌سیم، شرایط مسافتی و محیطی می‌تواند بر روی عملکرد ایستگاه‌های سیار بسیار تأثیرگذار باشند. یک AP می‌تواند ۱۰ تا ۲۰ کامپیوتر را پشتیبانی کند، بسته به اینکه میزان استفاده آنها از LAN چقدر است. این پشتیبانی تا زمانی ادامه دارد که آن کامپیوترها در شعاع تقریبی ۱۰۰ تا ۲۰۰ فوت نسبت به AP قرار داشته باشند. موانع فیزیکی مداخله کننده این عملکرد را به طرز چشمگیری کاهش می‌دهند.



شکل ۴-۲۶ شبکه WLAN با یک AP

در شکل فوق یک **Access Point** از طریق یک کابل به شبکه LAN متصل شده است. در اینجا وظیفه یک AP دریافت اطلاعات از سرویس گیرنده‌ها (**Clients**) از طریق هوا و ارسال آن اطلاعات از طریق یک پورت به **hub** می‌باشد. AP به عنوان یک پل ارتباطی بین شبکه WLAN و شبکه LAN عمل می‌کند.

ناحیه‌ای که توسط یک AP تحت پوشش قرار می‌گیرد سلول (**Cell**) نامیده می‌شود. هر ایستگاه در داخل **Cell** می‌تواند به AP دسترسی پیدا کند. وظیفه یک AP ایجاد هماهنگی بین سرویس گیرندگان (**Clients**) شبکه WLAN و یک شبکه LAN می‌باشد.

به منظور گسترش بخش بی‌سیم و تحت پوشش قرار دادن سرویس گیرندگان بیشتر، می‌توان از APهای متعدد در مناطق مختلف استفاده کرد، و یا اینکه یک **Extension point** را بکار گرفت. **Extension point**، یک تقویت کننده سیگنال‌های بی‌سیم است که به عنوان ایستگاهی بین سرویس گیرندگان بی‌سیم و AP عمل می‌کند. استاندارد **IEEE 802.11** دو سلول را به عنوان یک **BSS(Basic Service Set)** در نظر می‌گیرد. اگر شبکه از چند **Access Point** استفاده کند، APها با یک ستون فقرات بنام **DS Distribution (System)** به هم اتصال می‌یابند. **DS** معمولاً یک شبکه کابلی است، اما می‌توان آن را بی‌سیم هم در نظر گرفت.

استاندارد **IEEE 802.11** از سه نوع سیگنال در لایه فیزیکی پشتیبانی می‌کند:

**DSSS-(Spectrum Direct Sequence Spread)**: یک روش انتقال رادیویی است که در آن سیگنال‌های خروجی با استفاده از یک کد دیجیتال مدوله می‌شوند. در نتیجه هر بیت از دیتا به چند بیت تبدیل می‌شود و سیگنال می‌تواند در فرکانس وسیع‌تر پراکنده شود. استفاده از **DSSS** به همراه روش **CCK (Complimentary Code Keying)** باعث می‌شود سیستم‌های **IEEE 802.11b** به سرعت ۱۱ مگابیت در ثانیه انتقال دست یابند. در جائیکه شرایط به نحوی است که امکان تداخل، نویزپذیری یا وجود دستگاه‌های کاری هم‌فرکانس در منطقه موجود نباشد یا بسیار کم باشد از شیوه **DSSS** استفاده می‌شود. در این شیوه می‌توان از تمامی عرض باند موجود در طیف گسترده شده (مثلاً ۱۰ **MHZ** یا بیشتر) بهره جست و لذا به شبکه‌ای با سرعت ۱۰ مگابیت در ثانیه یا بالاتر دست یافت. اما در محیط‌های شلوغ به لحاظ ترافیک امواج مثلاً محیط‌های شهری بزرگ، بکار بردن این تکنولوژی علیرغم وجود کدینگ‌های پیشرفته و تقسیم‌بندی‌های فرکانسی، خالی از بروز تداخل‌ها و یا اشکالات احتمالی نخواهد بود. - **FHSS (Frequency Hopping Spread Spectr)**: یک روش انتقال رادیویی که در آن انتقال دهنده به طور مداوم تغییرات سریعی را در فرکانس - بر طبق یک الگوریتم موجود - انجام می‌دهد. دریافت‌کننده برای خواندن سیگنال‌های دریافتی، دقیقاً همان تغییرات را انجام می‌دهد. در **IEEE 802.11a** می‌توان از **FHSS** استفاده کرد اما سیستم **IEEE 802.11b** از این روش حمایت نمی‌کند.

**Infrared** - در ارتباطات **infrared** (مادون قرمز) از فرکانسهای بالا - دقیقاً زیر طیف نور مرئی - استفاده می‌شود. در این روش سیگنال‌ها نمی‌توانند از اشیاء و دیوارها عبور کنند. این امر بکارگیری تکنولوژی مادون قرمز را محدود می‌سازد. در فناوری مادون قرمز ارسال کننده و دریافت کننده باید یکدیگر را ببینند (در خط دید یکدیگر باشند) همانند یک کنترل کننده راه دور دستگاه تلویزیون. بطور کلی در ارتباطات داخل ساختمان که فاصله ایستگاه‌ها کم باشد از این روش استفاده می‌شود. در اینجا بجای سیم یا فیبر نوری که رسانه‌های انتقال هستند، از امواج رادیویی یا نور مادون قرمز بعنوان رسانه انتقال استفاده می‌شود. امواج رادیویی بخاطر برد، پهنای باند و پوشش مکانی بیشتر، از نور مادون قرمز کاربرد بیشتری دارند.

در این قسمت به برخی مزایای یک **WLAN** نسبت به یک شبکه کابلی می‌پردازیم. از **WLAN**‌ها می‌توان در مکانهایی که امکان کابل‌کشی وجود ندارد استفاده کرد و بدون نیاز به کابل‌کشی آنها را گسترش داد. استفاده کننده **WLAN** می‌تواند کامپیوتر خود را بدون قطع کابل، به هر نقطه از سازمان منتقل کند. با وجود اینکه سخت‌افزار مورد نیاز برای **WLAN** گرانتر از تجهیزات شبکه سیمی است، ولی بهره‌وری و انعطاف‌پذیری آن باعث می‌شود که در طول زمان قیمت تمام شده کمتر شود، بخصوص در محیطهایی که شبکه مورد نظرییوسته در حال انتقال و تغییر مداوم است.

سیستمهای **WLAN** می‌توانند با فناوریهای مختلف شبکه ترکیب شوند و شبکه‌هایی با کاربردها و امکانات خاص را به نحو مطلوبی ایجاد کنند. پیکربندی این شبکه‌ها براحتی قابل تغییر است و این شبکه‌ها می‌توانند از حالت نقطه به نقطه تا شبکه‌هایی با زیرساختار پیچیده با صدها کاربر متحرک گسترش یابند.

در شبکه‌های بی سیم مدیران شبکه می‌توانند جابجایی، گسترش و اصلاح شبکه را آسانتر انجام دهند و با استفاده از این سیستم به نصب کامپیوترهای شبکه در ساختمان‌های قدیمی و یا مکانهایی که امکان کابل‌کشی در آنها وجود ندارد و نیز مکانهایی که فاصله آنها از یکدیگر زیاد است بپردازند و بدین شکل امکان دسترسی سریع به اطلاعات را فراهم کنند.



#### ۴-۷-۲ پارامترهای مؤثر در انتخاب و پیاده‌سازی یک سیستم WLAN

۱- برد محدوده پوشش: اثر متقابل اشیاء موجود در ساختمان (نظیر دیوارها، فلزات و افراد) می‌تواند بر روی انرژی انتشار اثر بگذارد و در نتیجه برد و محدوده پوشش سیستم را تحت تأثیر قرار دهد. برای سیگنال‌های مادون قرمز، اشیای موجود در ساختمان مانعی دیگر بشمار می‌رود و در نتیجه محدودیت‌های خاصی را در شبکه بوجود می‌آورد. بیشتر سیستم‌های WLAN از امواج رادیویی RF استفاده می‌کنند، زیرا می‌تواند از دیوارها و موانع عبور کند. برد (شعاع پوشش) برای سیستم‌های WLAN بین ۱۰ تا ۳۰ متر متغیر است.

۲- سرعت انتقال داده: همانند شبکه‌های کابلی، سرعت انتقال داده واقعی در شبکه‌های بی‌سیم، به نوع محصولات و هم‌بندی شبکه بستگی دارد. تعداد کاربران، فاکتورهای انتشار مانند برد، مسیرهای ارتباطی، نوع سیستم WLAN استفاده شده، نقاط کور و گلوگاه‌های شبکه، از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در سرعت انتقال داده بحساب می‌آیند. بعنوان یک مقایسه با مودم‌های امروزی (با سرعت ۵۶ کیلو بیت در ثانیه) سرعت عملکرد WLAN‌ها در حدود ۳۰ برابر سریعتر از این مودم‌هاست.

۳- سازگاری با شبکه‌های موجود: بیشتر سیستم‌های WLAN با استانداردهای صنعتی متداول شبکه‌های کابلی نظیر Ethernet و Token Ring سازگار است. با نصب درایورهای مناسب در ایستگاه‌های WLAN، سیستم‌های عامل آن ایستگاه‌ها دقیقاً مانند سایر ایستگاه‌های موجود در شبکه LAN کابلی بکار گرفته می‌شود.

۴- سازگاری با دیگر محصولات WLAN: به سه دلیل مشتریان هنگام خرید محصولات WLAN باید مراقب باشند که سیستم موردنظر بتواند با سایر محصولات WLAN تولیدکنندگان دیگر سازگاری داشته باشد:

- ممکن است هر محصول از تکنولوژی خاصی استفاده کرده باشد، برای مثال سیستمی که از فناوری FHSS استفاده کند نمی‌تواند با سیستمی با فناوری DSSS کار کند.

- اگر فرکانس کار دو سیستم با یکدیگر یکسان نباشد، حتی در صورت استفاده از فناوری مشابه، امکان کارکردن با یکدیگر فراهم نخواهد شد.

- حتی تولیدکنندگان مختلف اگر از یک فناوری و یک فرکانس استفاده کنند، بدلیل روشهای مختلف طراحی ممکن است با سایر محصولات دیگر سازگاری نداشته باشد.

۵- تداخل و اثرات متقابل: طبیعت امواج رادیویی در سیستمهای WLAN ایجاب می‌کند تا سیستمهای مختلف که دارای طیفهای فرکانسی یکسانی هستند، بر روی یکدیگر اثر تداخل داشته باشند. با این وجود اغلب تولیدکنندگان در تولید محصولات خود تمهیداتی را برای مقابله با آن بکار می‌گیرند، به نحوی که وجود چند سیستم WLAN نزدیک به یکدیگر، تداخلی در دیگر سیستمها بوجود نمی‌آورد.

۶- ملاحظات مجوز فرکانسی: در اغلب کشورها ارگانهای ناظر بر تخصیص فرکانس رادیویی، محدوده فرکانس شبکه‌های WLAN را مشخص کرده‌اند. این محدوده ممکن است در همه کشورها یکسان نباشد. معمولاً سازندگان تجهیزات WLAN فرکانس سیستم را در محدوده مجاز قرار می‌دهند. در نتیجه کاربر نیاز به اخذ مجوز فرکانسی ندارد. این محدوده فرکانس به ISM معروف است. محدوده بین‌المللی این فرکانسها ۹۰۲-۹۲۸ مگاهرتز، ۲/۴-۲/۴۸۳ گیگاهرتز، ۵/۱۵-۵/۳۵ گیگاهرتز و ۵/۷۲۵-۵/۸۷۵ گیگاهرتز است. بنابراین تولیدکنندگان تجهیزات WLAN باید این محدوده مجوز فرکانسی را در سیستمهای خود رعایت کنند.

۷- سادگی و سهولت استفاده: اغلب کاربران در مورد مزایای WLANها اطلاعات کمی دارند. می‌دانیم که سیستم عامل اصولاً به نحوه اتصال سیمی و بی‌سیم شبکه وابستگی ندارند. بنابراین برنامه‌های کاربردی بر روی شبکه بطور یکسان عمل می‌نمایند. تولیدکنندگان WLAN ابزار مفیدی را برای سنجش وضعیت سیستم و تنظیمات مورد در اختیار کاربران قرار می‌دهند. مدیران شبکه به سادگی می‌توانند نصب و راه‌اندازی سیستم را با توجه به هم‌بندی شبکه موردنظر انجام دهند. در WLAN کلیه

کاربران بدون نیاز به کابل‌کشی می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند. عدم نیاز به کابل‌کشی موجب می‌شود که تغییرات، جابجایی و اضافه کردن در شبکه به آسانی انجام شود. در نهایت به موجب قابلیت جابجایی آسان تجهیزات WLAN مدیر شبکه می‌تواند قبل از اینکه تجهیزات شبکه را در مکان اصلی خود نصب کند، ابتدا آنها را راه‌اندازی کند و تمامی مشکلات احتمالی شبکه را برطرف سازد و پس از تایید نهایی در محل اصلی جایگذاری نماید و پس از پیکربندی، هرگونه جابجایی از یک نقطه به نقطه دیگر را بدون کمترین تغییرات اصلاح نماید.

۸- امنیت: از آنجایی که سرمنشأ فناوری بی‌سیم در کاربردهای نظامی بوده است، امنیت از جمله مقولات مهم در طراحی سیستمهای بی‌سیم بشمار می‌رود. بحث امنیت هم در ساختار تجهیزات WLAN به نحو مطلوبی پیش‌بینی شده است و این امر شبکه‌های بی‌سیم را بسیار امن‌تر از شبکه‌های سیمی کرده است. برای گیرنده‌هایی که دستیابی مجاز به سیگنال‌های دریافتی ندارند، دسترسی به اطلاعات موجود در WLAN بسیار مشکل است. به دلیل تکنیکهای پیشرفته رمزنگاری برای اغلب گیرنده‌های غیرمجاز دسترسی به ترافیک شبکه غیرممکن است. عموماً گیرنده‌های مجاز باید قبل از ورود به شبکه و دسترسی به اطلاعات آن، از نظر امنیتی مجوز لازم را دارا باشند.

۹- هزینه: برای پیاده‌سازی یک WLAN هزینه اصلی شامل دو بخش است: هزینه‌های زیرساختار شبکه مانند APهای شبکه و نیز هزینه کارتهای شبکه جهت دسترسی کاربران به WLAN. هزینه‌های زیرساختار شبکه به تعداد APهای موردنیاز شبکه بستگی دارد. قیمت یک AP بین ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار می‌باشد. تعداد APهای شبکه به شعاع عملکرد شبکه، تعداد کاربران و نوع سرویس‌های موجود در شبکه بستگی دارد و هزینه کارتهای شبکه با توجه به یک شبکه رایانه‌ای استاندارد حدود ۳۰۰ تا ۵۰۰ دلار برای هر کاربر می‌باشد. هزینه نصب و راه‌اندازی یک شبکه بی‌سیم به دو دلیل کمتر از نصب و راه‌اندازی یک شبکه سیمی می‌باشد:

- هزینه کابل‌کشی و پیدا کردن مسیر مناسب بین کاربران و سایر هزینه‌های مربوط به نصب تجهیزات در ساختمان، بخصوص در فواصل طولانی که استفاده از فیبر نوری یا سایر خطوط گرانقیمت ضروری است، بسیار زیاد است.

- به دلیل قابلیت جابجایی، اضافه کردن و تغییرات ساده در **WLAN**، هزینه‌های سربار، برای این تغییرات و تعمیر و نگهداری آن بسیار کمتر از شبکه سیمی است.

۱۰- قابلیت گسترش سیستم: با یک شبکه بی‌سیم می‌توان شبکه‌ای با هم‌بندی بسیار ساده تا بسیار پیچیده را طراحی کرد. در شبکه‌های بی‌سیم با افزایش تعداد **AP**ها یا **WB**ها می‌توان محدوده فیزیکی تحت پوشش و تعداد کاربران موجود در شبکه را تا حد بسیار زیادی گسترش داد. شعاع عملکرد این شبکه تا حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد.

۱۱- اثرات جانبی: توان خروجی یک سیستم بی‌سیم بسیار پایین است. از آنجایی که امواج رادیویی با افزایش فاصله به سرعت مستهلک می‌گردند و در عین حال، افرادی را که در محدوده تشعشع انرژی **RF** هستند، تحت تاثیر قرار می‌دهند، باید ملاحظات حفظ سلامت با توجه به مقررات دولتی رعایت گردد. با این وجود اثرات مخرب این سیستمها زیاد نمی‌باشد.

#### ۴-۸ بلوتوث

که بعضی‌ها در فارسی آن را به دندان آبی ترجمه کرده‌اند. استاندارد برای امواج رادیویی است که برای ارتباطات بی‌سیم کامپیوترهای قابل حمل و نقل (مانند **Laptop**ها) و تلفن‌های همراه و وسایل الکترونیکی رایج استفاده می‌شوند این امواج برای فاصله‌های نزدیک استفاده می‌شوند و برای ارتباطات بی‌سیم تکنولوژی ارزانی محسوب می‌شوند. و بوسیله این تکنولوژی می‌توانید بین دو وسیله که دارای این تکنولوژی باشند به صورت بی‌سیم پیغام، عکس یا هر کلاً اطلاعات رد و بدل کنید. رادیوی **Bluetooth** در داخل یک میکرو چیپ قرار دارد و در باند فرکانسی ۲,۴ گیگا هرتز عمل می‌کند. این تکنولوژی از سیستم "**Frequency Hoping Spread Spectrum**"

استفاده می‌کند، که سیگنال آن ۱۶۰۰ بار در ثانیه تغییر می‌کند که کمک بزرگی برای جلوگیری از تداخل ناخواسته و غیر مجاز است. علاوه بر این بوسیله نرم‌افزار کد شناسایی وسیله طرف مقابل چک می‌شود. بدین ترتیب می‌توان اطمینان حاصل کرد که اطلاعات شما فقط به مقصد مورد نظر می‌رسد. این امواج با دو قدرت وجود دارند. سطح قدرت پایین تر که محیط‌های کوچک را می‌تواند پوشش دهد (مثلاً داخل یک اتاق) یا در نوع با قدرت بالاتر که رنج متوسطی را می‌تواند پوشش دهد. (مثلاً کل یک خانه را می‌تواند پوشش دهد). این سیستم هم برای ارتباط نقطه به نقطه و هم برای ارتباط یک نقطه با چند نقطه می‌تواند استفاده شود. دارای پهنای باند ۷۲۰ Kbs و ۱۰ متر قدرت انتقال (در صورت تقویت تا ۱۰۰ متر قابل افزایش است) می‌باشد. این تکنولوژی که از سیستم گیرندگی و فرستندگی در جهت مناسب استفاده می‌کند، قادر است امواج رادیویی را از میان دیوار و دیگر موانع غیر فلزی عبور دهد. اگر امواج مزاحم دستگاه ثالثی باعث تداخل شود انتقال اطلاعات کند می‌شود ولی متوقف نمی‌شود. با سیستم‌های امروزی بیش از ۷ دستگاه می‌توانند برای برقراری ارتباط با تولیدکننده امواج در یک دستگاه دیگر فعال شوند. به این شیوه **Piconet** می‌گویند چندین **piconet** را می‌توان به یکدیگر متصل کرد که یک **scatternet** را تشکیل می‌دهند. سازمان **Bluetooth SIG** یا **Special interest group** در سال ۱۹۹۸ بوسیله سونی اریکسون، **Intel**، **IBM**، نوکیا و توشیبا بوجود آمد و پس از آن شرکت‌های تری کام، **Lucent**، مایکروسافت و موتورولا و بیش از ۲۰۰۰ کمپانی دیگر به این سازمان پیوستند. فرایند صدور جواز و گواهینامه: قبل از اینکه یک کارخانه بتواند محصولی که از تکنولوژی بی‌سیم **Bluetooth** استفاده می‌کند وارد بازار کند باید جواز آن را از دو جهت دریافت کند. ابتدا محصول مورد نظر استانداردهایی لازم دارد که بتواند با دستگاه‌های دیگر که دارای تکنولوژی بی‌سیم **Bluetooth** هستند ارتباط برقرار کند. دیگر اینکه باید مجوزهای لازم برای این سیستم چه در کشور سازنده و چه در کشوری که محصول به فروش می‌رود مجوزهای قانونی آنها را دریافت کند.

#### ۴-۸-۱ بلوتوث چیست؟

بلوتوث یک رشته خصوصیت بی‌سیم است که ارتباطات کوتاه برد بین وسایل مجهز به تراشه‌های کوچک و اختصاصی بلوتوث را تعریف می‌کند. بلوتوث فقط کابل‌ها را حذف نمی‌کند، بلکه یک روش بی‌سیم برای وصل کردن کامپیوترها با همه وسایل همراه الکترونیکی فراهم می‌سازد و شبکه‌های کامپیوتری کوچک و خصوصی مشهور به **PAN (Personal Area Network)** یا شبکه شخصی را بوجود می‌آورد. بلوتوث یک زبان مشترک بین وسایل مختلف می‌سازد که به آنها امکان می‌دهد که به آسانی با هم ارتباط برقرار کنند و بهم وصل شوند. وسایل مجهز به تراشه‌های بلوتوث حدود ۱۰ متر برد دارند و می‌توانند داده‌ها در سرعت ۷۲۰ کیلوبایت در ثانیه از طریق دیوارها، کیف‌ها و پوشاک انتقال دهند. هیجان‌انگیزتر آنکه اتصال دادن بین وسایل بلوتوث می‌تواند بدون دخالت مستقیم ما انجام بگیرد. وقتی دو وسیله مجهز به تراشه‌های بلوتوث نزدیک یکدیگر می‌رسند، نرم‌افزار نهاده شده در تراشه‌های فرستنده/گیرنده **(Client / Server)** بلوتوث به طور خودکار یک ارتباط را برقرار می‌سازد و داده‌ها را نقل و انتقال می‌دهد. با این همه برد کوتاه و سرعت محدود بلوتوث باعث شده است که برای شبکه‌های محلی **(LAN)** بی‌سیم مرسوم کمتر باشد، چون این شبکه‌های کامپیوتری معمولاً بیش از ۱۰ متری بلوتوث فاصله دارند و برد سرعتی آنها ۱۰ تا ۱۰۰ متر مگابایت در ثانیه است.

#### ۴-۸-۲ تاریخچه بلوتوث

فکر اولیه بلوتوث در شرکت موبایل اریکسون در سال ۱۹۹۴ شکل گرفت. اریکسون که یک شرکت سوئدی ارتباطات راه دور است در آن زمان در حال ساخت یک ارتباط رادیویی کم‌مصرف، کم‌هزینه بین تلفن‌های همراه و یک گوشی بی‌سیم بود. کار مهندسی در سال ۱۹۹۵ شروع شد و فکر اولیه به فراتر از تلفن‌های همراه و گوشی‌های آنها توسعه یافت تا شامل همه انواع وسایل همراه شود، با هدف ساخت شبکه‌های شخصی کوچک از وسایل مختلف در طول این زمان نام "بلوتوث" (یک پادشاه دانمارکی) گرفت که بین سالهای ۹۴۰ و ۹۸۱ میلادی می‌زیست. شاه هارالد در دوره حکومت خود که یک وایکینگ بود به طور صلح‌آمیز، دانمارک، سوئد جنوبی و نروژ شمالی را متحد کرد. این کار به او شهرت یک پادشاه ماهر در ارتباط و مذاکره را

در تاریخ داد. برای اریکسون، اسم بلوتوث برای فناوری داده شده که امیدوار بود بتواند به طور صلح‌آمیز وسایل مختلف را متحد کند، مناسب بود.

اریکسون می‌دانست که اگر فقط یک شرکت این استانداردها را حمایت کند هرگز موفق نخواهد شد. در سال ۱۹۹۸، اریکسون یک موافقت‌نامه با IBM، اینتل، نوکیا، com۳، توشیبا و مایکروسافت امضا کرد و گروه (Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group را به وجود آورد. هدف این گروه نظارت بر پیشرفت بلوتوث و عمومی ساختن آن بود.

#### ۴-۸-۳ بلوتوث چگونه کار می‌کند؟

یکی از جالب‌ترین نکات درباره این استاندارد روشی است که وسایل مجهز به تراشه‌های بلوتوث به طور خودکار یکدیگر را تشخیص می‌دهند، ارتباط برقرار می‌کنند و داده‌ها را به دستور شما یا بدون دخالت شما انتقال می‌دهند. در خصوصیات بلوتوث یک ارتباط رادیویی با برد کوتاه تعریف شده است. این استاندارد هم چنین یک برد متوسط ۱۰۰ متری را تعریف کرده است، اما به ندرت به کار می‌رود، چون به توان الکتریکی و هزینه بیشتری نیاز دارد. هر وسیله بلوتوث حاوی یک تراشه فرستنده/گیرنده مربعی ۴ سانتیمتری است که در باند فرکانس رادیویی ISM (Industrial Scientific Medical) یا صنعتی، علمی، پزشکی از ۲/۴۰ گیگاهرتز تا ۲/۴۸ گیگاهرتز عمل می‌کند. سازندگان و طراحان این فرکانس را بدین لحاظ انتخاب کردند که در سراسر جهان به رایگان در دسترس است و محدودیتهای داشتن مجوز را ندارند. باند ISM به ۷۹ کانال تقسیم می‌شود که هر کدام پهنای باند یک مگاهرتزی دارند که این باند رایگان است. بلوتوث از لحاظ نظری پهنای باند یک مگابایت در ثانیه را دارد، که سرعتی نزدیک به ۷۲۳ کیلوبیت در ثانیه است. این سرعت خیلی بالا نیست، اما برای انتقال داده‌ها بین وسایل دستی و دسترسی به اینترنت کاملاً کافی است.

## ۴-۸-۴ مزایای بلوتوث

عوامل بسیاری موجب شده تا شرکت‌ها و موسسات ارتباطی به دنبال استفاده از **Bluetooth** باشند. یکی از این عوامل محدودیت در انتقال **Data** از طریق سیم است. دستگاه‌هایی که با سیم کار می‌کنند از طریق رابط‌های سریال یا پارالل و یا **USB** به کامپیوتر متصل می‌شوند. اگر از ارتباط سریال استفاده شود در هر سیکل زمانی یک بیت ارسال می‌شود و ارتباط پارالل در هر سیکل ۸ تا ۱۶ بیت را ارسال می‌نماید. این مقادیر در دنیای ارتباطات پرسرعت امروزی بسیار کم است. تا چندی پیش در مقام کشورهای پیشرفته برای ارتباط اینترنت به طور کامل از ارتباطات سیمی و تکنولوژی‌هایی چون **ISON** و **DSL** استفاده می‌شد. البته این سیستم‌ها هنوز هم جزء پرفرودارترین و کاربردی‌ترین وسایل ارتباطی در جهان هستند. بگذریم که در کشور ما هنوز به طور کامل از این سیستم‌ها استفاده نمی‌شود و همچنان سیستم قدیمی و بسیار ضعیف **Dialup** بطور فراگیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به لطف تکنولوژی جدید **Bluetooth** کشورهایی چون آمریکا و برخی کشورهای اروپایی که در زمینه تکنولوژی حرف اول را در دنیا می‌زنند به سمت استفاده از ارتباطات بی‌سیم بین شبکه‌ها و اینترنت حرکت می‌کنند که علاوه بر سرعت زیاد، کیفیت بسیار خوبی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. از دیگر مشکلاتی که متخصصین بخش ارتباط با آن سروکار داشتند عدم وجود یک استاندارد مشخص و ثابت برای ارتباط دستگاه‌های مختلف با یکدیگر بود. تا پیش از این هر شرکت دستگاه‌های خود را براساس استانداردهای ارتباطی خود تولید می‌کرد و به همین خاطر اغلب آنها برای ارتباط با دستگاه‌هایی از همان نوع ولی متعلق به یک کمپانی دیگر دچار مشکل می‌شدند زیرا پروتکل ثابتی وجود نداشت. حال این مشکل توسط استاندارد **Bluetooth** به راحتی قابل حل است. قبل از مطرح شدن مسئله استفاده از **Bluetooth** متخصصان اعتقاد داشتند که در ارتباطات نزدیک از اشعه مادون قرمز استفاده شود.

مثلاً در کنترل از راه دور تلویزیون از این سیستم استفاده می‌شود. تکنولوژی مادون قرمز **IrDA** نام دارد و مخفف **Infrared Data Association** است. در عمل ثابت شده



که استفاده از این استاندارد قابل اطمینان است و هزینه بسیار کمی به خود اختصاص می‌دهد. ولی با این وجود معایبی نیز دارد. اولین مشکل حرکت نور در خط راست است. فرستنده مادون قرمز و گیرنده آن می‌بایست در مقابل هم قرار بگیرند تا ارسال اطلاعات صورت گیرد، در غیر این صورت و وجود داشتن مانعی در بین راه، انتقال اطلاعات به درستی صورت نمی‌گیرد. یکی دیگر از مشکلات مادون قرمز اصطلاح «یک به یک» است. به این معنی که شما فقط می‌توانید اطلاعات را از یک دستگاه تنها به یک دستگاه دیگر ارسال کنید و در یک لحظه قادر به ارسال اطلاعات از یک دستگاه به چند دستگاه نخواهید بود اما هر دو مشکل IrDA از طریق Bluetooth قابل رفع است. یکی دیگر از دلایل استفاده از تراشه‌های Bluetooth قیمت بسیار مناسب آن است.

قیمت این تراشه‌ها عملاً ۱۵ تا ۳۰ دلار است که با توجه به کارایی بسیار خوب، این قیمت کاملاً مناسب به نظر می‌رسد.

#### سؤالات تشریحی فصل چهارم:

- ۱- سه وظیفه اصلی لایه پیوند داده‌ها را شرح دهید.
- ۲- انواع خدماتی که لایه پیوند داده به لایه شبکه می‌دهد به چند دسته تقسیم می‌شود؟
- ۳- چهار روش قاب‌بندی را نام برده و مختصراً توضیح دهید.
- ۴- روش کد همینگ برای تصحیح خطا را شرح دهید.
- ۵- الگوریتم محاسبه جمع کنترلی برای تشخیص خطا را شرح دهید.
- ۶- دو قرارداد پنجره لغزان را نام برده و هر یک را مختصراً توضیح دهید.
- ۷- تخصیص کانال به شکل ایستا در شبکه‌های محلی و گسترده را توضیح دهید.

۲۳۲ شبکه‌های کامپیوتری

۸- مفروضاتی را که در تخصیص کانال به روش پویا در شبکه‌های محلی در نظر گرفته می‌شود را بیان کنید.

۹- الوهای محض و الوهای برهه‌ای را توضیح مختصری داده و آن دو را با هم مقایسه کنید.

۱۰- CSMA/CD را تشریح کنید.

۱۱- روشهای Bitmap و Binary Countdown را مختصراً توضیح دهید.

۱۲- MACA و MACAW را توضیح دهید.

۱۳- انواع کابل‌کشی‌های اترنت 802.3 را نام ببرید.

۱۴- روش کدینگ منچستر را تشریح کنید.

۱۵- قالب فریم اترنت IEEE 802.3 را رسم کرده و فیلدهای آن را تشریح کنید.

۱۶- چگونگی پیدایش اترنت سریع و اترنت گیگابیت را توضیح دهید.

۱۷- دو هم‌بندی WLAN را نام برده و مختصراً توضیح دهید.

۱۸- استاندارد IEEE 802.11 از چند نوع سیگنال در لایه فیزیکی پشتیبانی می‌کند؟

۱۹- پارامترهای مؤثر در انتخاب و پیاده‌سازی یک سیستم WLAN را نام ببرید.

۲۰- چند مورد از مزایای بلوتوث را نام ببرید.

سؤالات تستی فصل چهارم:

۱- کدام گزینه از اعمال ویژه لایه پیوند داده‌ها است؟

- ۱- تهیه خدمات مناسب برای لایه شبکه
- ۲- چگونگی برخورد با خطاهای انتقال
- ۳- کنترل جریان داده به نحوی که گیرنده کند گرفتار فرستنده سریع نشود.
- ۴- همه موارد

۲- کدام گزینه از انواع خدمات ارایه شده توسط لایه پیوند داده‌ها نیست؟

- ۱- خدمات بی‌اتصال بدون اعلام وصول
  - ۲- خدمات بی‌اتصال با اعلام وصول
  - ۳- خدمات اتصالگرا با اعلام وصول
  - ۴- خدمات اتصالگرا بدون اعلام وصول
- ۳- در خدمات اتصالگرا انتقال دارای چند فاز است؟

- |          |          |
|----------|----------|
| ۱- ۱ فاز | ۲- ۲ فاز |
| ۳- ۳ فاز | ۴- ۴ فاز |

۴- مشکل روش شمارش کاراکترها در قاب بندی چیست؟

- ۱- تعداد در اثر خطا ممکن است مخدوش شود.
- ۲- جمع کنترلی در اثر خطا اشتباه می‌شود.
- ۳- درخواست اتصال مجدد با خطا همراه است.
- ۴- همه موارد

۵- مشکل روش بایت‌های نشانگر با درج بایت در قاب بندی چیست؟

- ۱- تعداد در اثر خطا مخدوش شود.
- ۲- جمع کنترلی صحیح نباشد.
- ۳- الگوی بیتی بایت‌های نشانگر در داده‌های منتقل شده وجود داشته باشد.
- ۴- هیچکدام

۶- برای یافتن  $d$  خطا به کد با چه فاصله همینگی نیاز است؟

- |            |           |
|------------|-----------|
| $d+1$ - ۲  | $d-1$     |
| $2d+1$ - ۴ | $d+2$ - ۳ |

۷- برای تصحیح  $d$  خطا به کد با چه فاصله همینگی نیاز است؟

- |            |           |
|------------|-----------|
| $d+1$ - ۲  | $d-1$     |
| $2d+1$ - ۴ | $d+2$ - ۳ |

۸- مزیت عمده تکنیک کول کردن (Piggy Backing) چیست؟

- ۱- سرعت انتقال داده‌ها
- ۲- پایین بودن نرخ خطا
- ۳- استفاده بهینه از پهنای باند کانال
- ۴- هر سه مورد

۹- کدام گزینه از قراردادهای پنجره لغزان نیست؟

- ۱- پروتکل پنجره لغزان تک بیتی
- ۲- کول کردن
- ۳- پروتکل با استفاده از برگشت به  $N$
- ۴- هر سه مورد

۱۰- اشکال اصلی تخصیص کانال به شکل ایستا چیست؟

۱- پایین بودن سرعت انتقال داده‌ها      ۲- بالا بودن نرخ خطا در کانال

۳- هدر رفتن بخشی از پهنای باند کانال      ۴- همه موارد

۱۱- کدام گزینه از فرضهای کلیدی است که در تخصیص کانال به روش پویا باید در نظر گرفته شود؟

۱- مدل ایستگاه      ۲- فرض کانال منفرد

۳- فرض برخورد      ۴- همه موارد

۱۲- بهترین بازدهی در کدام قرارداد دسترسی به کانال وجود دارد؟

۱- Pure ALOHA      ۲- Slotted ALOHA

۳- 0.5 Persistent CSMA      ۴- Non Persistent CSMA

۱۳- کدامیک از قراردادهای زیر بدون برخورد هستند؟

۱- Bitmap      ۲- Binary Countdown

۳- Pure ALOHA      ۴- ۱ و ۲

۱۴- کدام الگوریتم زیر در قراردادهای تخصیص کانال در شبکه‌های محلی بی‌سیم استفاده می‌شود؟

۱- الگوریتم پنجره لغزان      ۲- الگوریتم عقبگرد توانی

۳- الگوریتم با استفاده از برگشت به N      ۴- هیچکدام

۱۵- اولین اترنت با چه سرعتی کار می‌کرد؟

- |             |            |
|-------------|------------|
| ۱- 10Mbps   | ۲- 100Mbps |
| ۳- 2.94Mbps | ۴- 1Gbps   |

۱۶- در اترنت استاندارد 802.3 از کدام کابل استفاده نمی‌شود؟

- |            |                |
|------------|----------------|
| ۱- coaxial | ۲- UTP         |
| ۳- STP     | ۴- Fiber Optic |

۱۷- حداکثر طول پوشش دهی در اترنت نوع 10Base-T کدام است؟

- |            |             |
|------------|-------------|
| ۱- ۵۰۰ متر | ۲- ۱۸۵ متر  |
| ۳- ۱۰۰ متر | ۴- ۲۰۰۰ متر |

۱۸- وسیله‌ای که در فواصل معین برای تقویت و ارسال مجدد سیگنال استفاده می‌شود چیست؟

- |            |               |
|------------|---------------|
| ۱- مسیریاب | ۲- تکرارکننده |
| ۳- هاب     | ۴- سوئیچ      |

۱۹- در کدام روش کدینگ وجود یا عدم وجود لبه در ابتدای بایت نشاندهنده بیت‌های ۰ و ۱ است؟

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| ۱- کدینگ معمولی        | ۲- کدینگ منچستر |
| ۳- کدینگ منچستر تفاضلی | ۴- هیچکدام      |

۲۰- کدام گزینه از فیلدهای فریم اترنت نیست؟

- |             |         |
|-------------|---------|
| ۱- Data     | ۲- Pad  |
| ۳- Checksum | ۴- Type |

۲۱- استاندارد اترنت گیگابیت چه نام دارد؟

- |            |            |
|------------|------------|
| ۱- 802.3 a | ۲- 802.3 b |
| ۳- 802.3 u | ۴- 802.3 z |

۲۲- کدام گزینه از هم‌بندی‌های WLAN نیست؟

- |           |                   |
|-----------|-------------------|
| ۱- ad hoc | ۲- infrastructure |
| ۳- Star   | ۴- همه موارد      |

۲۳- پل ارتباطی بین شبکه WLAN و LAN چیست؟

- |        |           |
|--------|-----------|
| ۱- AP  | ۲- Bridge |
| ۳- HUB | ۴- Router |

۲۴- استاندارد IEEE802.11 از کدام سیگنال در لایه فیزیکی پشتیبانی می‌کند؟

- |             |              |
|-------------|--------------|
| ۱- DSSS     | ۲- FHSS      |
| ۳- Infrared | ۴- همه موارد |

۲۵- تراشه بلوتوث چه محدوده فرکانسی را پوشش می‌دهد؟

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| ۱- ۲/۴ تا ۲/۸ گیگاهرتز | ۲- ۲/۲ تا ۲/۴ گیگاهرتز |
| ۳- ۲ تا ۲/۲ گیگاهرتز   | ۴- ۲/۸ تا ۳ گیگاهرتز   |

۲۶- پهنای باند در یک سیستم بلوتوث چند مگابایت در ثانیه است؟

- |      |      |
|------|------|
| ۱- ۱ | ۲- ۲ |
| ۳- ۳ | ۴- ۴ |

۲۷- وسایل مجهز به تراشه‌های بلوتوث چند متر برد دارند و داده‌ها را با چه سرعتی انتقال می‌دهند؟

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ۱- ۱۰ متر، ۸۲۰ کیلوبایت در ثانیه | ۲- ۵ متر، ۷۲۰ کیلوبایت در ثانیه |
| ۳- ۱۰ متر، ۷۲۰ کیلوبایت در ثانیه | ۴- ۵ متر، ۸۲۰ کیلوبایت در ثانیه |



## فصل ۵

### لایه شبکه

#### هدف کلی

آشنایی با لایه شبکه و قواعد و ساختار آن

#### هدف رفتاری

دانشجو پس از مطالعه این فصل باید بتواند:

شبکه‌های مدارمجازی و داده‌گرام را بشناسد و مقایسه کند.

تقسیم‌بندی‌های الگوریتم‌های مسیریابی را فرا بگیرد.

با الگوریتم‌های مهم مسیریابی آشنا شود.

با اصول کنترل ازدحام و الگوریتم‌های مهم آن آشنا شود.

با لایه شبکه در اینترنت آشنا شود.

مفاهیم پروتکل IP و بسته آن را کاملاً بشناسد.

کلاسهای آدرس‌های IP و چگونگی تخصیص این آدرس‌ها را بداند.

عملکرد پروتکل‌های ICMP, APR, RARP و ... را شرح دهد.

OSPF و BGP را بشناسد.

لایه شبکه، بسته‌ها را از منبع دریافت و تمام آنها را به مقصد ارسال می‌کند. بسته‌ها برای رسیدن به مقصد لازم است که از چند مسیر یاب در طول راه عبور کنند. کار لایه شبکه با لایه پیوند داده‌ها که هدفش فرستادن قابها از یک طرف سیم به طرف دیگر می‌باشد، متفاوت است. بنابراین لایه شبکه پایین‌ترین لایه‌ای است که با انتقال انتها به انتها سر و کار دارد.

لایه شبکه برای رسیدن به اهدافش باید هم‌بندی زیر شبکه ارتباط (یعنی مجموعه‌ای از مسیرها) را بداند و از میان مسیرهای موجود مسیر مناسبی را انتخاب نماید و نباید مسیرهایی را انتخاب کند که در آنها بعضی از خطوط بدون بار و بعضی دارای بار اضافی باشند. در پایان وقتی منبع و مقصد در دو شبکه مختلف باشند، مشکلات جدیدی رخ خواهد داد که لایه شبکه باید از عهده آن برآید.

## ۱-۵ ملاحظات مهم در لایه شبکه

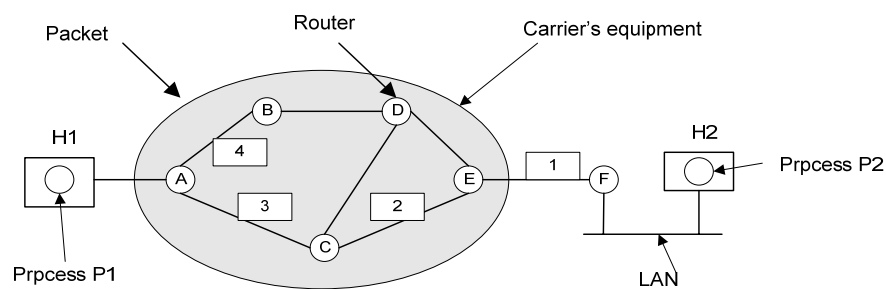
در ادامه این بخش مقدمه بعضی از اصولی را که طراحان شبکه با آن سر و کار دارند را معرفی می‌شود. این اصول شامل خدمات تهیه شده برای لایه انتقال و طراحی داخلی زیر شبکه می‌باشد.

### ۱-۱-۵ سوئیچینگ به روش ذخیره - هدایت

پیش از پرداختن به جزئیات لایه شبکه، مروری خواهیم کرد بر نحوه عملکرد پروتکل‌های لایه شبکه و محیطی که در آن فعالیت می‌کنند. اجزاء اصلی این سیستم مطابق شکل ۱-۵ عبارتند از: تجهیزات حامل (که درون بیضی تیره نشان داده شده‌اند) و تجهیزات مشتریان. میزبان H1 به یک مسیر یاب وصل شده است. H2 بر روی شبکه‌ی LAN واقع شده است که یک مسیر یاب داشته و به فرمان مشتری عمل می‌کند.

از این تجهیزات به این نحو استفاده می‌شود:

یکی از ماشین‌هایی که آماده ارسال بسته می‌باشد، برای نزدیکترین مسیریاب بسته‌ای می‌فرستد (چه این مسیریاب مربوط به LAN خودش باشد یا از طریق خط اجاره‌ای به زیرشبکه حامل متصل باشد). بسته در مسیریاب میانی تا بطور کامل دریافت شود، ذخیره می‌شود. سپس به مسیریاب بعدی داده شده و این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا بسته به مقصد برسد. این مکانیزم ذخیره-هدایت نام دارد.



A's table		C's table		E's table	
initially	later				
A -	A -	A A	A C	A C	
B B	B B	B A	B D	B D	
C C	C C	C -	C C	C C	
D B	D B	D D	D D	D D	
E C	E B	E E	E -	E -	
F C	F B	F E	F F	F F	
Dest line					

شکل ۵-۱ اجزای زیر شبکه و مسیریابی در یک شبکه دیتاگرام

## ۵-۱-۲ خدمات تهیه شده برای لایه انتقال

خدماتی را که لایه شبکه برای لایه انتقال تهیه دیده است در رابط لایه شبکه/ لایه انتقال قرار دارد. نکته مهم این است که لایه شبکه چه خدماتی را برای لایه انتقال تدارک دیده است. خدمات لایه شبکه با منظور کردن اهداف ذیل طراحی شده است:

۱- خدمات باید مستقل از تکنولوژی مسیریاب باشد.

۲- لایه انتقال باید از تعداد، نوع و هم‌بندی مسیریاب‌های حاضر حمایت کند.

۳- آدرس‌های شبکه‌ای که برای لایه انتقال تهیه می‌شوند حتی در صورت وجود شبکه‌های محلی و گسترده، باید از شماره‌گذاری یکنواختی استفاده کند.

با این اهداف طراحان لایه شبکه در نوشتن جزئیات مشخصه‌هایی از خدمات که به لایه انتقال عرضه می‌شود آزادی زیادی داشتند. این آزادی غالباً منجر به بحث بین دو طرف درگیر می‌شد.

گروه متخصصان کامپیوتر معتقد بودند: وظیفه‌ی مسیریاب بجز ارسال بسته‌ها چیز دیگری نبوده و زیرشبکه ذاتاً غیرقابل اطمینان می‌باشد. لذا ماشین میزبان باید بپذیرد که شبکه غیرقابل اعتماد بوده و نیاز به کنترل خطا و کنترل جریان اجتناب‌ناپذیر است. از این نوع نگاه مستقیماً می‌توان نتیجه گرفت که خدمات شبکه از نوع غیراتصال‌گرا باشد. خصوصاً اینکه به هیچ تنظیم ترتیب بسته و کنترل جریان نیازی نخواهد بود زیرا که این عمل در ماشین میزبان به هر حال انجام می‌شود و تکرار این کار لزومی نخواهد داشت. بعلاوه هر بسته باید دارای آدرس کامل مقصد باشد زیرا که هر بسته مستقلاً حمل می‌شود.

گروه متخصصان مخابرات معتقدند: با اتکا بر تجربه یک‌صد ساله موفق در شبکه مخابرات در سطح جهانی، زیرشبکه باید فراهم کننده خدمات قابل اعتماد اتصال‌گرا باشد. از نگاه آنان کیفیت خدمات بعنوان یک فاکتور کلیدی مطرح می‌باشد که بدون اتصال در زیرشبکه تحقق آن بسیار مشکل می‌شود. خصوصاً زمانی که با ترافیک زمان حقیقی مانند صوت یا فیلم سروکار داشته باشیم.

بحث حول این مسأله اصلی است که آیا لایه شبکه خدمات اتصال‌گرا یا خدمات بی‌اتصال را ارائه می‌کند.

### ۵-۱-۳ خدمات اتصال‌گرا و بی‌اتصال

لایه شبکه ۲۴۳

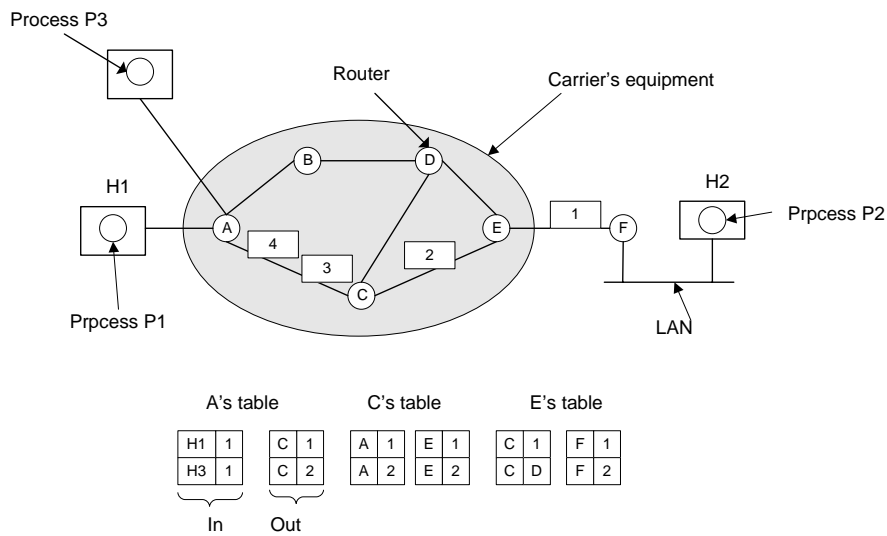
اگر خدمات بدون اتصال باشد بسته‌ها به شبکه جداگانه وارد شده و جدا از یکدیگر مسیریابی می‌شوند. در این روش بسته‌های پشت سر هم داده‌گرام نامیده می‌شود و شبکه نیز شبکه داده‌گرام نامیده می‌شود.

اگر خدمات اتصال‌گرا استفاده شود، قبل از آنکه بسته‌ها فرستاده شود، یک مسیر از منبع به مقصد باید ایجاد شود. این اتصال را مدار مجازی می‌نامیم. در قیاس با مدارهای فیزیکی که در سیستم تلفن بکار می‌رود، آن شبکه را زیرشبکه مدار مجازی می‌نامیم.

ابتدا در این بخش زیرشبکه‌های داده‌گرام و در بخش بعدی زیرشبکه‌های مدار مجازی را بررسی می‌کنیم.

در این قسمت زیرشبکه داده‌گرام تشریح می‌شود.

تصور کنید که فرآیند **p1** در شکل ۵-۲ یک پیام طولانی برای **p2** داشته باشد. پیام در لایه انتقال توسط دستورالعملهایی به فرآیند **P2** در ماشین میزبان می‌رسد. کد لایه انتقال که بخشی از سیستم عامل است، در **H1** اجرا شده، سرآیند لایه انتقال در آغاز پیام درج و نتیجه تحویل لایه شبکه می‌شود.



شکل ۵-۲

فرض کنید که طول پیام چهار برابر بزرگتر از بیشترین اندازه بسته باشد در آن صورت لایه شبکه مجبور است که آن را به ۴ بسته به شماره های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ تقسیم کند و مسیریاب A توسط تعدادی قراردادی نقطه به نقطه بطور مثال **ppp** هر کدام از آنها را به طرفی بفرستد. هر مسیریاب دارای جدول داخلی است که تعیین می کند هر بسته در چه مسیر ممکن فرستاده شود. هر جدول شامل ۲ قسمت است یک قسمت فاصله و قسمت دیگر خط خروجی برای هر فاصله می باشد که فقط از خطوط ارتباطی مستقیم می تواند استفاده کند. برای مثال در شکل (۵-۲) مسیریاب A فقط دارای ۲ خط خروجی به B و C می باشد. لذا هر بسته ای که می آید باید به یکی از این مسیریاب ها فرستاده شود حتی اگر بهترین مسیر از طریق بعضی مسیریاب های دیگر باشد. A اولین مسیریابی است که در جدول زیر شکل با بر چسب "**initially**" نشان داده شده است.

بعد از آنکه به A رسیدند بسته های ۱ و ۲ و ۳ برای مدت کوتاهی ذخیره می شوند سپس هر بسته ای که به سمت C رفته باشد با جدول A وفق داده می شود. آنگاه بسته ۱ به

سمت E، سپس به سمت F می‌رود. وقتی به F رسید، وارد قاب لایه پیوند داده شده و به H2 روی شبکه محلی فرستاده می‌شود. بسته‌های ۳ و ۲ در ادامه همان مسیر می‌روند.

با این وجود اتفاقات متفاوتی برای بسته ۴ می‌افتد یعنی حتی با وجود اینکه مقصد آن F باشد. اما وقتی به A رسید از طریق مسیر یاب B فرستاده می‌شود. بنا به دلایل متفاوتی، مسیر یاب A تصمیم می‌گیرد بسته ۴ را متفاوت از مسیر سه بسته اولی به مسیر دیگری ارسال کند. همانگونه است ترافیکی که باعث مسدود کردن طول مسیر ACE بشود و جدول مسیریابی را نو کند، بطوریکه زیر بر چسب با "later" نشان داده شود. الگوریتمی که مدیریت جداول و داوری مسیریابی را بعهده دارد را الگوریتم مسیریابی می‌نامند.

در صورتی که برای خدمات بی‌اتصال نیاز به یک زیر شبکه مدار مجازی داریم. حال ببینیم آنها چگونه کار می‌کند. ایده اصلی مدارهای مجازی اجتناب از انتخاب یک مسیر جدید برای هر بسته ارسالی طبق شکل (۵-۲) می‌باشد. در عوض وقتی یک اتصال برقرار می‌شود یک مسیر از ماشین منبع به بعنوان بخشی از برقراری اتصال انتخاب می‌شود و در جدول مسیریاب‌ها ذخیره می‌شود. مسیری که برای تمام ترافیک‌هایی که از طریق اتصال، جریان می‌یابند دقیقاً مثل سیستم تلفن عمل می‌کند. یعنی وقتی اتصال قطع شد مدار مجازی نیز از بین می‌رود.

در خدمات اتصال‌گرا هر بسته مشخصه‌ای را که بگوید به کدام مدار مجازی تعلق دارد را حمل می‌کند.

بعنوان مثال موقعیتی از شکل ۵-۲ را در نظر بگیرید.

در اینجا میزبان H1 اتصالی از طریق ۱ با میزبان H2 ایجاد می‌کند. اولین خط از جدول A'S می‌گوید که اگر یک بسته اتصالی را ایجاد کند شناسه ۱ به شکل H1 در می‌آید، بسته به مسیر یاب C می‌رسد و شناسه ۱ اتصال را بدست می‌آورد. متشابهاً اولین بسته ورودی در c، به سمت E مسیریابی می‌شود همچنانکه در اتصال شناسه ۱ آمده است.

حال در نظر بگیریم چه اتفاقی می‌افتد اگر **H3** نیز بخواهد یک اتصال با **H2** برقرار کند. آن اتصال شناسه ۱ را انتخاب می‌کند (زیرا آن شروع یک اتصال است و این فقط اتصال است) و می‌گوید زیر شبکه مدار مجازی ایجاد کند. این راهنمایی می‌کند به دومین ردیف در جدول. توجه کنید که اینجا یک پیچیدگی وجود دارد زیرا اگر چه که **A** می‌تواند به آسانی اتصال بسته‌ها از **H1** را از اتصال ۱ بسته‌ها از **H3** را تشخیص دهد، ولی **C** نمی‌تواند. به همین منظور **A** یک شناساگر اتصال متفاوت را به ترافیک خروجی برای دومین اتصال در نظر می‌گیرد.

به دلیل آنکه مسیر یاب‌ها بتوانند شناساگرهای بسته‌های خروجی را عوض کنند نیاز دارند که از این نوع پیچیدگی‌ها خودداری کنند. در بعضی از شرایط این روش **lable switching** نام دارد.

#### ۵-۱-۴ مقایسه زیر شبکه‌های مدار مجازی و زیر شبکه‌های داده گرام

هم مدارهای مجازی و هم داده گرام‌ها موافقان و مخالفان خودشان را داشتند. اکنون می‌خواهیم بحث‌های هر دو روش را بطور مختصر بیان کنیم. موضوعات اصلی در شکل ۳-۵ آمده است و ممکن است افرادی مثالهای نقصی در مورد هر آنچه که در شکل وجود دارد ارائه دهند.

در زیر شبکه بین مدارهای مجازی و داده گرام تبادلات قراردادی وجود دارد. یکی از این تبادلات قراردادی بین فضای حافظه مسیر یاب و پهنای باند است یعنی مدارهای مجازی اجازه می‌دهند بسته‌ها به جای آدرس کامل مقصد، حاوی شماره‌های مدار باشند.

اگر بسته‌ها کوتاه باشند آدرس کامل مقصد در هر بسته سربار قابل توجهی را ایجاد می‌کند، لذا پهنای باند هدر می‌رود. بهایی که برای استفاده از مدار مجازی داخلی پرداخت می‌شود فضای جدول در داخل مسیر یاب‌ها است. بر اساس هزینه مدارهای ارتباطی در مقابل حافظه مسیر یاب یکی یادگیری ممکن است ارزاتر بشود.

مورد	زیر شبکه داده گرام	زید شبکه مدار مجازی
------	--------------------	---------------------



تنظیم مدار	نیازی نیست	نیاز است
آدرس‌دهی	هر بسته آدرس دقیق و کامل مبدا و مقصد را با خود حمل می‌کند	هر بسته فقط یک شماره کوتاه مدار مجازی (VC) با خود دارد
اطلاعات وضعیت	مسیریاب نیازی به نگهداری اطلاعاتی در خصوص وضعیت هر اتصال ندارد	به ازای هر مدار مجازی تمام مسیریاب‌ها باید اطلاعاتی در خصوص وضعیت آن نگاه دارند
مسیریابی	هر بسته بطور مستقل مسیریابی می‌شود	مسیر فقط یکبار و آنهم در هنگام تنظیم مدار مجازی انتخاب می‌شود و تمام بسته‌ها از همان مسیر حرکت می‌کنند
تأثیر خرابی مسیریاب	بی‌تأثیر، مگر در مورد بسته‌هایی که در حین خرابی از بین رفته‌اند	تمام مدارات مجازی که از مسیریاب خراب می‌گذشته‌اند قطع می‌شوند
تضمین کیفیت خدمات	دشوار	اگر برای هر مدار مجازی منابع لازم از قبل تخصیص یابد بسیار آسان است
کنترل ازدحام	دشوار	اگر برای هر مدار مجازی از قبل منابع لازم تخصیص یابد بسیار آسان است

شکل ۳-۵ مقایسه مدار مجازی و داده‌گرام

تبادل قراردادی دیگر، زمان راه‌اندازی در برابر زمان تجزیه آدرس است. استفاده از مدارهای مجازی مستلزم فاز راه‌اندازی است که باعث صرف زمان و منابع می‌شود.

به صورت مختصر، وظایف و کارهای بسته در زیرشبکه مدار مجازی از این قرار است: مسیریاب با استفاده از شماره مدار به جدول مراجعه می‌کند تا پیدا کند که بسته باید کجا برود. در زیرشبکه داده‌گرام رویه پیچیده‌تری لازم است تا تعیین کند که بسته به کجا می‌رود.

از دیگر موارد قابل ذکر، مقدار فضای مورد نیاز جدول در حافظه مسیریاب می‌باشد. یک زیرشبکه داده‌گرام بازای هر مقصدممکن، به یک ورود اطلاعات نیاز دارد. در

حالی که یک زیرشبکه مدار مجازی فقط بازای هر مدار مجازی نیاز به یک ورود اطلاعات دارد. با وجود این مزیت، از آنجائیکه بسته‌های راه‌اندازی برقراری ارتباط نیز مجبور هستند مسیریابی بشوند، همانند زیرشبکه داده‌گرام از آدرس‌های مقصد استفاده می‌کنند.

مدارهای مجازی دارای امتیازاتی در تضمین کیفیت خدمات و جلوگیری از ازدحام در زیرشبکه می‌باشد. به عبارت دیگر منابع (مانند بافرها، پهنای باند و CPU) می‌توانند از قبل به محض اینکه ارتباط برقرار گردد، رزرو شوند. بنابراین وقتی که بسته‌ها شروع به رسیدن کنند از قبل پهنای باند و ظرفیت مورد لزوم مسیریاب آماده شده است. در حالی که در یک زیرشبکه داده‌گرام، پرهیز از ازدحام مشکل‌تر می‌باشد.

برای سیستم‌های پردازنده تراکنش (مانند درخواست بررسی هویت در هنگام خریدهای با کارت اعتباری در فروشگاه‌ها)، سربار مورد نیاز برای ایجاد و حذف مدار مجازی ممکن است استفاده از مدار را تحت‌الشعاع قرار دهد. اگر اکثریت ترافیک مورد نظر از این نوع باشد مزیت استفاده از مدارهای مجازی در زیرشبکه کمتر محسوس خواهد بود. از طرف دیگر مدارهای مجازی دائمی که بطور دستی تنظیم می‌شوند و برای ماه‌ها و یا سال‌ها ادامه می‌یابند ممکن است در موارد بیشتر مفید واقع شوند.

مدارهای مجازی مشکل آسیب پذیری دارند. اگر یک مسیریاب از کار بیفتد و حافظه آن از دست برود حتی اگر دوباره در ثانیه بعد بکار افتد، تمام مدارهای مجازی که از میان آن عبور می‌کنند به اجبار قطع می‌گردد. درمقابل اگر یک مسیریاب داده‌گرام از بین رود فقط کاربرانی که بسته‌های آنها در آن زمان در صف مسیریاب بوده‌اند آسیب خواهند دید و حتی ممکن است تمام آنها، بسته به این که آیا اعلام وصول شده‌اند یا خیر، آسیب نبینند. اشکال و ایراد در یک خط ارتباطی برای مدارهای مجازی که از آن استفاده می‌کنند مخرب خواهد بود اما اگر از داده‌گرام استفاده شود به راحتی قابل جبران می‌باشد. داده‌گرام‌ها به مسیریاب‌ها این اجازه را می‌دهد که ترافیک سراسری زیرشبکه را متوازن کنند، زیرا مسیریاب‌ها می‌توانند از میان یک رشته بسته در حال انتقال قسمتی از راه را تغییر دهند.

## ۵-۲ الگوریتم‌های مسیریابی

وظیفه اصلی لایه شبکه مسیریابی و هدایت بسته‌ها از منبع به مقصد می‌باشد. در بیشتر زیرشبکه‌ها بسته‌ها برای آنکه به مقصد برسند نیاز دارند که چند پرش انجام دهند.

برای شبکه‌های پخش‌ی این استثناء قابل توجه است. حتی در اینجا نیز اگر منبع و مقصد روی یک شبکه نباشد مسیریابی یک اصل است. الگوریتم‌هایی که مسیرها و ساختمان داده‌های مربوط به آن را انتخاب می‌کنند. موضوع مهم طراحی لایه شبکه‌اند.

الگوریتم مسیریابی بخشی از نرم‌افزار لایه شبکه است که تعیین می‌کند بسته ورودی به کدام خط خروجی باید منتقل شود. اگر زیرشبکه بصورت درونی از داده‌گرام‌ها استفاده کند، این تصمیم‌گیری باید برای هر بسته ورودی دوباره تکرار شود زیرا بهترین مسیر ممکن است، در آخرین لحظه نیز تغییر کند. در حالیکه اگر زیرشبکه بصورت درونی از مدارهای مجازی استفاده کند، تصمیمات مسیریابی صرفاً وقتی اتخاذ می‌شوند که مدار مجازی جدید راه‌اندازی شود، پس از آن بسته‌های داده فقط به دنبال مسیر ایجاد شده قبلی می‌روند. در نوع دوم چون مسیر در طول مدت تماس کاربر ثابت باقی می‌ماند را گاهی مسیریابی ارتباط می‌نامند (مانند ایجاد ارتباط در یک پایانه یا در یک انتقال فایل).

گاهی اوقات فرق‌گذاری بین مسیریابی، که در آن تصمیم‌گیری برای استفاده از یکی از مسیرها صورت می‌گیرد، و ارسال جلو، که اتفاقی است که در زمان رسیدن بسته می‌افتد، مفید می‌باشد. شاید تصور شود که در داخل یک مسیریاب دو فرایند مستقل انجام می‌شود. یکی اینکه هر بسته‌ای که می‌رسد با استفاده از جداول مسیریابی خط خروجی تعیین می‌گردد. این فرایند، ارسال جلو نام دارد. فرایند دیگر مسئول پرکردن و روزآمد کردن جداول مسیریابی می‌باشد و آن زمانی اتفاق می‌افتد که الگوریتم‌های مسیریابی برای اجرا شدن بکار گرفته می‌شود.

بدون توجه به اینکه آیا مسیرها برای هر بسته بطور مستقل تعیین شده یا فقط وقتی که اتصال جدیدی برقرار می‌شود انتخاب می‌گردند، خواص ویژه‌ای در یک الگوریتم مسیریابی وجود دارند:

(۱) صحت (۲) سادگی یا سهولت (۳) تحمل عیب (۴) پایداری (۵) عدالت و بهینگی.

صحت و سادگی نیازی به توضیح ندارد، ولی تحمل عیب ممکن است در ابتدا چندان روشن نباشد. انتظار می‌رود شبکه‌ای که در ناحیه‌ای قرار دارد، سالها بدون عیب کلی بکار خود ادامه دهد. در این مدت اشکالات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری گوناگونی بوجود می‌آید، میزبان‌ها، مسیریاب‌ها و خطوط به کرات خراب می‌شوند و هم‌بندی (توپولوژی) به دفعات تغییر می‌کند. یک الگوریتم مسیریابی باید بتواند از عهده تغییرات در هم‌بندی و ترافیک بدون نیاز به توقف کاری در تمام میزبان‌ها و راه‌اندازی مجدد شبکه در هر بار از توقف یک مسیریاب، برآید.

پایداری نیز برای الگوریتم مسیریابی یک هدف مهم می‌باشد. الگوریتم‌هایی وجود دارند که هرگز همگرا نمی‌شوند حتی وقتی که برای مدت طولانی اجرا شوند. یک الگوریتم پایدار به سرعت همگرا شده و متعادل می‌شود.

تعریف عدالت و بهینگی اگرچه بدیهی به نظر می‌رسد، اما بعضاً به دو هدف متناقض مبدل می‌گردد. قبل از آنکه به متوازن کردن عدالت و بهینگی پردازیم باید تصمیم بگیریم که چه چیزی را بهینه کنیم. واضح است که تأخیر بسته‌ها باید کمینه شود ولی کارایی کل شبکه بیشینه شود. علاوه بر این از آنجا که عملکرد هر سیستم صف‌بندی در حد ظرفیت، تأخیر صف‌بندی را زیاد می‌کند لذا این ۲ هدف نیز با هم تناقض و تضاد دارند.

اغلب شبکه‌ها سعی می‌کنند تعداد پرش‌هایی که یک بسته باید انجام دهند کمینه کنند، چونکه این کاهش باعث بهبود تأخیر و نیز کاهش میزان پهنای باند مصرفی است که منجر به افزایش توان عملیاتی می‌شود.

الگوریتم‌های مسیریابی می‌توانند به ۲ گروه اصلی تقسیم شوند: غیر وفقی و وفقی.

الگوریتم‌های غیروفتی تصمیمات مسیریابی خود را بر اندازه‌گیری یا تخمین هم‌بندی و ترافیک فعلی بنا نمی‌نهند، در عوض برای انتخاب یک مسیر مورد استفاده مثلاً از **I** به **J** (برای از تمام **T** به تمام **J**) از قبل محاسبه و از خط خارج می‌شود و هنگامیکه شبکه راه‌اندازی شد به شبکه بار می‌شود. این روند را گاهی اوقات مسیریابی ایستا می‌نامند.

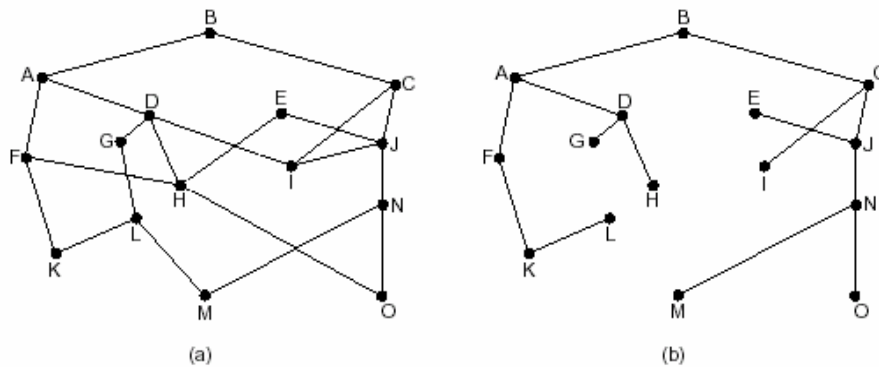
در مقابل الگوریتم وفتی تصمیمات مسیریابی خود را بر اساس تغییرات در هم‌بندی و ترافیک تغییر می‌دهند.

الگوریتم‌های مسیریابی در آنجایی که اطلاعات می‌گیرند (مثلاً از مسیریاب همجوار یا تمام مسیریاب‌ها)، یا وقتی که مسیرها را عوض می‌کنند (مثلاً هر  $\Delta T$  ثانیه، وقتی بار یا هم‌بندی تغییر می‌کند)، و یا اینکه چه معیارهایی برای بهینه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (مثل، فاصله، تعداد پرش‌ها یا زمان انتقال تقریبی) با یکدیگر متفاوتند.

## ۵-۲-۱ اصل بهینگی

قبل از آنکه به الگوریتم خاصی بپردازیم، بیان این نکته که “صرفنظر از هم‌بندی شبکه یا ترافیک، بتوان یک حکم عمومی راجع به مسیرهای بهینه بیان کرد مهم می‌باشد، این حکم بعنوان اصل بهینگی شناخته می‌شود. آن اصل بیان می‌کند که اگر مسیریاب **J** از مسیریاب **I** به مسیریاب **K** در مسیر بهینه‌ای قرار گیرد آنگاه مسیر بهینه‌ای از **J** به **K** نیز در همان مسیر قرار می‌گیرد. برای دیدن این موضوع قسمتی از مسیر **I** به **J** را **r** و بقیه را **r2** می‌نامیم. اگر یک مسیری بهتر از **r2** از **J** به **K** موجود باشد می‌توان آن را با **r1** نامید تا مسیر از **I** به **K** را توسعه دهد، و حکم ما را که **r1r2** را بهینه می‌نامد نقض می‌کند.

نتیجه‌ای که بطور مستقیم از اصل بهینگی دریافت می‌شود این است که ما می‌توانیم ببینیم که مجموعه‌ای از مسیرهای بهینه از تمام منابع به یک مقصد معین، به شکل درختی می‌باشد که ریشه آن مقصد است لذا چنین درختی را **sink tree** می‌نامیم که در شکل ۵-۴ نشان داده شده است و مقیاس فاصله آن بر اساس تعداد پرش می‌باشد.



شکل ۵-۴ (a) زیر شبکه (b) درخت Sink Tree برای مسیریاب B

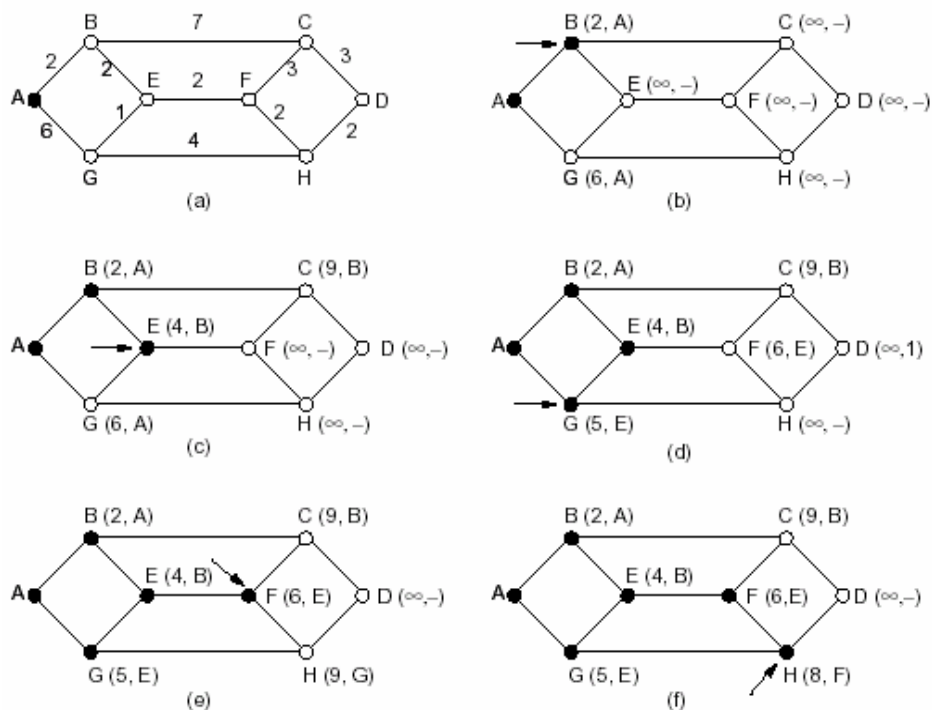
لازم به ذکر است که **sink tree** منفرد نمی‌باشد و ممکن است درخت‌های دیگری با همان طول مسیر وجود داشته باشند. هدف تمامی الگوریتم‌های مسیریابی کشف و استفاده از **sink tree** برای تمام مسیرها می‌باشد.

از آنجائیکه **sink tree** در حقیقت یک درخت است، لذا فاقد هر گونه حلقه می‌باشد. بنابراین هر بسته در تعداد محدود و مشخص از پرش‌ها دریافت می‌شود. البته در عمل همیشه به این سادگی نمی‌باشد. پیوندها و مسیرها در حین عملیات می‌توانند به طرف پایین رفته و به طرف بالا برگردند، لذا این امکان وجود دارد که مسیریاب‌های مختلف راجع به هم‌بندی فعلی ایده‌های متفاوتی داشته باشند. همچنین سوالی اینجا مطرح است که آیا مسیریاب مجبور است به تنهایی اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبه **sink tree** را بدست آورد یا اینکه این اطلاعات بوسیله ابزارهای دیگری جمع‌آوری می‌شود؟

در یک توضیح مختصر، اصل بهینگی و **sink tree** معیاری برای ارزیابی الگوریتم‌های مسیریابی دیگر می‌باشد.

### ۲-۲-۵ مسیریابی کوتاهترین مسیر

اجازه دهید که مطالعه الگوریتم‌هایی را که درک آن آسان و با تکنیکی که بطور گسترده و به شکل‌های مختلفی بکار می‌رود را شروع کنیم. ایده، ساخت گراف زیر شبکه است بطوریکه هر گره گراف نشان‌دهنده یک مسیریاب و هر کمان گراف نشان‌دهنده یک خط ارتباطی که اغلب پیوند نامیده می‌شود، باشد. برای انتخاب مسیری بین دو مسیریاب معین، الگوریتم، فقط کوتاهترین مسیر بین آنها را در گراف مشخص می‌کند.



شکل ۵-۵ مسیریابی مبتنی بر کوتاهترین مسیر

در مورد کوتاهترین مسیر باید توضیحاتی کافی ارائه کرد. یک راه اندازه‌گیری کوتاهترین مسیر محاسبه تعداد پرش‌ها می‌باشد. با استفاده از این معیار طول مسیرهای ABE, ABC همان‌طوریکه در شکل ۵-۷ نشان داده شده است یکسان است. معیار دیگر

فاصله جغرافیایی به کیلومتر است در این روش واضح است که  $ABC$  طولانی‌تر از  $ABE$  می‌باشد.

با این وجود معیارهای دیگری در کنار پرش‌ها و فاصله فیزیکی نیز ممکن است موجود باشد. بعنوان مثال هر کمان می‌تواند با میانگین تأخیر صف‌بندی و انتقال برای تعدادی از بسته‌های آزمایشی، برچسب‌گذاری شود بطوریکه تعیین آنها بوسیله انجام آزمایش در هر لحظه اجرا می‌شود در برچسب‌گذاری گراف، کوتاهترین مسیر، سریعترین مسیر نسبت به مسیرهای با کمترین کمان‌ها یا کیلومترها می‌باشد.

در حالت کلی برچسب‌ها می‌توانند بصورت تابعی از فاصله، پهنای باند، معدل ترافیک، هزینه ارتباط، میانگین طول صف، تأخیر اندازه‌گیری و سایر عوامل محاسبه شوند. با تغییر تابع وزنی، الگوریتم کوتاهترین مسیر بر اساس هر یک از معیارها و یا ترکیبی از آنها بدست خواهد آمد.

الگوریتم‌های متعددی برای بدست آوردن کوتاهترین مسیر بین دو گره از یک گراف شناخته شده است. یکی از این الگوریتم‌ها به دایجکسترا (۱۹۵۹) نسبت داده می‌شود. هر گره دارای برچسبی است که با آن فاصله تا گره منبع از طریق بهترین مسیر شناخته می‌شود.

در آغاز هیچ مسیری شناخته شده نیست لذا تمام گره‌ها دارای برچسب بی‌نهایت می‌باشند. با ادامه اجرای الگوریتم و پیدا شدن مسیرها برچسب‌ها ممکن است تغییر کنند تا مسیرهای بهتری بدست آید. یک برچسب ممکن است دائمی و یا موقت باشد.

در آغاز تمام برچسب‌ها موقتی می‌باشد وقتی مشخص شد برچسب یک گره نشان‌دهنده کوتاهترین مسیر ممکن بین منبع و آن گره می‌باشد آن برچسب دائمی شده و بعد از آن تغییری نمی‌کند.

اکنون نشان می‌دهیم که الگوریتم برچسب‌گذاری چگونه عمل می‌کند. گراف وزن‌دار بدون جهت شکل ۵-۵ (a) را در نظر بگیرید، برای مثال وزن‌ها نشان‌دهنده فاصله می‌باشند.



می‌خواهیم کوتاهترین مسیر بین **A** تا **D** را بدست آوریم. با علامت‌گذاری گره **A** بعنوان گره ثابت که بصورت دایره توپر نشان داده شده است شروع کنیم، سپس به نوبت، تمام گره‌های همجوار را امتحان می‌کنیم هر کدام را با فاصله آن به **A**، مجدداً برچسب‌گذاری می‌کنیم. هرگاه گره‌ای مجدداً برچسب‌گذاری شد ما نیز آنرا با گره‌ای که کار را از آنجا شروع کرده ایم برچسب می‌دهیم، بدین ترتیب می‌توانیم مسیر نهایی را در آخر بازسازی کنیم.

با بررسی تمام گره‌های همجوار **A** تمام گره‌هایی را در کل گراف بطور موقت برچسب‌گذاری شده است بررسی کرده و گره‌ای را که دارای کوچکترین برچسب می‌باشد را دائمی می‌کنیم.

شکل ۵-۵ (b) با این گره به عنوان گره کاری جدید انتخاب می‌کنیم. حال از **B** شروع و تمام گره‌های همجوارش را امتحان می‌کنیم. اگر مجموع برچسب روی **B** و فاصله **B** تا گره‌ای که باید در نظر گرفته شود کمتر از برچسب موجود در آن گره باشد یک مسیر کوتاهتر بدست آمده، لذا گره مجدداً برچسب‌گذاری می‌شود.

بعد از آنکه تمام گره‌های همجوار گره مورد نظر بررسی و برچسب‌های موقت در صورت امکان تغییر کردند، تمام گراف مورد جستجو قرار می‌گیرد تا گره‌ای با برچسب موقت با کمترین مقدار بدست آید. سپس این گره دائمی شده و برای مرحله بعد بعنوان گره کاری در نظر گرفته می‌شود. شکل ۵-۵ پنج مرحله اول از الگوریتم را نشان می‌دهد.

در شکل ۵-۵ (a) ببینیم که الگوریتم چگونه کار می‌کند. در آن شکل فقط **E** دائمی است. فرض کنید **AXYZE** کوتاهتر از **ABE** باشد. ۲ امکان وجود دارد:

یا گره **Z** آمادگی این را دارد که دائمی شود، یا خیر. اگر باشد که **E** تاکنون بررسی شده لذا مسیر **AXYZE** از دید ما خارج نبوده و نمی‌تواند مسیر کوتاهتری باشد.

اکنون موردی را در نظر بگیرید که در آنجا **Z** هنوز بطور موقت برچسب‌گذاری شده است.

برچسب Z بزرگتر و یا مساوی برچسب E می باشد که در این صورت  $AXYZE$  نمی تواند مسیر کوتاهتری نسبت به  $ABE$  باشد و یا اینکه برچسب Z کوچکتر از E است که در این صورت Z و نه E برچسب دائمی می گیرد و اجازه می دهد که E از طریق Z مورد بررسی قرار گیرد.

### ۵-۲-۳ الگوریتم سیل آسا

دیگر الگوریتم ایستا، سیل آسا نام دارد، که در آن هر بسته ورودی بر روی خطوط خروجی بجز خطی که عمل دریافت از آن طریق صورت گرفته فرستاده می شد.

الگوریتم سیل آسا بسته های مشابه بسیار زیادی را (در حقیقت بی نهایت بسته) ایجاد می کند، مگر اینکه اقداماتی صورت گیرد که این روند را متوقف سازد.

یکی از این تدابیر داشتن، شمارنده پرش می باشد که در ابتدای هر بسته قرار دارد و بازای پرش یک واحد از شمارنده کاسته شده و هنگامیکه شمارنده به صفر می رسد بسته کنار گذاشته می شود. بهترین حالت این است که شمارنده پرش در ابتدای طول مسیر منبع به مقصد مقدارگذاری می گردد. اگر فرستنده مقدار طول مسیر را نداند می تواند در بدترین حالت که قطر کابل زیر شبکه می باشد شمارنده را مقدارگذاری نماید.

تکنیک دیگر جلوگیری از تکرار، مشخص کردن بسته هایی است که به تعداد زیاد تولید شده اند تا از ارسال مجدد آنها جلوگیری بعمل آید. برای رسیدن به این هدف باید مسیریاب منبع را مجبور سازیم تا هر بسته ای را که از میزبان دریافت می کند به ترتیب شماره گذاری نماید.

بنابراین در مسیریاب به ازای هر مسیریاب منبع به لیستی نیازمند است که مشخص کننده شماره ترتیبی است که از منبع دریافت شده است، در این صورت اگر بسته های ورودی در لیست موجود باشند مجدداً تکرار نخواهند شد.

برای جلوگیری از رشد بی رویه لیست، هر لیست بایستی مجهز به شمارنده " $k$ " باشد، بدین معنا که تمام شماره‌های ترتیب از طریق " $K$ " دیده شده‌اند. وقتی یک بسته وارد می‌شود به راحتی می‌توان مشخص کرد که آیا این بسته تکراری است یا خیر. اگر تکراری باشد کنار گذاشته می‌شود بعلاوه دیگر نیازی به لیست کاملی از زیرمجموعه‌های  $K$  نیست چون  $K$  بطور موثری این لیست را خلاصه می‌نماید.

گونه دیگری از الگوریتم سیل آسا که عملی‌تر است الگوریتم سیل آسا انتخابی می‌باشد. در این الگوریتم مسیر یاب هر بسته ورودی را به تمام خطوط خروجی نمی‌فرستد بلکه فقط به خطوطی می‌فرستد که تقریباً در مسیر درستی حرکت می‌کنند.

معمولاً معقول نمی‌باشد برای فرستادن بسته‌ای در جهت غرب از مسیری در جهت شرق استفاده نماییم مگر آنکه هم‌بندی خاصی مد نظر باشد و مسیر یاب از انجام آن اطمینان داشته باشد.

الگوریتم سیل آسا در اغلب برنامه‌های کاربردی قابل اجرا نیست اما کاربردهایی دارد و بعنوان مثال در کاربردهای نظامی که در هر لحظه تعداد زیادی از بیتها بایستی از طریق مسیر یاب‌ها ارسال شود، توانمندی زیاد غرق کردن بسیار مطلوب می‌باشد.

در کاربردهای بانک اطلاعاتی توزیع شده گاهی لازم است که بطور همزمان تمام پایگاه داده نوسازی شود که در این خصوص الگوریتم سیل آسا بسیار سودمند می‌باشد.

در شبکه‌های بی سیم تمام ایستگاه‌هایی که در برد فرکانس رادیویی قرار دارند می‌توانند پیام‌های ارسالی توسط یک ایستگاه را دریافت نمایند. در حقیقت الگوریتم سیل آسا و الگوریتم‌های دیگر از این ویژگی برخوردارند.

چهارمین ویژگی الگوریتم سیل آسا این است که می‌توان از آن بعنوان معیاری جهت مقابله الگوریتم‌های مسیر یابی دیگر استفاده کرد. الگوریتم سیل آسا همیشه کوتاهترین مسیر را انتخاب می‌کند چون تمام مسیرهای ممکن را همزمان بطور موازی بر می‌گیرند لذا اگر سربار حاصل از خود فرآیند الگوریتم سیل آسا را نادیده بگیریم، هیچ الگوریتم دیگری نمی‌تواند تأخیر کوتاهتری را ایجاد نماید.

### ۵-۲-۴ مسیریابی بردار فاصله (DV)

شبکه‌های پیشرفته کامپیوتری معمولاً بجای الگوریتم‌های مسیریابی ایستا که توضیح داده شد، از الگوریتم‌های پویا استفاده می‌کنند. چون الگوریتم‌های ایستا به مقدار بار موجود در روی شبکه توجهی ندارند. دو الگوریتم پویای "مسیریابی بردار فاصله"، و "مسیریابی حالت پیوند" که از عمومیت بیشتری برخوردارند در ادامه تشریح می‌شوند.

در این بخش به بررسی الگوریتم بردار فاصله پرداخته و در بخش بعد به بررسی الگوریتم مسیریابی حالت پیوند می‌پردازیم.

### الگوریتم مسیریابی بردار فاصله

نحوه عملکرد بدین ترتیب است که است که باعث می‌شود که هر مسیر یاب جدولی را که نشان دهنده بهترین فاصله به هر مقصد و مسیری که برای رسیدن به آنجا نیاز است را به همراه داشته باشد. این جداول با تبادل اطلاعات با جداول همجوارشان نوسازی می‌شوند.

در مسیریابی بردار فاصله هر مسیر یاب دارای جدول مسیریابی می‌باشد که توسط هر مسیر یاب در زیر شبکه نشان‌گذاری شده و دارای یک ورودی برای هر مسیر یاب می‌باشد.

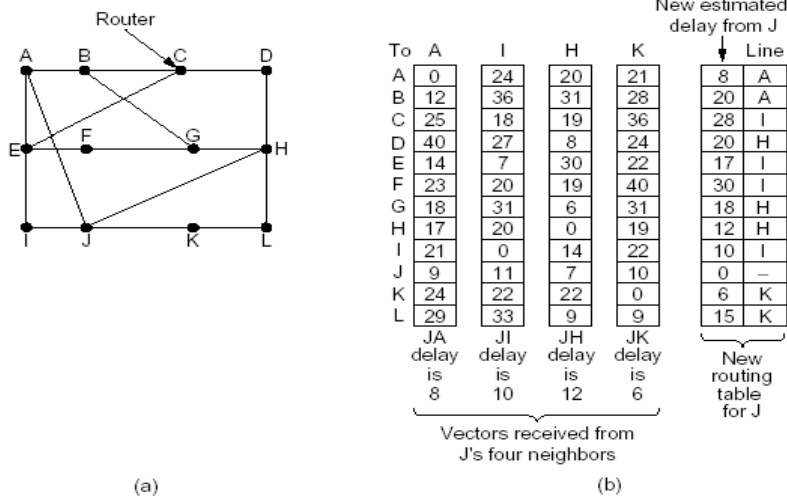
این ورودی شامل ۲ بخش است:

- استفاده از خط خروجی مناسب برای آن مقصد
  - تخمین زمان یا مسافت لازم برای رسیدن به آن مقصد.
- معیار استفاده شده ممکن است تعداد پرش‌ها، تأخیر زمانی در مقیاس هزارم ثانیه، تعداد کل بسته‌هایی که پشت سر هم در مسیر قرار دارند یا چیزی شبیه این باشد.
- فرض بر این است که مسیر یاب "فاصله" خود را تا مسیر یاب‌های مجاورش بداند. اگر معیار پرش‌ها باشد، فاصله فقط یک پرش است و اگر معیار طول صف باشد مسیر یاب

فقط هر صف را بررسی می‌کند و اگر معیار تأخیر باشد، مسیر یاب نمی‌تواند مستقیماً آنرا از طریق بسته‌هایی بنام **ECHO** که گیرنده لحظه ورودشان را ثبت کرده و هرچه سریعتر آنرا برمی‌گرداند اندازه‌گیری نماید. بعنوان مثال در نظر بگیرید که تأخیر بعنوان معیار استفاده شده مسیر یاب، مقدار تأخیرش را به هر یک از مسیر یاب‌های مجاورش بداند. در هر **T** میلی‌ثانیه هر مسیر یاب فهرستی از تأخیرهای تخمین شده خود را به مقصد ارسال می‌دارد و همچنین فهرستی مشابه از هر مسیر یاب مجاورش دریافت می‌کند. تصور کنید که هم‌اکنون یکی از این جداول از مسیر یاب **X** وارد شده با فرض اینکه  $X_i$  فاصله زمانی **X** است تا به مسیر یاب **I** برسد.

اگر این مسیر یاب بداند که تأخیر تا **X**، **m** میلی‌ثانیه باشد همچنین می‌داند که می‌تواند به مسیر یاب **I** از طریق **X** در طی  $X_i + m$  میلی‌ثانیه برسد. با انجام این محاسبه برای هر مسیر یاب همجوار، یک مسیر یاب می‌تواند دریابد که کدام ارزیابی بهترین می‌باشد تا آن ارزیابی و خط مربوط به آنرا در جدول مسیر یابی جدیدش مورد استفاده قرار دهد. توجه داشته باشید که جدول مسیر یابی قدیمی در این محاسبه استفاده نمی‌شود.

این فرآیند نوسازی در شکل ۶-۵ نشان داده شده است.



شکل ۶-۵

قسمت (a) نشان‌دهنده زیرشبکه می‌باشد. ۴ ستون اول قسمت (b) نشان‌دهنده تأخیر بردارهای دریافت شده از مسیر یاب‌های مجاور مسیر یاب **j** می‌باشد تأخیر از **A** تا **B** ۱۲ میلی‌ثانیه، از **A** تا **C** ۲۵ میلی‌ثانیه یعنی از **A** تا **D** ۴۰ میلی‌ثانیه و غیره می‌باشد. در نظر بگیرید که **J** تأخیر خود را تا همسایگانش یعنی **A, H, I, K** بترتیب ۸ و ۱۰ و ۱۲ و ۶ میلی‌ثانیه تخمین زده است. در نظر بگیرید که چگونه **j** مسیر جدیدش را تا مسیر **G** محاسبه می‌نماید. **J** می‌داند می‌تواند ظرف ۸ میلی‌ثانیه خود را به **A** برساند و **A** پس از ۱۸ میلی‌ثانیه به **G** می‌رسد.

بنابراین **j** می‌داند اگر بخواهد از **G** به **A** بسته‌هایی را ارسال نماید، ۲۶ میلی‌ثانیه تأخیر خواهد داشت. به همین ترتیب تأخیر رسیدن به **G** را از طریق **K, H, I** به ترتیب ۴۱ (۳۱+۱۰) و ۱۸ (۱۲+۶) و ۳۷ (۳۱+۶) میلی‌ثانیه برآورد می‌کند. بهترین مقدار این زمانها ۱۸ میلی‌ثانیه می‌باشد، بنابراین **j** مقادیری را در جدول مسیریابی قرار می‌دهد بر این اساس که، تأخیر تا **G** ۱۸ میلی‌ثانیه می‌باشد و مسیری که باید استفاده شود از طریق **H** می‌باشد. همین محاسبه برای تمامی مقصدها انجام می‌شود و جدول مسیریابی جدید در آخرین ستون این تصویر نشان داده می‌شود.

مسیریابی بردار فاصله از لحاظ تئوری مؤثر واقع می‌شود، اما در عمل یا یک مشکل جدی روبرو است: اگر چه این مسیریابی در نهایت به جواب درست می‌رسد ولی این کار را به کندی انجام می‌دهد. بطور کلی این الگوریتم نسبت به خبرهای خوب (افزایش یک مسیر یاب جدید) سریعاً واکنش نشان می‌دهد ولی نسبت به اخبار بد (از دور خارج شدن یکی از مسیر یاب‌ها) بسیار کند عمل می‌نماید.

#### ۵-۲-۵ مسیریابی حالت پیوند (LS)

مسیریابی بردار فاصله تا سال ۱۹۷۹ در آرپانت مورد استفاده قرار می‌گرفت که مسیریابی حالت پیوند جایگزین آن شد. ۲ مشکل عمده باعث از بین رفتن آن شد:

اول از آنجائیکه مقیاس تغییر طول صف بود، هنگام انتخاب مسیرها، پهنای باند را در نظر نمی‌گرفت. در ابتدا تمام خطوط ۵۶ کیلو بیت در ثانیه بودند. بنابراین پهنای باند

چندان مهم نبود اما پس از اینکه خطوط به ۲۳۰ کیلو بیت در ثانیه و دیگر خطوط به ۱/۵۴۴ مگابیت در ثانیه ارتقاء یافتند در نظر نگرفتن پهنای باند مشکل عمده‌ای به حساب می‌آمد. البته این امکان وجود داشت که مقیاس تأخیر را تغییر داد اما مشکل دومی نیز وجود داشت. الگوریتم اغلب به زمان خیلی زیادی برای همگرا شدن نیاز دارد (مشکل شمارش تا بی‌نهایت).

به این دلایل الگوریتم دیگری به نام مسیریابی حالت پیوند جای آنرا گرفت. حال شکلهای گوناگونی از مسیریابی حالت پیوند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ایده مسیریابی حالت پیوند ساده است و در پنج بخش میانی بیان می‌شود. هر مسیریاب باید:

همسایه‌هایش را تشخیص داده و آدرس‌های شبکه آنها را بداند.

تأخیر یا هزینه تا همسایه‌هایش را اندازه‌گیری کند.

ایجاد بسته‌ای که گویای تمام اطلاعات بدست آمده باشد.

این بسته‌ها را به تمام مسیریاب‌ها ارسال نماید.

کوتاهترین مسیر به هر مسیریاب دیگر را محاسبه کند.

در نتیجه کل هم‌بندی و تمام تأخیرها بطور آزمایشی اندازه‌گیری می‌شود و به مسیریاب‌های دیگر توزیع می‌گردد، لذا الگوریتم دایجسترا می‌تواند برای یافتن کوتاهترین مسیرها به مسیریاب‌های دیگر مورد استفاده قرار گیرد. هر یک از پنج مرحله را به تفصیل مورد بررسی قرار می‌دهیم.

اطلاعاتی راجع به همسایه‌ها

وقتی مسیریابی فعال شد، اولین کارش این است که همسایه‌هایش را بشناسد که این کار با ارسال بسته **HELLO** ویژه‌ای به هر خط نقطه به نقطه انجام می‌شود و انتظار می‌رود مسیریاب طرف دیگر، پاسخی بدهد و خود را معرفی کند.

این اسامی باید منحصر به فرد باشند. زیرا وقتی مسیریاب دوری متوجه می‌شود که ۳ مسیریاب به **F** متصل هستند باید مشخص کند که آیا هر ۳، به معنای یک **F** است یا خیر یعنی هر ۳ به همان **F** مربوط می‌شود.

### اندازه‌گیری هزینه خط

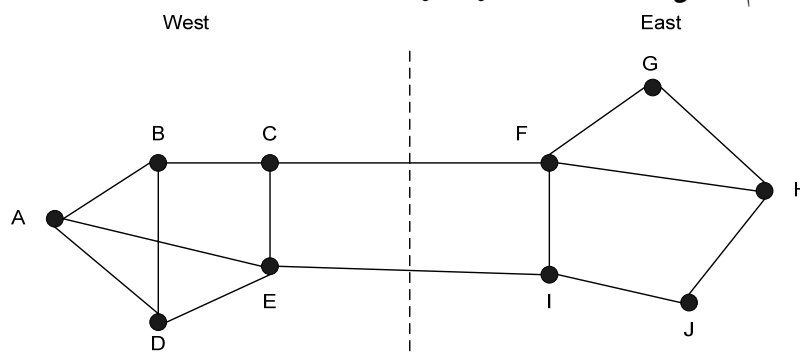
در الگوریتم مسیریابی حالت پیوند لازم است هر مسیریاب اندازه تأخیر تا همسایه‌اش را بداند و یا حداقل اندازه تقریبی قابل قبولی را ارائه دهد. ساده‌ترین راه برای تعیین این تأخیر فرستادن بسته **ECHO** ویژه‌ای بروی خط می‌باشد که طرف دیگر سریعاً آنرا بر گرداند با اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت و تقسیم آن به ۲ مسیریاب فرستنده می‌تواند به تخمین قابل قبولی از تأخیر دست یابد برای رسیدن به نتایج بهتر می‌توان این آزمایش را چندین بار تکرار کرد و میانگین آن را مورد استفاده قرارداد. البته در این روش فرض بر این است که تاخیرها تفاوت زیادی با هم ندارند که همیشه چنین نمی‌باشد.

موضوع جالب این است که آیا هنگام اندازه‌گیری تأخیر مقدار بار را در نظر بگیریم یا نه. برای اینکه بار را در نظر بگیریم زمان سنج مسیر رفت و برگشت بایستی هنگامیکه بسته **ECHO** در صف قرار می‌گیرد بکارانداخته شود.

در مورد هر دو روش می‌توان بحث کرد. در نظر گرفتن تأخیرهای ترافیکی در محاسبات به این معنی است که، یک مسیریاب می‌تواند از ۲ خط با پهنای باند مساوی یکی را انتخاب کند. در حالیکه یکی از آنها همیشه تحت بار زیاد و دیگری تحت بار کمتری قرار دارد، مسیریاب مسیری را که فاقد بار ترافیکی باشد را بعنوان مسیر کوتاهتر در نظر می‌گیرد. نتیجه این انتخاب اجرای بهتر کار است.



متأسفانه نظرات مخالفی علیه در نظر گرفتن بار در محاسبه تأخیر مطرح هستند. زیر شبکه شکل ۷-۵ را که به ۲ قسمت شرق و غرب تقسیم شده است و توسط ۲ خط CF و EI بهم متصل شده‌اند را در نظر بگیرید.



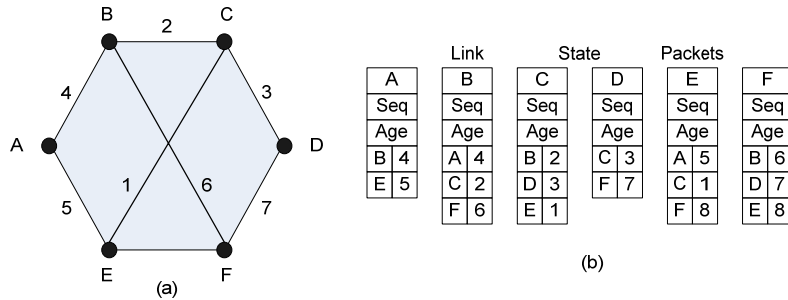
شکل ۷-۵

در نظر بگیرید که بیشترین ترافیک بین شرق و غرب از طریق خط CF صورت می‌گیرد و در نتیجه این خط دارای بار زیاد و تأخیرهای طولانی است. با در نظر گرفتن تأخیر صف‌بندی در محاسبات کوتاهترین مسیر EI بهتر به نظر می‌رسد. پس از آنکه جداول مسیریابی جدید تعبیه می‌شود، اغلب ترافیک شرق به غرب از مسیر EI صورت می‌گیرد که باعث سنگین شدن بار این خط می‌گردد. متعاقباً در نوسازی بعدی خط CF بعنوان کوتاهترین مسیر شناخته می‌شود. بنابراین جداول مسیریابی ممکن است تغییرات شدیدی داشته باشد، که به مسیریابی نوسانی و مشکلات بالقوه زیادی منجر می‌شود. اگر فقط پهنای باند در نظر گرفته شود و بار به حساب نیاید این مشکل رخ نمی‌دهد. از طرف دیگر بار می‌تواند در هر دو خط پخش شود، اما این راه حل بهترین مسیر را مورد استفاده قرار نمی‌دهد. با این وجود جهت جلوگیری از تناوب در انتخاب بهترین مسیر عاقلانه است که بار را میان چندین خط تقسیم نمود. در حالیکه از هر خطی بخش مشخص شده‌ای عبور کند.

### ایجاد بسته‌های حالت پیوند

وقتی که اطلاعات مورد نیاز مبادله جمع‌آوری شد قدم بعدی برای هر مسیریاب ایجاد بسته‌ای حاوی تمام داده‌ها می‌باشد. هر بسته ابتدا هویت فرستنده، سپس شماره ترتیب

و سن و فهرستی از همسایگان را ارسال می‌دارد. برای هر همسایه تأخیر تا آن همسایه داده می‌شود. یک نمونه از زیر شبکه همراه با تأخیرها بعنوان جدول‌هایی بر روی خطوط در شکل شماره ۵-۸ (a) نشان داده شده است.



شکل

۸-۵

ایجاد بسته‌های حالت پیوند راحت می‌باشد. بخش مشکل این است که چه موقع باید آنها را ایجاد نمود، یک راه ممکن این است که بطور دوره‌ای یعنی با فاصله‌های زمانی منظم آنها را ایجاد نمود. امکان دیگر ایجاد آنها به هنگام وقوع حادثه‌ای مهم مثل از کارافتادن یک خط یا همسایه، شروع به کار مجدد یا تغییر ویژگی‌های آنها می‌باشد.

### توزیع بسته‌های حالت پیوند

پیچیده‌ترین بخش این الگوریتم توزیع قابل قبول بسته‌های حالت وضعیت می‌باشد و قتیکه بسته‌ها توزیع و راه‌اندازی می‌شوند، مسیر یاب‌ها با گرفتن اولین بسته‌ها مسیرشان را تغییر می‌دهند. در نتیجه مسیر یاب‌های مختلف ممکن است نسخه‌های گوناگونی از هم‌بندی را بکار گیرند که منجر به ناسازگاری، حلقه‌ها، ماشین‌های غیر قابل دستیابی و مشکلات دیگر می‌شوند.

ابتدا به تشریح الگوریتم اصلی توزیع می‌پردازیم. سپس اصلاحاتی را ارائه می‌دهیم ایده اصلی، استفاده از الگوریتم غرق کردن جهت توزیع بسته‌های حالت پیوند می‌باشد. جهت کنترل غرق کردن هر بسته حاوی شماره ترتیبی است که با ارسال هر بسته جدید یک واحد افزایش می‌یابد. مسیر یاب‌ها آمار تمام دوتایی‌هایی که می‌بینند را دارند. وقتی بسته حالت پیوند تازه‌ای وارد می‌شود، با فهرست بسته‌هایی که قبلاً مشاهده شده

مقایسه می‌شود. اگر این بسته جدید باشد بر روی خطوطی غیر از خطی که از طریق آن ارسال شده، ارسال می‌شود.

اگر تکراری باشد کنار گذاشته می‌شود. اگر بسته‌ای دریافت شود که شماره ترتیب آن کوچکتر از بالاترین شماره‌ای باشد که تاکنون مشاهده شده است بعنوان بسته‌ای قدیمی کنار گذاشته می‌شود زیرا مسیر یاب اطلاعات جدیدتری در اختیار دارد.

این الگوریتم دارای مشکلات خاصی می‌باشد همه قابل کنترل می‌باشند یکی اینکه اگر شماره ترتیب چرخشی باشد، اشتباهاتی پیش می‌آید. راه حل این مشکل، استفاده از شماره ترتیب ۳۲ بیتی است.

اول اینکه، اگر در هر دقیقه یک بسته حالت پیوند ایجاد شود، ۱۳۷ سال طول می‌کشد تا چرخشی صورت گیرد لذا از این حالت می‌توان صرف نظر کرد.

دوم اینکه، اگر مسیر یاب از کار بیفتد، شماره ترتیب خود را از دست می‌دهد و اگر مجدداً از صفر شروع کند، بسته‌بندی بعنوان بسته تکراری رد خواهد شد.

سوم اینکه، اگر شماره ترتیب، خراب شود و ۶۵۵۴۰ بجای ۴ (خطای یک بیتی) دریافت شود بسته‌های ۵ تا ۶۵۵۴۰ دور انداخته می‌شوند، زیرا فرض می‌شود که شماره ترتیب باید ۶۵۵۴۰ باشد.

راه حل این مشکل این است که سن هر بسته بعد از شماره ترتیب قراردادده شود و هر ثانیه یک واحد از آن کسر گردد. وقتی سن به صفر رسید از اطلاعات حاصل از آن مسیر یاب صرف نظر می‌شود.

فرض کنید در هر ۱۰ ثانیه بسته جدیدی وارد می‌شود، لذا مهلت اطلاعات مسیر یاب وقتی تمام می‌شود که مسیر یاب غیرفعال شود (یا ۶ بسته متوالی از بین رفته باشند، البته این حالت، اتفاقی غیر محتمل می‌باشد) هر مسیر یاب در فرآیند غرق کردن اولیه از فیلد سن یک واحد می‌کاهد، لذا اطمینان حاصل می‌شود که هیچ بسته‌ای نمی‌تواند از بین

رود و یا مدت زمان زیادی زنده باقی بماند (بسته ای که سن آن صفر باشد، نادیده گرفته می شود).

با اصلاحاتی در این الگوریتم، توانمندی آن را زیاد می شود، وقتی بسته حالت پیوند به مسیریاب می آید تا ارسال شود فوراً برای انتقال در صف قرار نمی گیرد. بلکه به ناحیه نگهدارنده ای می رود تا مدت کوتاهی را منتظر بماند. اگر قبل از انتقال آن بسته دیگری از همان منبع برسد، شماره ترتیب آنها مقایسه می شود. اگر باهم برابر باشند بسته تکراری نادیده گرفته می شود، اگر مساوی نباشند، قدیمی تر نادیده گرفته خواهد شد. برای حفاظت در مقابل خطاها در خطای مسیریاب، مسیریاب تمام بسته های حالت پیوند اعلام وصول می شوند. وقتی خط آزاد می شود، ناحیه نگهدارنده به طریق نوبتی پیمایش می شود تا، بسته یا اعلام وصولی را برای ارسال، انتخاب نماید.

ساختمان داده استفاده شده در مسیریاب **B** برای زیر شبکه که در شکل ۵-۸ (a) نشان داده شده است. در شکل ۵-۹ آمده است.

هر ردیف متناظر با بسته حالت پیوندی می باشد که به تازگی دریافت شده ولی هنوز بطور کامل پردازش نشده است. محل ارسال بسته، شماره ترتیب و سن آن و داده های آن در جدول ذخیره می شود، بعلاوه برای هر ۳ خطی که از **B** (که به ترتیبی **F, C, A** رفته است) نشانگرهای ارسال و اعلام وصول قرار دارد.

معنای نشانگرهای ارسالی این است که بسته باید به خط تعیین شده ارسال گردد معنای نشانگرهای اعلام وصول این است که باید در آنجا اعلام وصول شود.

لایه شبکه ۲۶۷

در شکل ۵-۹ بسته حالت پیوند مستقیماً از A رسیده است بنابراین همانطور که بیت‌های نشانگر نشان می‌دهد باید به C و F ارسال شده و به A اعلام وصول گردد. به همین ترتیب این بسته باید از F به A, C ارسال شود و به F اعلام وصول گردد.

با این وجود وضعیت پاکت سوم از E متفاوت می‌باشد. این بسته ۲ بار دریافت می‌شود یکبار از طریق EAB و بار دیگر از طریق EFB، در نتیجه فقط بایستی به C ارسال شود. اما باید هم در A و هم در F اعلام وصول شود. همانطور که توسط بیت‌ها مشخص شده است.

اگر بسته اولیه در بافر باشد و بسته تکراری دریافت شود بیت‌ها بایستی تغییر کنند. بعنوان مثال اگر نسخه‌ای از حالت C از F دریافت شود قبل از آنکه چهارمین ورودی جدول ارسال شده باشد این ۶ بیت باید به ۱۰۰۰۱۱ تغییر یابد تا نشان دهد که بسته بایستی به F اعلام وصول شود اما به آنجا فرستاده نشود.

#### محاسبه مسیرهای جدید

وقتی که یک مسیریاب مجموعه کاملی از بسته‌های حالت پیوند را جمع کند می‌تواند گراف زیر شبکه کاملی را تشکیل دهد زیرا تمام پیوندها نشان داده می‌شود. در حقیقت هر پیوند ۲ بار نشان داده می‌شود، یکبار در هر جهت.

اکنون میتوان الگوریتم دایجسترا را بطور محلی اجرا نمود تا کوتاهترین مسیر را به تمام مقصدهای ممکن ایجاد نماید. نتایج این الگوریتم می‌تواند در جدول مسیریابی قرار گرفته و عملکرد طبیعی از سر گرفته شود.

Source	Seq	Age	Send flags			ACK flags			Data
			A	C	F	A	C	F	
A	21	60	0	1	1	1	0	0	
F	21	60	1	1	0	0	0	1	
E	21	59	0	1	0	1	0	1	
C	20	60	1	0	1	0	1	0	
D	21	59	1	0	0	0	1	1	

برای زیر شبکه با  $n$  مسیر یاب که هر کدام از آنها  $k$  همسایه داشته باشد حافظه مورد نیاز جهت داده ورودی برای با  $kn$  می باشد لازم به ذکر است که این موضوع در زیر شبکه های بزرگ ایجاد مشکل می کند.

همچنین محاسبه زمان نیز می تواند مسأله ساز باشد. با این وجود در بسیاری از شرایط عملی مسیر یاب حالت وضعیت به خوبی عمل می نماید.

به هر حال مشکلات نرم افزاری و سخت افزاری می تواند خسارت زیادی را به این الگوریتم (و به الگوریتم های دیگر) وارد سازد. بعنوان مثال اگر یک مسیر یاب ادعا کند که خطی دارد که در حقیقت دارای آن نیست و یا بالعکس خطی را دارد فراموش کند گراف زیر شبکه نادرست خواهد بود.

اگر یک مسیر یاب در ارسال بسته ها ناموفق باشند یا هنگام ارسال آنها را خراب کند مشکل ایجاد خواهد شد در نهایت اگر مسیر یاب حافظه کافی نداشته باشد یا در محاسبه مسیر یابی خطا نماید اتفاقات بدی خواهد افتاد. وقتی که زیر شبکه تا حد دهها، صدها و یا هزاران گره رشد می کند احتمال عدم موفقیت مسیر یاب غیر قابل اغماض می شود.

خوب است که سعی شود تا ترتیبی اتخاذ گردد تا وقتی که حوادث غیر قابل اجتناب اتفاق می افتد خسارات محدود شود.

### ۵-۲-۶ مسیر یابی سلسله مراتبی

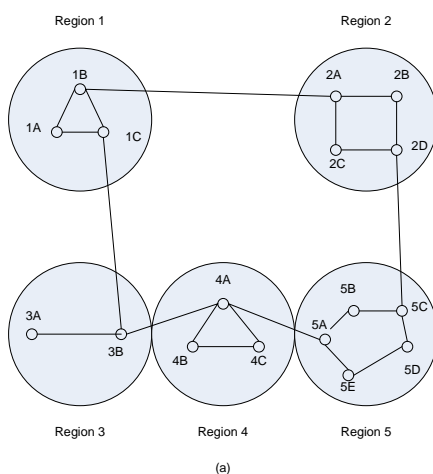
با بزرگ شدن اندازه شبکه، جدول های مسیر یابی نیز به تناسب آن رشد می کنند. با بزرگ شدن اندازه جدول ها، نه تنها حافظه مصرفی بیشتر می گردد، بلکه زمان لازم برای جستجو نیز بیشتر می شود که برای گزارش وضعیت آنها به پهنای باند بیشتری نیاز است.

ممکن است شبکه به اندازه‌ای رشد کند که دیگر امکان اینکه هر مسیر یاب برای هر مسیر یاب دیگر دارای یک ورود (ENTRY) باشد. لذا مسیریابی مانند شبکه تلفن به شکل سلسله مراتبی انجام خواهد شد.

با استفاده از مسیریابی سلسله مراتبی مسیر یاب‌ها به قسمتهایی تقسیم می‌شوند که آنها را نواحی می‌نامیم.

هر مسیر یاب تمام جزئیات ناحیه خود را درباره اینکه چطور بسته‌ها به مقصد ارسال می‌شود، می‌داند ولی از ساختار داخلی سایر نواحی خبر ندارد. وقتی شبکه‌های مختلفی بهم متصل شوند، طبیعی است که باید بصورت ناحیه‌های جداگانه در نظر گرفته شوند تا نیاز نباشد مسیر یاب‌های موجود در یک شبکه از ساختار توپولوژیکی دیگر مسیر یاب‌ها مطلع باشند.

در شبکه‌های بزرگ امکان دارد سلسله مراتب دو سطحی کافی باشد. همچنین در صورت نیاز امکان دارد که ناحیه‌ها به دسته‌ها و دسته‌ها به مناطق، مناطق به گروه‌ها و غیره تقسیم شوند.



لازم به ذکر است که این روند تا آنجا ادامه می‌یابد که دیگر اسمی برای گروه‌بندی وجود نداشته باشد. بعنوان مثال در نظر بگیرید که یک بسته چگونه در یک سلسله مراتب چند سطحی می‌تواند از برکلی، کالیفرنیا تا مالیندی کینا هدایت شود. مسیر یاب

برکلی جزئیات هم‌بندی داخل کالیفرنیا را می‌داند اما تمام ترافیک خارج از ایالت را به مسیر یاب لوس آنجلس می‌فرستد.

مسیر یاب لوس آنجلس می‌تواند ترافیک را به مسیر یاب‌های دیگری هدایت کند، اما ترافیک خارجی را به نیویورک می‌فرستد. مسیر یاب نیویورک می‌تواند به گونه‌ای برنامه‌ریزی شود که کل ترافیک را به مسیر یابی در کشور مقصد که مسئول کنترل ترافیک خارجی است (مانند نایروبی) هدایت کند، سرانجام بسته به سمت پایین درخت در کینا حرکت می‌کند تا به مالیندی برسد. در شکل ۵-۱۰ یک مثال کمی از مسیر یابی سلسله مراتبی ۲ سطحی با ۵ ناحیه ارائه شده است.

کل جدول مسیر یابی برای مسیر یاب 1A دارای ۱۷ ورودی می‌باشد که در شکل ۵-۱۰(b) نشان داده شده است. وقتی مسیر یابی بصورت سلسله مراتبی انجام شود همانطوریکه شکل ۵-۱۰(c) نشان داده شده است، برای تمام مسیرهای محلی مانند قبل ورودیهایی وجود دارد ولی نواحی دیگر در یک مسیر یاب جمع شده‌اند لذا کل ترافیک ناحیه ۲ از طریق خط 1B-2A منتقل شده و بقیه ترافیک راه دور از طریق خط 1C-3B منتقل خواهد شد.

			Hierarchical table for 1A		
Dest	Line	Hops	Dest	Line	Hops
1A	-	-	1A	-	-
1B	1B	1	1B	1B	1
1C	1C	1	1C	1C	1
2A	1B	2	2	1B	2
2B	1B	3	3	1C	2
2C	1B	3	4	1C	3
2D	1B	4	5	1C	4



(b)	3A	1C	3	(c)
	3B	1C	2	
	4A	1C	3	
	4B	1C	4	
	4C	1C	4	
	5A	1C	4	
	5B	1C	5	
	5C	1B	5	
	5D	1C	6	
	5E	1C	5	

شکل ۵-۱۰ مثالی از مسیریابی سلسله مراتبی

مسیریابی سلسله مراتبی ورودیهای جدول را از ۱۷ ورودی به ۷ ورودی کاهش می‌دهد. از آنجائیکه نسبت تعداد نواحی به تعداد مسیریاب در ناحیه رشد می‌کند لذا باعث صرفه‌جویی در فضای جدول می‌شود.

متأسفانه برای این صرفه‌جویی باید توانی پرداخت شود و آن چیزی جز افزایش طول مسیر نمی‌باشد. بعنوان مثال بهترین مسیر از 1A با 5C از طریق ناحیه ۲ می‌باشد، اما در مسیریابی سلسله مراتبی تمام ترافیک ناحیه ۵ از طریق ناحیه ۳ منتقل می‌شود و دلیل آن این است که برای بیشتر مقصدها ناحیه ۵ بهتر می‌باشد.

وقتی شبکه منفردی بسیار بزرگ شود این سوال مطرح می‌شود که سلسله مراتب چه سطح باید داشته باشد؟

بعنوان مثال زیرشبکه‌ای ۷۲۰ مسیریاب را در نظر بگیرید. اگر سلسله مراتبی وجود نداشته باشد هر مسیر یا نیاز به ۷۲۰ ورودی برای جدول مسیریابی دارد. اگر زیرشبکه

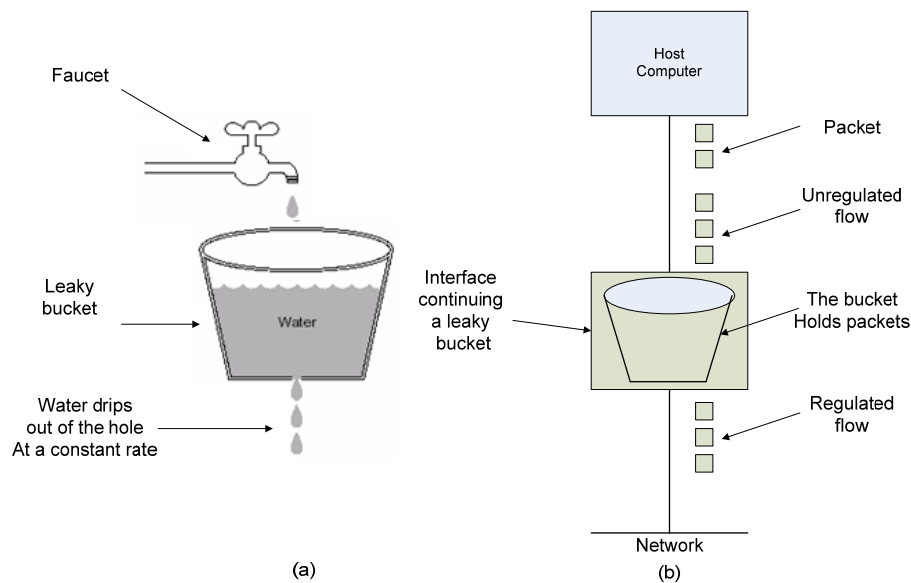
به ۲۴ ناحیه (هر ناحیه دارای ۳۰ مسیریاب می باشد) تقسیم شود، هر مسیریاب به ۳۰ ورودی محلی به اضافه ۲۳۲ ورودی راه دور دارد که مجموعه آنها ۵۳ ورودی می شود. اگر یک سلسله مراتب ۳ سطحی با ۸ دسته که هر کدام ۹ ناحیه با ۱۰ مسیر می باشد انتخاب شود هر مسیریاب برای مسیریاب های محلی نیاز به ۱۰ ورودی دارد. برای مسیریابی نواحی دیگر در دسته خود نیاز به ۸ ورودی و برای دسته های با فاصله نیاز به ۷ ورودی که در مجموع برابر ۲۵ ورودی می باشد دارد.

کارون و کلینراک (۱۹۷۹) کشف کردند که بهترین تعداد سطوح در زیر شبکه ای با  $N$  مسیریاب برابر  $\ln N$  می باشد که به ازای هر مسیریاب به  $\ln N$  ورودی دارد. آنها همچنین نشان دادند که افزایش میانگین طول مسیر در اثر مسیریابی سلسله مراتبی اندک است و اغلب قابل قبول خواهد بود.

### ۳-۵ الگوریتم های کنترل ازدحام

در این قسمت به بررسی دو الگوریتم مهم کنترل ازدحام می پردازیم تا با اصول آن بیشتر آشنا شویم.

#### ۳-۵-۱ الگوریتم سطل سوراخ دار



شکل ۱۱-۵

همانطوریکه در شکل ۱۱-۵ (a) نشان داده شده است یک سطل با سوراخی کوچک در زیر آن در نظر بگیرید. سرعت ورود آب به سطل مهم نیست، سرعت جریان خروجی ثابت است، زمانی که آب در سطل وجود دارد سرعت خروجی برابر  $p$  و زمانی که آب در سطل وجود ندارد مقدار سرعت صفر می‌باشد، و نیز زمانی که سطل پر از آب باشد با ورود آب، از آن سر ریز شده و از بین می‌رود.

همانطوریکه در شکل ۱۱-۵ (b) نشان داده شده است همان ایده می‌تواند در مورد بسته‌ها نیز بکار رود.

در نتیجه هر میزبان بوسیله رابطی که حاوی سطح سوراخ‌دار است، که یک صف داخلی متناهی است به شبکه متصل می‌شود. اگر بسته ای به صف برسد، و صف پر باشد آن بسته در نظر گرفته نمی‌شود، به عبارت دیگر اگر یک یا چندین فرآیند در میزبان سعی کنند یک بسته را زمانیکه تعداد بسته ها در صف حداکثر باشد، بفرستند، بسته جدید به شکل غیر رسمی حذف می‌شود.

این توافق می‌تواند در رابط سخت‌افزاری و یا شبیه‌سازی بوسیله سیستم‌عامل میزبان ساخته شود. این روش ابتدا ترنر (۱۹۸۶) پیشنهاد شد و الگوریتم سطل سوراخ دار نام گرفت. در واقع این الگوریتم چیزی جز سیستم صف‌بندی تک کاربره زمان سرویس ثابت نیست.

میزبان اجازه دارد در هر تیک ساعت یک بسته را در شبکه قرار دهد که این کار را می‌توان بوسیله کارت رابط و یا سیستم عامل انجام داد. این روش جریان نامنظمی از بسته‌های مربوط به فرآیند کاربر به جریان منظمی از بسته‌ها در شبکه تبدیل می‌شود که باعث یکنواختی ترافیک و کاهش بسیار زیاد ازدحام می‌شود.

وقتی اندازه تمام بسته‌ها یکسان باشد (مانند سلولهای ATM) این الگوریتم می‌تواند به شکلی که شرح داده شد استفاده شود. با این وجود وقتی که اندازه بسته‌ها یکسان نباشد. اغلب بهتر است که به جای استفاده از یک بسته تعداد ثابتی از بایت‌ها در هر تیک استفاده شود.

بنابراین اگر در هر تیک ۱۰۲۴ بایتی ارسال شود، آنوقت از هر تیک می‌توان یک بسته ۱۰۲۴ بایتی با ۲ بسته ۵۱۲ بایتی، یا ۴ بسته ۲۵۶ بایتی و غیره را ارسال کرد. اگر تعداد بایت‌های باقیمانده بسیار کم باشد، بسته‌بندی تا تیک بعدی منتظر می‌ماند.

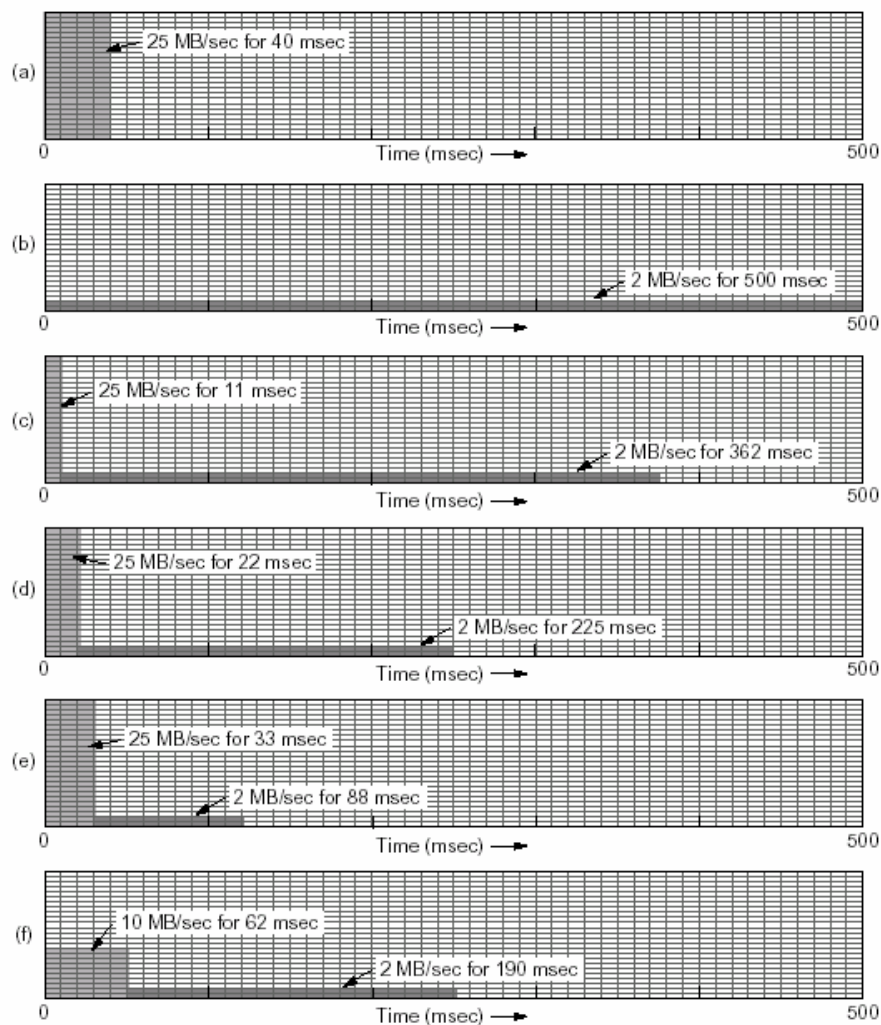
پیاده‌سازی الگوریتم سوراخ‌دار ساده است. یک سطل سوراخ‌دار حاوی صف متناهی است. وقتی که یک بسته دریافت شود اگر در صف جای خالی وجود داشته باشد. به صف اضافه می‌گردد در غیر اینصورت کنار گذاشته می‌شود. در هر تیک ساعت یک بسته انتقال داده می‌شود (مگر اینکه صف خالی باشد).

پیاده‌سازی شمارنده بایت سطل سوراخ‌دار به همان روش انجام می‌شود. در هر تیک ابتدا مقدار شمارنده برابر  $n$  می‌باشد. مقدار بایت‌ها برای اولین بسته موجود در صف کمتر از مقدار شمارنده باشد آن بسته ارسال می‌شود و مقدار شمارنده به اندازه تعداد بایت‌های آن کاهش می‌یابد.

در طول مدتی که مقدار شمارنده به اندازه کافی بالا است ممکن است بسته‌های دیگری نیز فرستاده شود. وقتی که مقدار شمارنده از طول بسته بعدی کمتر شود انتقال تا تیک بعدی متوقف می‌شود. در این زمان بایت باقیمانده شمارش شده از بین می‌رود و جریان می‌تواند ادامه پیدا کند.

بعنوان مثالی از یک سطل سوراخ‌دار، فرض کنید یک کامپیوتر می‌تواند داده‌ها را در ۲۵ میلیون بایت در ثانیه (200MBps) تولید و شبکه نیز با این سرعت اجرا کند. با این حال مسیریاب‌ها می‌توانند با این سرعت داده را در فاصله‌های زمانی کوتاه بپذیرند. در فواصل زمانی طولانی در سرعتی که بیش از ۲ میلیون بایت در ثانیه نباشد، بهتر کار می‌کنند.

حال فرض کنید داده‌ها به صورت توده یک میلیون بایتی می‌آید که در هر ثانیه با توده ۴۰ میلی‌ثانیه‌ای می‌آید. برای کاهش میانگین سرعت به 2MBps باید از سطل سوراخ‌داری با  $p=2MB/sec$  و ظرفیت "c" به مقدار 1MB استفاده کرد و این بدان معناست که توده‌هایی با بیش از 1Mb می‌توانند بدون از بین رفتن داده‌ها کنترل کرد مانند توده‌هایی که با بیشتر از ۵۰۰ میلی‌ثانیه توزیع می‌شوند که سرعت ورود آنها مهم نمی‌باشد.

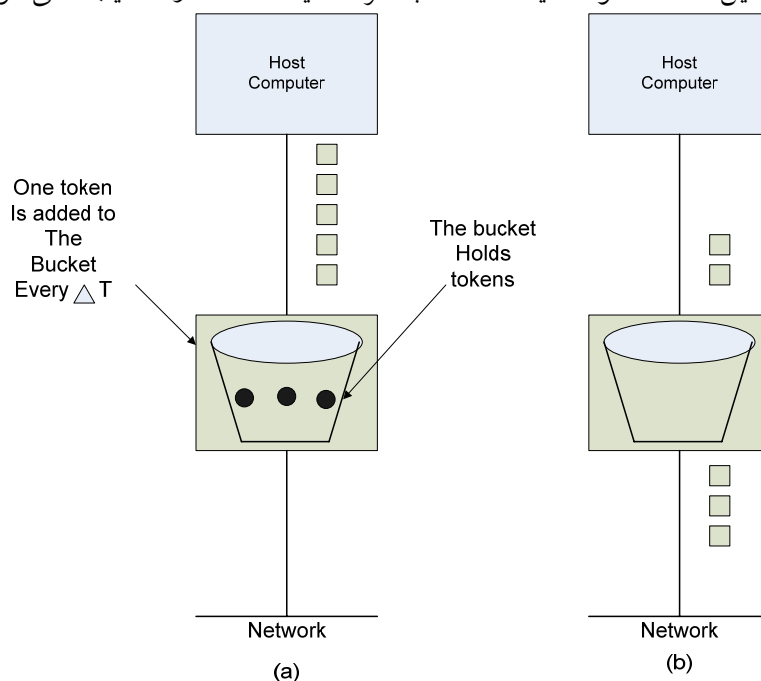


شکل ۵-۱۲

در شکل ۵-۱۲ (a) ورودی سطل سوراخ دار در مدت ۴۰ میلی ثانیه با سرعت 25MB/sec نشان داده شده است. در شکل ۵-۱۲ (b) خروجی با سرعت غیر یکنواخت 2B/sec برای ۵۰۰ میلی ثانیه می باشد.

### ۵-۳-۲ الگوریتم سطل نشانه

الگوریتم سطل سوراخ دار الگوی خروجی ثابتی را با سرعت میانگین و بدون توجه به میزان ترافیک اجرا می‌کند. در بسیاری از کاربرها در زمان ترافیک زیاد بهتر است که سرعت خروجی تا حدودی بالا باشد، که در اینصورت به الگوریتمی منعطف‌تر نیاز است و ترجیحاً الگوریتمی که داده‌ها را از دست نمی‌دهد. یکی از این الگوریتم‌ها، الگوریتم سطل نشانه می‌باشد. در این الگوریتم، سطل سوراخ دار، نشانه‌ها را نگهداری می‌کند، این نشانه‌ها توسط یک ساعت با سرعت یک نشانه در  $\Delta T$  ایجاد می‌شود.



شکل ۵-۱۳

در شکل ۵-۱۳ (a) یک سطل با ۳ نشانه در آنرا نشان می‌دهد که در آن ۵ بسته منتظر انتقال می‌باشند.

برای بسته‌ای که می‌خواهد منتقل شود یک بسته را ذخیره و سپس از بین می‌برد همانطوریکه در شکل ۵-۱۳(b) نشان داده شده است ۳ تا از ۵ بسته خارج شده و دو بسته دیگر منتظر ایجاد ۲ نشانه دیگر می‌باشند.

الگوریتم سطح نشانه نسبت به الگوریتم سطل سوراخ‌دار نوع متفاوتی از سازماندهی ترافیک را فراهم می‌کند در الگوریتم سطل سوراخ‌دار میزبان‌های بیکار اجازه ندارند برای ارسال مقدار بیشتر منتظر بمانند. اما الگوریتم سطل نشانه تا بیشترین اندازه سطل می‌توان در آن ذخیره کرد. این خصوصیت یعنی اینکه در هر دفعه توده‌ای به اندازه  $n$  بسته می‌تواند ارسال شود، این کار موجب می‌شود تا توده‌هایی در خروجی ایجاد شود و به توده‌های اتفاقی ورودی سریعتر پاسخ دهد.

تفاوت دیگر این ۲ الگوریتم این است که وقتی سطل پر باشد، نشانه‌ها حذف ولی بسته‌ها حذف نمی‌شود. در مقابل در الگوریتم سطل سوراخ‌دار وقتی سطل پر باشد بسته‌ها حذف می‌شود.

تغییر اندکی که در اینجا امکان‌پذیر است، یعنی در هر نشانه بجای یک بسته می‌توان  $k$  بایت ارسال کرد.

یک بسته می‌تواند فقط زمانی ارسال شود که نشانه‌های کافی برای پوشش دادن طول آن به بایت، وجود داشته باشد و نشانه‌های اندکی نیز برای استفاده بعدی نگهداری می‌شوند.

الگوریتم سوراخ‌دار و سطل نشانه همانطوریکه در مثال مورد نظر ما برای تنظیم خروجی میزبان بکار رفته است می‌توانند برای یکنواخت کردن ترافیک بین مسیرهای مورد استفاده قرار گیرند.

با این وجود یک تفاوت آشکار این است که سطل نشانه تنظیم‌کننده میزبان می‌تواند میزبان را در صورت نیاز وادار به توقف نماید و در حالیکه ورودی ادامه دارد در صورت توقف مسیربایب ممکن است داده‌ها از بین برود.



پیاده‌سازی الگوریتم سطل نشانه، فقط متغیری است که نشانه‌ها را بشمارد. مقدار شمارنده در هر  $\Delta T$  یک واحد اضافه و با ارسال هر بسته، یک واحد از آن کم می‌شود. وقتی مقدار شمارنده صفر شود، بسته‌ای ارسال نمی‌شود در شمارنده بر اساس بایت مقدار شمارنده به ازای  $k$  بایت در هر دلتا افزایش و به ازای طول هر بسته ارسالی کاهش می‌یابد.

همانطوریکه اساساً کار سطل نشانه اجازه دادن به انبوهی از نشانه با بیشترین طول تنظیم می‌باشد. بطور مثال در شکل ۵-۱۳(c) یک سطل نشانه با گنجایش  $250kB$  را داریم و نشانه‌ها با یک سرعت مجاز  $2MB/sec$  خارج می‌شوند.

فرض کنید سطل نشان با دریافت  $1MB$  حجم پر شده و می‌تواند با سرعتی برابر  $25MB/sec$  در حدود ۱۱ ثانیه خالی شود.

محاسبه بیشترین اندازه سرعت توده کمی مشکل است. این طول برابر با تقسیم  $1Mb$  در  $25Mb/sec$  نمی‌باشد. به این علت که هنگام خروج توده بسته‌های بیشتری دریافت می‌شود. اگر اندازه این حجم یا توده را  $s$  و گنجایش سطل را  $c$  بایت، سرعت دریافت نشانه را  $p$  بایت در ثانیه و بیشترین سرعت خروجی را  $M$  بایت بر ثانیه در نظر بگیریم مشاهده می‌شود که توده خروجی حاوی  $c+ps$  بایت می‌باشد. همچنین می‌دانیم که تعداد بایت‌ها در بیشترین سرعت توده‌ای به طول  $s$  ثانیه، برابر  $MS$  می‌باشد یعنی  $c+ps=MS$ .

با حل این معادله  $s$  را بدست می‌آوریم یعنی  $s=c/(M-P)$  و برای  $\epsilon$  پارامتر  $p=2Mb/sec$ ,  $M=25Mb/sec$ ,  $c=250Kb$  زمان دریافت این حجم چیزی در حدود ۱۱ میلی‌ثانیه می‌باشد. شکل ۵-۱۳(d) و ۵-۱۳(e) ظرفیت سطل نشانه برای اندازه‌های  $500KB$ ,  $750$   $KB$  را نشان می‌دهد.

مشکل بالقوه سطل نشانه این است که حجم‌های بزرگ اجازه دارند حتی اگر بیشترین فاصله زمانی توده با انتخاب دقیق  $M, P$  تنظیم شود دوباره پذیرفته شوند. اغلب کاهش

بیشترین سرعت مطلوب است اما بدون آنکه به مقدار پایین سطل سوراخ دار اصلی باز گردد.

یک روش برای یکنواخت کردن ترافیک، قرار دادن یک سطل سوراخ دار پس از سطل نشانه می باشد. سرعت سطل سوراخ دار باید بیشتر از  $p$  مربوط به سطل نشانه و کمتر از بیشترین سرعت شبکه باشد.

شکل ۵-۱۳ (f) خروجی را نشان می دهد که یک سطل سوراخ دار  $10\text{MB/sec}$  بعد از سطل نشان  $500\text{KB}$  قرار گرفته است.

سیاستگذاری تمام این الگوها مقداری پیچیده است. اساساً شبکه باید الگوریتم را شبیه سازی و مطمئن شود که تعداد بسته ها و بایت های ارسالی بیش از مقدار مجاز نیست.

با این وجود این ابزارها روشهایی را برای سازماندهی کنترل شبکه با شکلهای کنترلی بیشتر برای کمک به دستیابی به کیفیت خدمات فراهم می کند.

## ۵-۴ لایه شبکه در اینترنت

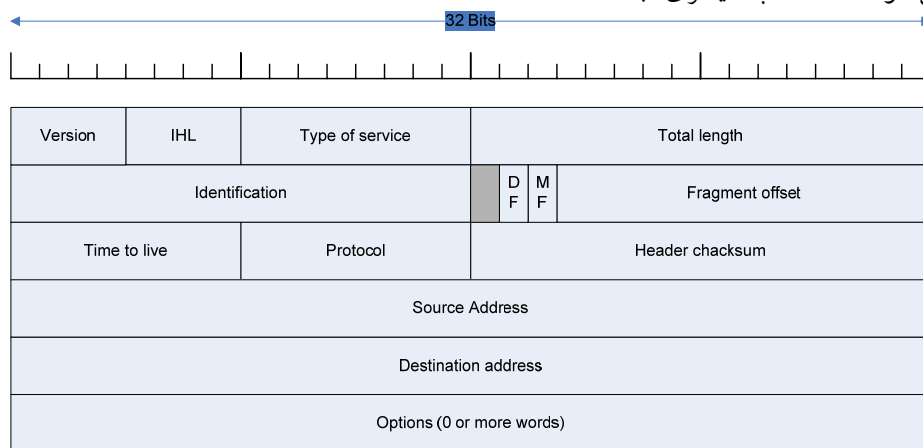
هنگامی که بخواهیم بین LAN های مختلف ارتباط برقرار کنیم وظایف لایه شبکه شروع می شود. هنگامیکه بسته های اطلاعاتی روی شبکه WAN منتشر می شود باید مکانیزمی برای هدایت بسته ها از مبدا به مقصد وجود داشته باشد تا میان شبکه ها با هم بندی ها و ساختارهای مختلف بتوانند حرکت کنند که به این عمل هدایت همان مسیریابی گفته می شود که در بخشهای قبلی در مورد آن سخن گفتیم. بررسی لایه شبکه در اینترنت که مهمترین و بزرگترین نمونه شبکه های WAN در دنیای امروز است به کمک می کند تا با مکانیزم انتقال بسته های بسته های اطلاعاتی روی این شبکه آشنا شویم.

## ۵-۴-۱ پروتکل IP

مناسبت‌ترین محل برای مطالعه لایه شبکه در اینترنت، قالب‌بندی داده‌نگاشتهای IP می‌باشد. داده‌نگاشت IP شامل ۲ بخش سرآیند و متن می‌باشد همانطوریکه در شکل ۵-۵۳ آمده قالب سرآیند، یک بخش ثابت ۲۰ بیتی و یک بخش اختیاری با طول متغیر می‌باشد. عمل انتقال از سمت بزرگتر، یعنی از چپ به راست صورت می‌گیرد بطوریکه در ابتدا بالاتر فیلد نسخه ارسال می‌شود. (اسپارس طرف بزرگتر و پنتیوم طرف کوچکتر بشمار می‌آید) در ماشینهای طرف کوچک به نرم‌افزارهای مبدل در هر دو مورد انتقال و دریافت نیاز است.

فیلد نسخه مشخص می‌کند که داده‌نگاشت بکدام نسخه قرارداد تعلق دارد. با توجه باینکه بعضی از ماشینها با نسخه‌های قدیمی و بعضی دیگر بانسخه‌های جدید کار می‌کند، فیلد نسخه برای داده‌نگاشت باعث می‌شود، عمل انتقال سالها طول بکشد. در حال حاضر عمل انتقال بین نسخه‌های IP ۴ و ۶ سالهاست در حال انجام شدن است و بهیچوجه بنظر نمی‌رسد که باین زودی پایان رسد، بعضی ها معتقدند که این عمل هیچگاه پایان نمی‌رسد. لازم بذکر است که نسخه 5 IPv یک قرارداد آزمایشی بود که زیاد مورد استفاده قرار نگرفت.

از آنجائیکه طول سرآیند متغیر است، فیلد IHL در سرآیند تعبیه شده تا با کلمات ۳۲ بیتی طور سرآیند را مشخص نمایند. کوچکترین مقدار ۵ است و هنگامی استفاده می‌شود که انتخاب دیگری نباشد. لذا



شکل ۵-۱۴ سرآیند پروتکل IP

بیشترین مقدار این فیلد ۴ بیتی ۱۵ است که سرآیند را به ۶۰ بایت و فیلد انتخاب‌ها را به ۴۰ بایت محدود می‌کند. برای بعضی از انتخاب‌ها مانند انتخابی که مسیر طی شده یک بسته را ثبت می‌کند ۴۰ بایت بسیار کوچک می‌باشد و باعث می‌شود که آن انتخاب بی‌استفاده بماند.

فیلد **Type of service** یکی از معدود فیلدهایی است که در طی سالها تا حدودی تغییر معنا داده است. از ابتدا قرار بود که **Type of service** بین طبقات مختلفی از **service** تمایز ایجاد کند و هنوز نیز ادامه دارد. ترکیبهای گوناگونی از قابلیت اعتماد و سرعت امکان‌پذیر است که برای صوت دیجیتال، تحویل سریع در محل دقیق و برای انتقال فایل، انتقالی بدون خطا مهمتر از انتقال سریع است.

در اصل یک فیلد ۶ بیتی از چپ به راست حاوی یک فیلد تقدم ۳ بیتی و ۳ نشانه **R** , **T** , **D** می‌باشد. اولویت‌های فیلد تقدم از صفر (معمولی) تا هفت (کنترل شبکه) می‌باشد. ۳ بیت نشانگر به میزبان اجازه می‌دهند تا مشخص کند که کدام یک از اعضای مجموعه (تأخیر، ظرفیت، قابل اعتماد) مهمتر می‌باشند. از لحاظ تئوری این فیلدها به مسیرها اجازه می‌دهند که از میان یک ارتباط ماهواره‌ای با ظرفیت بالا و تأخیر زیاد از یک سو و یک خط استیجاری با ظرفیت پایین و یک تأخیر پایین یکی را انتخاب کند، اما در عمل مسیریاب‌های امروزی اغلب فیلد **Type of service** را در نظر نمی‌گیرند. در نهایت **IETF** شکست را پذیرفته و این فیلد را مقداری تغییر داده تا با خدمات متفاوت سازگار شود. برای تعیین طبقات **Service** هر بسته، ۶ بیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این طبقات شامل ۴ اولویت صف‌بندی، ۳ احتمال حذف کردن و طبقات زمان‌بندی شده می‌باشند. فیلد طول کل در برگرفته هر چیز در داده‌نگاشت، اعم از سرآیند داده می‌باشد. که حد اکثر ۶۵۵۳۵ بایت می‌باشد. در حال حاضر این قابل قبول است اما در شبکه‌های گیگابیتی آینده به داده‌نگاشت‌های بزرگتری نیاز داریم. میزبان مقصد با استفاده از فیلد تعیین‌کننده مشخص می‌کند که قطعه دریافتی متعلق به کدام داده‌نگاشت می‌باشد. تمام قطعات داده‌نگاشت دارای ارزش یکسان است. پس از آن یک بیت بلااستفاده و بعداً دو فیلد یک بیتی قرار دارند. **DF** بیانگر عدم قطعه‌بندی است. **DF** به مسیریاب‌ها دستور می‌دهد که داده‌نگاشت را قطعه‌بندی نکند. زیرا مقصد نمی‌تواند

قطعه‌ها را دوباره کنار هم بگذارد. برای مثال وقتی کامپیوتری راه‌اندازی می‌شود، امکان دارد به تصویر حافظه‌ای نیاز داده باشد تا به عنوان یک داده‌نگاشت منفرد به آن فرستاده شود. با علامت‌گذاری داده‌نگاشت با بیت DF فرستنده می‌داند که یک قطعه به صورت یکجا فرستاده می‌شود. حتی اگر این کار مستلزم اجتناب کردن از بهترین مسیر بر روی شبکه هم‌بند کوچک و استفاده از مسیری نامناسب‌تر باشد.

MF بیانگر قطعات بیشتر است. تمام این قطعات غیر از آخری باعث می‌شوند که این بیت مرتب شود. دانستن زمان رسیدن تمام قطعات داده‌نگاشت ضروری است.

آفست قطعه مشخص می‌کند که قطعه در کجای داده‌نگاشت قرار دارد. تمام قطعات بجز آخری در داده‌نگاشت باید مضربی از ۸ بایت (واحد قطعه اولیه) باشد. از آنجا که ۱۳ بیت تعبیه شده است در هر داده‌نگاشت حداکثر ۸۱۹۲ قطعه وجود دارد که باعث می‌شود که بیشترین طول داده‌نگاشت به ۶۵۵۳۶ بایت برسد که یکی بیشتر از فیلد طول کل است.

فیلد طول عمر شمارنده‌ای است که طول عمر بسته را محدود می‌کند بنابر این است که زمان به ثانیه شمرده شود و حداکثر طور عمر ۲۵۵ ثانیه باشد. در هر پرش باید یک واحد از آن کاسته شود و زمانی که در مسیریابی مدت طولانی صف تشکیل شود باید از مقدار شمارنده چندین بار کاسته شود. این فیلد در عمل فقط پرش‌ها را می‌شمارد وقتی به صفر می‌رسد، بسته کنار گذاشته شده و بسته‌ای حاوی اخطار به میزبان منبع ارسال می‌گردد. این ویژگی از سرگردانی دائمی داده‌نگاشت‌ها جلوگیری می‌کند. چیزی که ممکن است در صورت خرابی جدول‌های مسیریابی اتفاق بی‌افتند وقتی لایه شبکه لایه نگاشت کاملی را جمع‌آوری می‌کند، باید بداند با آن داده‌نگاشت چه کاری می‌خواهد بکند. فیلد قرارداد تعیین می‌کند که داده‌نگاشت را به کدام فرآیند تحویل دهد. نمونه‌ای از این قراردادها TCP و UDP می‌باشد. شماره گذاری قرارداد در سراسر اینترنت عمومیت دارد.

جمع کنترل سرآیند فقط سرآیند را تأیید می‌کند این جمع کنترلی برای تشخیص خطاهای حاصل از کلمات حافظه در یک مسیریاب مفید است این الگوریتم جمع

کردن تمام نیم‌کلمه‌های ۱۶ بیتی به هنگام دریافت با استفاده از متمم ۱ و سپس متمم ۱ گرفتن از نتیجه حاصله است. برای این الگوریتم جمع کنترلی به هنگام دریافت صفر منظور می‌شود. این الگوریتم بسیار کمتر از به‌کارگیری جمع معمولی می‌باشد. توجه داشته باشید که جمع کنترلی سرآیند در هر پرش محاسبه گردد. زیرا همیشه حداقل یک فیلد تغییر می‌کند (فیلد طول عمر). اما برای سرعت بخشیدن به محاسبات می‌توان از ترفندهایی استفاده کرد.

آدرس منبع و آدرس مقصد، شماره شبکه و شماره میزبان را نشان می‌دهد. فیلد گزینه‌ها طراحی شد تا: ۱. اجازه دهد نسخه‌های بعدی قرارداد حاوی اطلاعاتی باشد که در طراحی اولیه وجود نداشته است. ۲. آزمایش‌کننده‌ها بتوانند از ایده‌های جدید بهره‌مند شوند. ۳. برای اطلاعاتی که به ندرت استفاده می‌شوند بیت سرآیندی اختصاص ندهند. طول گزینه‌ها متغیر است و هرکدام با کد یک بیتی شروع می‌شوند که نشانگر آن گزینه است. یک فیلد طول گزینه یک بیتی پس از بعضی از گزینه‌ها می‌آید. و سپس یک یا چند بایت داده قرار دارد. فیلد گزینه‌ها به صورت مضرب‌هایی از ۴ بایت تنظیم می‌شوند. در اصل طبق لیست شکل ۵-۱۵ پنج گزینه مشخص شده‌اند. اما از آن به بعد گزینه‌های جدید اضافه شده‌اند.

Option	Description
Security	Specifies how secret the datagram is
Strict source routing	Gives the complete path to be followed
Loose source routing	Gives a list of routers not to be missed
Record route	Makes each router append its IP address
Timestamp	Makes each router append its address and timestamp

شکل ۵-۱۵ گزینه‌های بسته IP

#### ۵-۴-۲ آدرس‌های IP

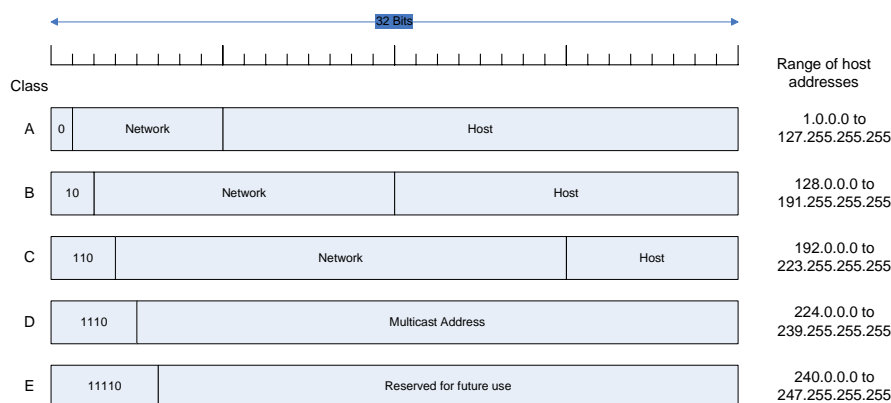
هر میزبان و مسیریاب اینترنتی یک آدرس آی‌پی دارد که شماره شبکه و شماره میزبان خود را کدگذاری می‌کند. این ترکیب منحصر به فرد است، به این معنی که هیچ‌گاه دو ماشین بر روی اینترنت آدرس آی‌پی مشابهی ندارند.

همه آدرس‌های آی‌پی به طول ۳۲ بیت هستند و در فیلد بسته‌های آی‌پی آدرس مبدأ و آدرس مقصد به کار می‌روند. قابل ذکر است که آدرس‌های آی‌پی در واقع به رابط

شبکه اشاره دارد و نه به میزبان، بنابراین اگر یک میزبان بخواهد بروی دو شبکه باشد، باید دو آدرس آی پی داشته باشد. با این حال در عمل اکثر میزبان ها بروی یک شبکه هستند، در نتیجه یک آدرس آی پی دارند.

چندین دهه آدرس های آی پی به گروه های ۵ رقمی تقسیم می شدند که در تصویر ۱۶-۵ لیست شده اند. اختصاص این ارقام آدرس دهی طبقه بندی شده نام گرفت، اما دیگر کاربردی ندارد. با این حال هنوز هم در نوشته ها به آن اشاره می شود. در اینجا به اختصار به جایگزینی "آدرس دهی طبقه بندی شده" می پردازیم.

قالب های کلاس **D,C,B,A** از ۱۲۸ شبکه هر کدام با ۱۶ میلیون میزبان، ۱۶۳۸۴ شبکه با بیش از ۶۴ هزار میزبان و ۲ میلیون شبکه (شبکه های محلی) هر کدام بیش از ۲۵۶ میزبان را پوشش می دهند (اگر چه بعضی از اینها موارد خاص می باشند). چند پخش (Multi cast) که در آن داده نگاشت به چندین میزبان ارسال می گردد نیز پشتیبانی می شود. آدرس هایی که با ۱۱۱۱ شروع می شوند برای استفاده در آینده نگهداری می شوند. اکنون بیش از ۵۰۰۰۰۰ شبکه به اینترنت متصل هستند که این رقم هر ساله رو به افزایش است. ارقام شبکه توسط یک شرکت غیرانتفاعی به نام **ICANN** (**Internet corporation for assigned name and numbers**) کنترل می شوند تا از تداخل جلوگیری شود. در عوض **ICANN** بخش هایی از فضای آدرس را به مقامات محلی مختلف اختصاص می دهد تا بتوانند آدرس های آی پی را به **ISP** ها و شرکتهای دیگر توزیع کنند.



شکل ۵-۱۶ قالبهای آدرسهای IP

آدرسهای شبکه که عددهای ۳۲ بیتی هستند معمولاً با نشان‌گذاری دهدهی نقطه‌دار نوشته می‌شوند. در این قالب هر ۴ بایت به صورت دهدهی از صفر تا ۲۵۵ نوشته می‌شود کوچکترین آدرس آی‌پی ۰,۰,۰,۰ و بزرگ‌ترین آدرس ۲۵۵,۲۵۵,۲۵۵,۲۵۵ است.

همانطور که در تصویر ۵-۱۷ نشان داده شده، مقادارهای ۵ و ۱ - (همه یکها) معنی خاصی دارند.

مقدار ۰ به معنی این شبکه یا میزبان می‌باشد. مقدار ۱- بعنوان آدرس پخش به کار می‌رود و به معنی تمامی میزبان‌ها نشان داده شده روی شبکه می‌باشد.

0 0	This host
0 0     ...     0 0     Host	A Host on this network
1 1	Broadcast on the Local network
Network     1 1 1 1     ...     1 1 1 1	Broadcast on a Distant network
127     (Any thing)	Loopback

شکل ۵-۱۷ آدرسهای IP خاص

آدرس آی‌پی ۰۰۰۰ هنگام راه‌اندازی، توسط میزبان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. آدرس آی‌پی با شماره شبکه صفر به شبکه فعلی اشاره دارد.

این آدرس‌ها به ماشین اجازه می‌دهند تا بدون دانستن شماره شبکه خود به آدرس رجوع کنند (اما جهت منظور کردن تعداد صفها بایستی بدانند در چه کلاسی قرار



دارند) آدرسی که شامل همه یکها باشد، اجازه داده پراکنی را در شبکه منطقه‌ای به خصوص شبکه محلی می‌دهد.

آدرس‌هایی که دارای شماره شبکه مناسب و تمامی یکها در فیلد میزبان هستند به ماشینها اجازه می‌دهند که بسته‌های پختی را به شبکه‌های محلی راه دور در سراسر اینترنت بفرستند. (با این وجود بسیاری از مدیران شبکه این ویژگی را از کار می‌اندازند). سرانجام، تمام آدرس‌هایی که به شکل 127.xx.yy.zz هستند برای تست حلقه بازگشت ذخیره می‌شوند.

بسته‌هایی که به آن آدرس فرستاده می‌شوند بروی سیم انتشار نمی‌یابند، این بسته‌ها بصورت منطقه‌ای پردازش شده و بعنوان بسته‌های وارد شوند در نظر گرفته می‌شوند. این امر باعث می‌شود که بسته‌ها (بدون اینکه فرستنده شماره آنها را بداند) به شبکه محلی فرستاده شوند.

### ۵-۴-۳ آدرس‌های زیرشبکه

همانطور که می‌دانیم تمامی میزبان‌های یک شبکه باید دارای یک شماره مشابه باشند. این ویژگی آدرس دهی آی‌پی می‌تواند هنگام توسعه شبکه ایجاد مشکل نماید. بعنوان مثال، دانشگاهی را در نظر بگیرید که با یک شبکه کلاس B کد "گروه علوم کامپیوتری" برای کامپیوترهایش بر روی "اترنت" استفاده می‌کند، کار خود را آغاز کرده و یک سال بعد "گروه مهندسی برق" می‌خواهد که به "اترنت" مجهز شود، بنابراین تقویت‌کننده‌ای خریده تا **Cs Eternet** را تا ساختمان‌هایشان گسترش دهند.

با گذشت زمان خیلی از گروه‌های دیگر نیز تقاضای کامپیوتر می‌کنند و با محدودیت استفاده از تنها چهار تقویت‌کننده بر روی اترنت مراجعه می‌شوند، بنابراین سازماندهی متفاوتی مورد نیاز است.

از آنجائیکه آدرس‌های شبکه بسیار محدود می‌باشند و دانشگاه در حال حاضر بیش از ۶۰۰۰۰ میزبان دارد، گرفتن دومین آدرس شبکه کار بسیار مشکلی است این مشکل به خاطر قانونی است که یک کلاس آدرس **C,B,A** به یک شبکه مربوط است و نه به یک

مجموعه شبکه‌های محلی وقتی سازمان‌های بیشتری این وضعیت مواجه شدند، تغییر کوچکی در سیستم آدرس‌دهی داده شد تا این مشکل رفع شود.

راه حل این است که اجازه دهیم یک شبکه جهت استفاده داخلی به چندین بخش تقسیم شود، ولی بعنوان یک شبکه با دنیای خارج عمل نماید.

در یک شبکه دانشگاهی (Campus) وقتی که مسیریاب اصلی به ISP یا شبکه محلی متصل است چندین اترنت در دانشگاه بین گروه‌های مختلف تقسیم می‌شود. هر کدام از این اترنت‌ها مسیریاب خود را دارد که به مسیریاب اصلی متصل است (شاید از طریق یک Backbone LAN، اما ارتباط بین مسیریاب‌ها ربطی به این موضوع ندارد).

در اینترنت به بخش‌های شبکه (در اینجا اترنت) زیرشبکه گفته می‌شود. همانطور که در بخش یک نیز اشاره کردیم، کاربرد این کلمه با زیرشبکه "Subnet" به معنی گروهی از مسیریاب‌ها و خطوط ارتباطی در یک شبکه، متفاوت است. امیدواریم که متن مشخص کند کدام معنی مورد نظر بوده. در این بخش و بخش بعدی تنها معنی جدید به کار رفته است.

وقتی بسته‌ای وارد می‌شود، مسیریاب اصلی از کجا می‌داند که آنرا به کدام زیرشبکه (اترنت) بفرستد؟ یک راه حل داشتن جدولی با ۶۵۵۳۶ مدخل در مسیریاب اصلی است که مشخص می‌کند برای هر میزبان در دانشگاه از کدام مسیریاب استفاده شود.

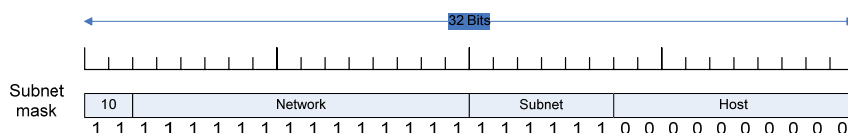
این طرح قابل اجرا است ولی به جدولی بسیار بزرگ در مسیریاب اصلی نیاز دارد و هنگام افزودن، جابجایی یا حذف کردن میزبان‌ها از شبکه نیاز به تعمیر و نگهداری غیر خودکار دارد.

در عوض برنامه متفاوتی طرح ریزی شد اصولاً به جای داشتن یک کلاس آدرس B با ۱۴ بیت برای شماره شبکه و ۱۶ بیت برای شماره میزبان، بعضی از بیت‌های شماره میزبان را گرفته تا یک شماره زیر شبکه به وجود آوریم.

لایه شبکه ۲۸۹

بعنوان مثال، یک دانشگاه با ۳۵ گروه، می تواند از یک شماره زیرشبکه ۶ بیتی و یک شماره میزبان ۱۰ بیتی استفاده کند که بدین ترتیب تا ۶۴ اترنت را ایجاد می کند که هر کدام حداکثر ۱۰۲۲ میزبان دارند (۰ و ۱- همانطوریکه ذکر گردید در دسترس نمی باشند).

جهت اجرای زیر شبکه، مسیریاب اصلی به یک فیلتر یا نقاب زیر شبکه نیاز دارد که طبق شکل ۵-۵۸ فاصله بین شبکه میزبان و شماره زیرشبکه را نشان می دهد. فیلترهای زیرشبکه نیز به صورت نشانه گذاری دهدهی نقطه دار به همراه یک Slash که بعد از شماره بیت ها نوشته می شود در شبکه و قسمت زیرشبکه می آید. بعنوان مثال برای تصویر ۵-۱۸ نقاب زیرشبکه می تواند به صورت ۲۵۵/۲۵۵/۲۵۲/۰ نوشته شود.



شکل ۵-۱۸

نوع دیگر نشانه گذاری ۲۲/ می باشد که نشان می دهد نقاب زیر شبکه به طول ۲۲ بیت است.

در خارج از شبکه، زیر شبکه قابل مشاهده نیست. بنابراین تخصیص یک زیرشبکه جدید نیازی به تماس با ICANN یا تغییر در بانکهای داده خارجی نیست. زیر شبکه در این نمونه ممکن است از آدرس های آی پی استفاده کند که زیرشبکه اول از 130.50.4.1، زیر شبکه دوم از 130.50.8.1، زیرشبکه سوم از 130.50.12.1 و غیره شروع می شوند. برای اینکه ببینیم چرا زیر شبکه ها بصورت چهارتایی شمارش می شوند، باید توجه کنیم که آدرس های دو گانه متناظر به صورت زیر می باشند.

زیرشبکه ۱: 10000010 00110010 000001|00 00000001

زیرشبکه ۲: 10000010 00110010 000010|00 00000001

زیر شبکه ۳: 10000010 00110010 000011|00 00000001

در اینجا خط عمودی (۱) نشان‌دهنده مرز بین شماره زیر شبکه و شماره میزبان است. در سمت چپ آن شماره شش‌بیتی زیر شبکه و در سمت راست آن شماره ۱۰ بیتی میزبان قرار دارد.

برای درک چگونگی عملکرد زیر شبکه‌ها، باید مشخص شود که چگونه بسته‌های آی‌پی در مسیریاب پردازش می‌شوند.

هر مسیریاب دارای جدولی است که شامل لیستی از تعدادی آدرس آی‌پی بصورت (شبکه صفر) و تعدادی بصورت (این شبکه، میزبان) است.

نوع اول چگونگی رسیدن به شبکه‌های راه دور و نوع دوم چگونگی رسیدن به شبکه‌های محلی را نشان می‌دهد. در هر جدول، رابطه شبکه ضمیمه شده، تا جهت رسیدن به مقصد و اطلاعات خاص دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

وقتی بسته‌ای دریافت می‌شود، آدرس مقصد آن در جدول مسیریابی جستجو می‌شود. اگر بسته مربوط به یک شبکه راه دور باشد، به مسیریاب بعدی بر روی رابطی که در جدول آمده ارسال می‌شود. اگر میزبان محلی باشد (مثلاً شبکه محلی مسیریاب)، مستقیماً به مقصد ارسال می‌شود. اگر شبکه وجود نداشته باشد، بسته به مسیریاب پیش‌فرض با جدول‌های گسترده‌تر ارسال می‌شود. معنای این الگوریتم این است که هر مسیریاب تنها باید از شبکه‌های دیگر و میزبان‌های محلی آگاه باشد نه زوج (شبکه، میزبان) که این امر موجب کاهش شدید حجم جدول مسیریابی می‌شود.

وقتی ساختن زیر شبکه مطرح می‌شود، جدول‌های مسیریابی با افزودن ورودیهایی به شکل (این شبکه، زیر شبکه، صفر) و (این شبکه، زیر شبکه، میزبان) تغییر می‌کنند.

بنابراین یک مسیریاب در زیر شبکه K، می‌داند چگونه به سایر زیر شبکه‌ها و همچنین تمام مسیریاب‌ها در زیر شبکه K برسد و لازم نیست جزئیات مربوط به میزبان‌ها و زیر شبکه‌های دیگر را بداند. در واقع، تنها چیزی که باید تغییر کند این است که هر

مسیریاب مجبور شود با نقاب زیرشبکه، شبکه یک رابطه **Boolean AND** برقرار کند تا (پس از تعیین کلاس شبکه) از شماره میزبان و جستجوی آدرس نتیجه شده در جدول هایش خلاص شود

بعنوان مثال یک بسته که به آدرس **130.50.15.6** فرستاده شده و به مسیریاب اصلی می‌رسد، با نقاب زیرشبکه **AND 255.255.252.0/22** می‌شود تا آدرس **130.50.12.0** را بوجود بیاورد. این آدرس در جدول‌های مسیریابی جستجو شده تا مشخص شود که برای رسیدن به مسیریاب زیر شبکه ۳ کدام خط خروجی را استفاده کند. بنابراین ساخت زیرشبکه از طریق ایجاد یک جدول سلسله مراتبی سه سطحی شامل شبکه، زیرشبکه و میزبان، از فضای جدول مسیریاب می‌کاهد. این سلسله مراتب سه سطحی تشکیل شده از: شماره شبکه+شماره زیرشبکه+شماره ماشین میزبان.

#### ۵-۴-۴-۴ نگاه‌ی به چند پروتکل اینترنت

##### ICMP ۵-۴-۴-۵

عملکرد غیر منتظره در اینترنت توسط این پروتکل گزارش می‌شود. همچنین این پروتکل برای آزمایش و رفع عیب در شبکه به کار می‌رود. مهمترین پیام‌های این پروتکل در شکل ۵-۱۹ لیست شده است.

نوع پیام	توصیف عملکرد
<b>Destination unreachable</b>	بهر دلیلی بسته را نمی‌توان به مقصد تحویل داد
<b>Time exceeded</b>	زمان حیات بسته به پایان رسیده است
<b>Parameter problem</b>	فیلدی از سرآیند بسته مقدار نامعتبر داشته است
<b>Source quench</b>	بسته دعوت به آرامش
<b>Redirect</b>	حاوی اطلاعاتی در خصوص جغرافیای مسیر و اعلام اشتباه در مسیریابی
<b>Echo</b>	درخواست از یک ماشین تا اگر فعال است پاسخ دهد

Echo reply	پاسخ به پیام Echo بمنظور تایید فعالیت
Timestamp request	همانند پیام Echo به همراه مهر زمان
Timestamp reply	همانند پیام Echo Reply به همراه مهر زمان

شکل ۵-۱۹ پیام‌های ICMP

## ARP ۲-۴-۴-۵

ARP یا پروتکل تحلیل آدرس برای تجزیه و تحلیل آدرس‌ها در شبکه بکار می‌رود. همانطور که می‌دانیم آدرس‌های فیزیکی توسط لایه پیوند داده دریافت و فهمیده می‌شوند. ولی این لایه از آدرس‌های IP چیزی نمی‌داند. این پروتکل برای ترجمه آدرس‌های IP به آدرس‌های فیزیکی (MAC) بکار می‌رود.

ماشین میزبان اول بسته‌ای را بصورت فراگیر (Broadcast) روی شبکه ارسال می‌کند و می‌پرسد که مثلاً آدرس

۶۵. ۳۱. ۱۹۲ مربوط به کیست؟ ماشین مربوطه پاسخ خواهد داد. این پرسش و پاسخ را پروتکل ARP مدیریت می‌کند.

برای بهینه‌سازی ARP می‌توان هرگاه ARP آدرسی بدین آورد در حافظه نهان خود ذخیره کند تا در دفعات بعدی بتواند از آن با سرعت بیشتری استفاده کند. در روشی دیگر هر ماشین به محض راه‌اندازی آدرس IP خود را به صورت پخش فراگیر به همه اعلام نماید.

## DHCP و RARP و BootP ۳-۴-۴-۵

پروتکل RARP عکس عمل ARP را انجام می‌دهد. یعنی آدرس فیزیکی را گرفته و آدرس IP متناظر با آن را برمی‌گرداند.

در این پروتکل هم می‌توان آدرس‌های فیزیکی ماشینهای مختلف را بصورت فراگیر روی شبکه پخش کرد یا آدرس IP یک ماشین در تصویر حافظه جاسازی شود.

مشکل پروتکل **RARP** آنست که فریمهای پخش فراگیر را به خارج از شبکه محلی هدایت نمی‌کند. و بر روی هر شبکه باید یک سرویس‌دهنده **RARP** وجود داشته باشد. برای حل این مشکل از پروتکل **BOOTP** برای راه‌اندازی ایستگاه‌های بدون دیسک استفاده می‌شود. این پروتکل می‌تواند به غیر از آدرس **IP** ایستگاه بدون دیسک، اطلاعات اضافه‌تری را مانند آدرس **IP** مسیریاب پیش‌فرض، الگوی زیرشبکه و ... را به ایستگاه‌ها ارائه دهد. برخلاف **RARP** پروتکل **BOOTP** از بسته‌های **UDP** استفاده کرده و مسیریاب‌ها این بسته‌ها را هدایت می‌نمایند. لذا به ازای چند شبکه محلی که از طریق مسیریاب بهم متصل‌اند به یک سرور **BOOTP** بیشتر نیاز نیست.

مشکل جدی پروتکل **BOOTP** اینست که جدول نگاشت آدرس‌های **IP** را باید بصورت دستی تنظیم و پیکربندی شود. پروتکل **DHCP** این امکان را می‌دهد که آدرس‌های **IP** را هم بصورت خودکار و هم بصورت دستی تنظیم نمود.

#### ۵-۴-۵ چند پروتکل مسیریابی دیگر

در این قسمت به بررسی دو پروتکل مهم مسیریابی دیگر می‌پردازیم.

##### ۵-۴-۵-۱ OSPF

**OSPF** یا پروتکل مسیریابی درونی در این قسمت مورد نظر ماست. شبکه اینترنت از تعداد بسیاری سیستم خود مختار (**Autonomous System**) یا اختصاراً **AS** تشکیل شده است. مسیریابی درون یک **AS** را مسیریابی دورنی و مسیریابی بین **AS** ها را مسیریابی خروجی یا بیرونی گویند.

اولین پروتکل مسیریابی دورنی یک پروتکل بردار فاصله به نام **RIP** بود. اما بدلیل همگرایی کند و عملکرد ضعیف در **AS** های بزرگ پروتکل **OSPF** جایگزین آن شد.

**OSPF** از سه نوع شبکه و خطوط انتقال پشتیبانی می‌کند:

خطوط نقطه به نقطه بین دو مسیریاب.

شبکه‌های با دسترسی چندگانه از نوع پخش فراگیر (مثل LAN)

شبکه‌های با دسترسی چندگانه از نوع غیر پخش فراگیر (مثل WAN)

**OSPF** بدین شکل عمل می‌کند که مجموعه شبکه‌ها مسیریاب‌ها و خطوط ارتباطی را در قالب یک گراف جهت‌دار مدل کرده و به هر کمان در گراف یک وزن می‌دهد که نشان‌دهنده پارامترهایی مانند تاخیر، فاصله و امثال آن است. سپس بر اساس وزن کمانها مسیر بهینه را پیدا می‌کند.

**OSPF** ۴ کلاس مسیریاب را به رسمیت می‌شناسد:

- مسیریاب‌های درونی
- مسیریاب‌های واقع در مرز دو ناحیه
- مسیریاب‌های ستون فقرات
- مسیریاب‌های مرزی **AS** که می‌توانند با مسیریاب‌های دیگر محاوره کنند.

عملکرد **OSPF** مبتنی بر مبادله اطلاعات با مسیریاب‌های مجاور است.

در شکل زیر انواع پیام‌های **OSPF** آمده است:

نوع پیام	توصیف عملکرد
<b>Hello</b>	از این پیام برای شناسایی همسایه‌ها استفاده می‌شود
<b>Link state update</b>	هزینه فرستنده پیام تا همسایه‌هایش را معین می‌کند
<b>Link state ack</b>	دریافت بسته <b>Link State Update</b> را تایید می‌کند
<b>Data base description</b>	مسیریاب با این پیام فهرست درایه‌های بهنگام‌سازی خود را اعلام می‌کند
<b>Link state request</b>	از شریک خود اطلاعاتی را درخواست می‌کند

شکل ۲۰-۵ انواع پیام‌های **OSPF**



#### BGP ۲-۵-۴-۵

برای مسیریابی بین AS ها از پروتکل BGP استفاده می شود. از دیدگاه یک مسیریاب BGP کل جهان از چند AS و خطوط ارتباطی بین آنها تشکیل شده است. ترافیک هر شبکه as در یکی از سه رده زیر قرار می گیرد:

شبکه های پایانی که فقط یک اتصال با گراف BGP دارند و نمی توانند ترافیک را از خود عبور بدهند.

شبکه های چنداتصال که می توانند ترافیک داده ها را منتقل کنند.

شبکه های ترانزیت که در نقش ستون فقرات تمایل دارند بسته های دیگران را منتقل کنند.

پروتکل BGP مبتنی بر الگوریتم بردار فاصله است اما با RIP تفاوت دارد. در این پروتکل به جای آنکه هزینه و خط رسیدن به یک مقصد در شبکه نگهداری شود مسیریاب BGP کل مسیر رسیدن به هر مقصد را نگه می دارد. همچنین به جای آنکه به همسایه های خود در خصوص هزینه رسیدن به هر مقصد در شبکه خبر بدهد، کل مسیرهای واقعی را اعلام می کند.

### سؤالات تشریحی فصل پنجم:

- ۱- اهدافی را که در تهیه خدمات لایه شبکه برای لایه انتقال لحاظ شده است را نام ببرید.
- ۲- شبکه‌های مدار مجازی و داده‌گرام را با هم مقایسه کنید.
- ۳- خواصی را که برای ارزیابی یک الگوریتم مسیریابی باید در نظر گرفت، نام ببرید.
- ۴- الگوریتم‌های وفقی و غیروفقی را توضیح دهید.
- ۵- چند الگوریتم مهم مسیریابی را نام برده و یکی را به دلخواه توضیح دهید.
- ۶- مسیریابی کوتاهترین مسیر را شرح دهید.
- ۷- الگوریتم سیل‌آسا را شرح دهید.
- ۸- مسیریابی بردار فاصله را شرح دهید.
- ۹- اعمالی که یک مسیریاب در مسیریابی حالت پیوند (LS) انجام می‌دهد را شرح دهید.
- ۱۰- در مسیریابی بردار فاصله ورودی هر مسیریاب در جدول مسیریابی دارای چه بخشهایی است؟
- ۱۱- نحوه عملکرد مسیریابی سلسله مراتبی را شرح دهید.
- ۱۲- دو الگوریتم کنترل ازدحام را نام برده و هر یک را به اختصار توضیح دهید.
- ۱۳- سرآیند پروتکل IP را با رسم شکل تشریح کرده و فیلدهای آن را معرفی کنید.

۱۴- کلاسهای آدرس IP را نام برده و روش تخصیص آدرس در هریک از کلاسها بیان کنید.

۱۵- با ذکر یک مثال چگونگی تخصیص آدریهای زیرشبکه را توضیح دهید.

۱۶- عملکرد پروتکل ICMP چیست؟ ۴ پیام مهم این پروتکل را شرح دهید.

۱۷- پروتکل های ARP و RARP را توضیح دهید.

۱۸- پروتکل های BootP و DHCP چه اعمالی انجام می دهند؟

۱۹- انواع شبکه ها و خطوط انتقالی که توسط پروتکل OSPF پشتیبانی می شوند را نام ببرید.

۲۰- کلاسهای مسیریابی که OSPF به رسمیت می شناسد را نام ببرید.

۲۱- ۴ نمونه از پیام های OSPF را شرح دهید.

۲۲- ترافیک هر شبکه AS در چه رده هایی از شبکه ها قرار می گیرد؟

۲۳- پروتکل BGP چه می کند؟

سوالات تستی فصل پنجم:

۱- کدام گزینه از اهداف خدمات تهیه شده لایه شبکه برای لایه انتقال است؟

۱- خدمات باید مستقل از تکنولوژی مسیریاب باشد.

۲- لایه انتقال باید از تعداد، نوع و همبندی مسیریاب های حاضر حمایت کند.

۳- آدرس های شبکه ای باید از شماره گذاری یکنواختی استفاده کنند.

۴- همه موارد

۲- کدام گزینه برای زیرشبکه‌های داده‌گرام دشوار ولی برای زیرشبکه‌های مدار مجازی در صورت تخصیص منابع لازم آسان است؟

۱- کنترل ازدحام                      ۲- آدرس‌دهی

۳- از بین بردن تاثیر خرابی مسیریاب                      ۴- همه موارد

۳- کدام گزینه از خواص ویژه یک الگوریتم مسیریابی است؟

۱- صحت                      ۲- تحمل عیب

۳- پایداری                      ۴- همه موارد

۴- درختی که مجموعه تمام مسیرهای بهینه تا مقصد معینی را نشان می‌دهد چه نام دارد؟

۱- spanning tree                      ۲- sink tree

۳- struct tree                      ۴- هیچکدام

۵- الگوریتم مسیریابی که به دایجکسترا نسبت داده می‌شود کدام است؟

۱- حالت پیوند                      ۲- سیل آسا

۳- کوتاهترین مسیر                      ۴- بردار فاصله

۶- در کدام الگوریتم مسیریابی بسته ورودی بر روی همه خطوط خروجی فرستاده می‌شود؟

- ۱- حالت پیوند
- ۲- بردار فاصله
- ۳- سیل آسا
- ۴- بردار فاصله

۷- کدام گزینه یک الگوریتم مسیریابی پویاست؟

- ۱- حالت پیوند
- ۲- بردار فاصله
- ۳- سیل آسا
- ۴- ۲ و ۱

۸- کدام گزینه از اعمالی که باید مسیریاب حالت پیوند انجام دهد، نیست؟

- ۱- شناخت همسایه‌ها و آدرس آنها
- ۲- محاسبه تاخیر یا هزینه همسایه‌ها
- ۳- ایجاد بسته‌های گویای تمام اطلاعات بدست آمده
- ۴- ارسال بسته‌های اطلاعات به مسیریاب مقصد

۹- کدام گزینه از الگوریتم‌های کنترل ازدحام نیست؟

- ۱- سطل سوراخ‌دار
- ۲- سطل نشانه
- ۳- سیل آسا
- ۴- هیچکدام

۱۰- کدام فیلد طول سرآیند را در بسته IP مشخص می‌کند؟

- ۱- IHL
- ۲- Version
- ۳- Total length
- ۴- Identification

۱۱- کدام فیلد در بسته IP برای تشخیص خطا بکار می‌رود؟

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Time to live - ۲    | IHL - ۱          |
| Header checksum - ۴ | Total length - ۳ |

۱۲- آدرس IP : 215.215.100.91 در کدام کلاس آدرس IP قرار می‌گیرد؟

- |       |       |
|-------|-------|
| B - ۲ | A - ۱ |
| D - ۴ | C - ۳ |

۱۳- آدرس‌هایی که به شکل 127.XX.YY.ZZ هستند برای چه منظوری بکار می‌روند؟

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| ۲- تست حلقه بازگشت | ۱- پخش قراگیر        |
| ۴- پخش گروهی       | ۳- ارسال برای میزبان |

۱۴- عملکرد غیر منتظره در اینترنت توسط کدام پروتکل گزارش می‌شود؟

- |         |           |
|---------|-----------|
| BGP - ۲ | ICMP - ۱  |
| ARP - ۴ | BootP - ۳ |

۱۵- کدام پروتکل عکس عمل ARP را انجام می‌دهد؟

- |           |          |
|-----------|----------|
| BGP - ۲   | ICMP - ۱ |
| BootP - ۴ | RARP - ۳ |

۱۶- کدام گزینه «پروتکل مسیریابی دورنی» است؟

BGP -۲

ICMP -۱

OSPF -۴

BootP -۳