



بسم الله الرحمن الرحيم

# شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

## UnderWater Wireless Sensor Networks

دانشگاه صنعتی شیراز

استاد راهنما :

دکتر جاویدان

دانشجو :

رضا محمدی

Mohammadi.Rm@Gmail.com

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه فناوری اطلاعات

## فهرست مطالب

- آکوستیک و ارتباطات زیر آب
- ویژگی های صوت در زیر آب
- شبکه های حسگر بی سیم زیر آب
- چالش ها و مسائل مرتبط با شبکه های زیر آب
- عملکرد پروتکل های محیط زیر آب

# آکوستیک و ارتباطات زیر آب

- تکنولوژی آکوستیک زیر آبی و برقراری ارتباط در زیر آب قدمتی در حدود پانصد سال دارد.
- کشف داوینچی نقطه سرآغاز دانش آکوستیک زیر آب می باشد.
- در اوایل قرن بیستم اولین کاربرد عملی آکوستیک زیر آبی به کار گرفته شد. این کاربرد یک زنگ زیر آبی بود که توسط کشتی ها برای دریانوردی ساحلی به کارگرفته می شد.

# آکوستیک و ارتباطات زیر آب

- چندی بعد شخصی به نام ریچاردسون روشی را برای فاصله یابی در زیر آب با استفاده از امواج صوتی مطرح کرد.
- در سال ۱۹۱۴ با وقوع جنگ جهانی اول از ارتباطات صوتی زیر آب به منظور کاربردهای نظامی استفاده شد.
- امروزه استفاده از ارتباطات صوتی زیر آب در کاربردهایی چون فاصله یابی در زیر آب، ناوبری، نظارت بر محیط زیر آب، نظامی و اکتشافات زیر آبی بسیار مرسوم است.

# تکنولوژی های ارتباطی زیر آب

## ۱- برقراری ارتباط به وسیله کابل :

- نیاز به کابل ها و تجهیزات زیر آبی مخصوص جهت کابل کشی
- امکان قطعی کابل ها و خطوط ارتباطی زیر آب به دلیل عبور کشتی ها، زیر دریایی ها و شناورها
- عدم وجود امکان حرکت برای وسایل مخابراتی (در این حالت وسایل مخابراتی نمی توانند سیار باشند)
- مدیریت و پیکربندی مشکل و قابلیت انعطاف کم

# تکنولوژی های ارتباطی زیر آب

## ۲- امواج الکترومغناطیس

- امواج الکترومغناطیسی در محیط زیر آب به شدت جذب می شوند.
- تضعیف زیاد
- برد ارسال در حد چند متر یا سانتی متر
- تضعیف در این امواج تابعی از فرکانس و برد است.
- برای ارسال به مسافت های دورتر باید در فرکانس  $30-300$  HZ عمل ارسال انجام داد که نیازمند آنتنی چند هزار متری است
- استفاده از این امواج برای ارتباطات زیر آبی جز در موارد خاصی که فاصله بین گیرنده و فرستنده بسیار کوتاه است غیر عملی است.

# تکنولوژی های ارتباطی زیر آب

## ۳- امواج نوری :

- این امواج پهنای باندی در حد چندین مگا بیت در ثانیه در محیط زیر آب دارند.
- بروز پدیده پراکندگی و جذب در آبهای غیر شفاف باعث کاهش کیفیت این امواج می شوند.
- در صورت استفاده از امواج نوری در فرستنده و گیرنده، نیاز به دقت بالا در تنظیم امواج باریک لیزر و یا نور، بین مبدأ و مقصد است.
- استفاده از امواج نوری برای ارتباطات زیر آب عمومیت ندارد و جز در موارد خاص منظوره استفاده نمی شوند.

# تکنولوژی های ارتباطی زیر آب

## ۴- امواج صوتی

- امواج صوتی در زیر آب قابلیت شنیده شدن را دارند.
- صدای موج ها ، قایق موتوری ، کشتی ها و ... با وضوح مشخصی حتی در فواصل دور قابل شنیدن است. در حقیقت صوت در آب بسیار موثرتر از هوا حرکت می کند.
- به طور مثال وال ها در فواصل دهها و یا صدها کیلومتری برای برقراری ارتباط از اصوات استفاده می کنند.
- امواج صوتی علی رغم داشتن برخی محدودیت ها، گزینه بهتری نسبت به امواج الکترومغناطیسی و نوری برای ارتباطات زیر آبی هستند.



## مقایسه تکنولوژیهای ارتباطی زیر آب

امواج صوتی	امواج الکترومغناطیس	امواج نوری	
در حدود ۱۵۰۰ متر در ثانیه	در حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه	در حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه	سرعت انتشار
در حد چند کیلو هرتز	در حد چند مگا هرتز	بین ۱۰ تا ۱۵۰ مگا هرتز	پهنای باند
در حد کیلو هرتز	در حد مگا هرتز	بین $10^{13}$ تا $10^{14}$ هرتز	باند فرکانسی
۰.۱ متر	۰.۵ متر	۰.۱ متر	اندازه آنتن
در حد چند کیلومتر	تقریبا ۱۰ متر	بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر	برد موثر

# ویژگی های صوت در زیر آب

## ۱- تضعیف

- هنگامی که یک موج صوتی پخش می شود مقداری از انرژی خود را از دست می دهد، انرژی از دست رفته توسط موج های منتشر شده را میرایی یا تضعیف می نامند.

## ۲- تاخیر انتشار

- به طور تقریبی سرعت انتشار امواج صوتی ۱۵۰۰ متر بر ثانیه است.
- سرعت تاخیر انتشار امواج صوتی در زیر آب ثابت نیست و وابسته به میزان فشار، دما و شوری آب دارد.

# ویژگی های صوت در زیر آب

## ۳- اتلاف تراگسیل (Transmission Loss)

- این پدیده به علت کاهش میزان فشار صوتی منتشر شده امواج از منبع صوت است.

## ۴- نویز

- عموماً در محیط زیر آب دو نوع نویز وجود دارد:
- نویز تولید شده توسط ماشین ها ( شامل پمپ ها، دنده های قایق ها، زیردریایی ها) و فعالیت های کشتیرانی می شود .
- نویز پیرامونی که مربوط به هیدرودینامیک ( امواج ، طوفان ، باد و باران) و پدیده های بیولوژیکی ( حرکت جانوران دریایی و ماهی ها) و لرزه های اعماق دریا می شود. نویز موجود در زیر آب سبب تخریب امواج صوتی می شود.

# ویژگی های صوت در زیر آب

## ۵- پراش (Diffraction) و انعکاس (Reflection)

- برخورد امواج صوتی با اجسام معلق
- برخورد امواج به سطح و کف آب

## ۷- چندمسیرگی (Multi Path)

- حرکت امواج صوتی از مسیرهای مختلف به سمت مقصد پس از برخورد با اجسام
- گیرنده امواج صوتی مسیرهای دیگر را به عنوان نویز تلقی می کند و قادر به شناسایی سیگنال اصلی نخواهد بود
- چند مسیرگی در لینک های افقی بیشتر از لینک های عمودی است.

# ویژگی های صوت در زیر آب

## ۸- اثر داپلر (Doppler Spread)

- بر اثر تفاوت در ادراک یک فرستنده فرکانس با گیرنده همان فرکانس به وجود می آید.
- اگر گیرنده و یا فرستنده فرکانس در حال ارسال یا دریافت در حال نزدیک شدن یا دور شدن از یکدیگر باشند، گیرنده نمی تواند فرکانس ارسالی را به درستی تشخیص دهد.

## شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- شبکه های حسگر بی سیم زیر آب گونه ای از شبکه های حسگر هستند که در محیط زیر آب قرار می گیرند و توسط امواج صوتی با یکدیگر ارتباط دارند.



## شبکه های حسگر بی سیم زیر آب - لزوم به کار گیری

- با توجه به این که نزدیک به ۷۰ درصد سطح کره زمین پوشیده از آب است، بنابر این نقاط زیادی وجود دارند که تا کنون مورد اکتشاف قرار نگرفته اند.
- شبکه های حسگر بی سیم زیر آب دارای قابلیت هایی هستند که توانایی انسان را در مشاهده و پیش بینی کاربردهای اکتشاف نشده مرتبط با دریاها و اقیانوس ها افزایش می دهند.
- امروزه از شبکه های حسگر بی سیم زیر آب جهت بررسی آلودگی های اقیانوس ها، بررسی مناطقی که در آنها احتمال وجود نفت و گاز وجود دارد، بررسی زمین لرزه های زیر آب، بررسی وجود ماهی ها و نظارت و مراقبت بر عبور زیر دریایی ها و شناورها استفاده می شود.

# اجزای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- گره حسگر زیر آب :

- گونه ای حسگر است که قادر است امواج صوتی را دریافت، پردازش و ارسال نماید. این گره ها برای دریافت امواج صوتی از هیدروفن ( میکروفن زیر آب ) و برای ارسال امواج صوتی از بلندگوی زیر آبی استفاده می کنند. درون این نوع حسگرها از مودم صوتی زیر آبی استفاده می شود. این مودم عمل تبدیل سیگنال را انجام می دهد یعنی سیگنال صوتی را دریافت و آن را به سیگنال الکتریکی تبدیل می کنند و بالعکس.





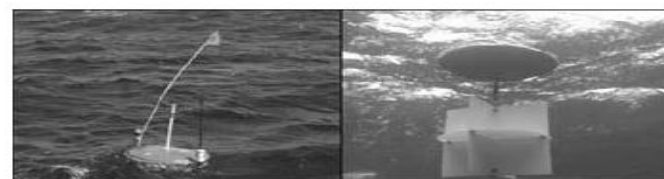
# اجزای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- حامل های زیر آبی مستقل (AUV) یا (UUV,ROV):

- AUV ها وسایلی هستند که در زیر آب متحرکند و ما بین گره های حسگر حرکت می کنند تا داده های آنها را جمع آوری نمایند. AUV ها از راه دور برای حرکت کنترل می شوند و می توان آنها را به مکان هایی که تراکم داده بیشتری وجود دارد هدایت کرد. می توان با استفاده از تکنیک های هوش مصنوعی حرکت AUV ها را هوشمند نمود تا بدون نیاز به دخالت و کنترل انسان به کار خود ادامه دهد.



(a)



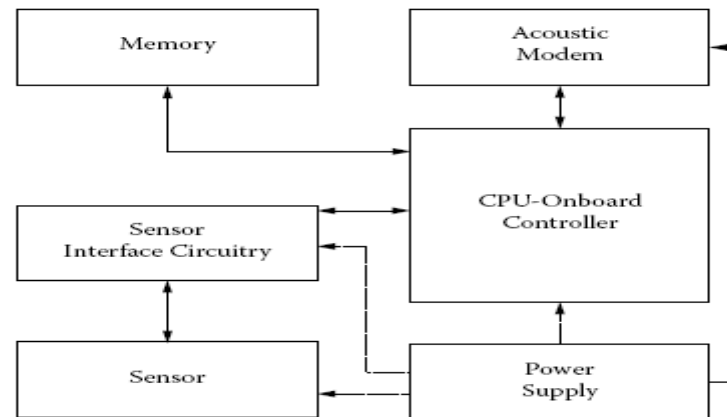
(b)



(c)

## معماری داخلی گره حسگر بی سیم زیر آب

- یک گره حسگر زیر آب شامل یک پردازشگر یا CPU است که از طریق مدار واسط حسگر در ارتباط است. پردازشگر داده ها را از حسگر خوانده و آنها را بر روی حافظه ذخیره می کند.



- علاوه بر این پردازشگر، داده ها را پردازش و آنها را از طریق مودم صوتی به سنسورها و تجهیزات زیر آب ارسال می کند.
- منبع تغذیه نیز وظیفه تامین انرژی برای مولفه های سنسور را دارد که عموماً یک باتری است.

## معماریهای ارتباطی شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

روش های قدیمی پیاده سازی شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- قرار دادن گروهی از حسگر ها در یک منطقه تا پایان دوره ماموریت
- جمع آوری سنسورها پس از پایان دوره ماموریت
- استخراج داده های بدست آمده از سنسورها

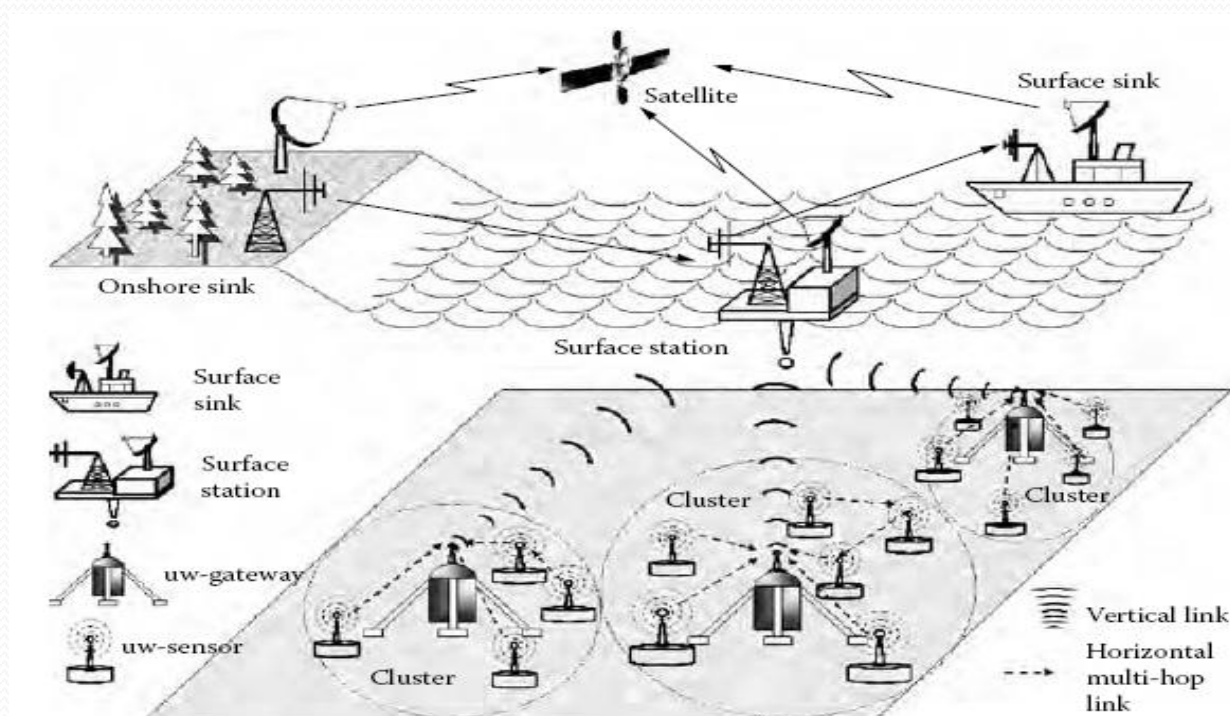
### معایب

- عدم نظارت بلادرنگ :

1. غیرقابل دسترس بودن داده ها تا زمان اتمام ماموریت
  2. نا مناسب جهت بکارگیری در کاربردهای نظامی و لرزه نگاری
- عدم امکان پیکر بندی مجدد سیستم بصورت برخط :
  - عدم تشخیص خرابی :
  - ظرفیت ذخیره سازی محدود:

# شبکه های حسگر بی سیم زیر آب دو بعدی

- گروهی از گره های حسگر در کف اقیانوس قرار گرفته اند.
- گره های حسگر زیر آب به صورت بی سیم با یک یا چند گره UW-Gateway ارتباط دارند.



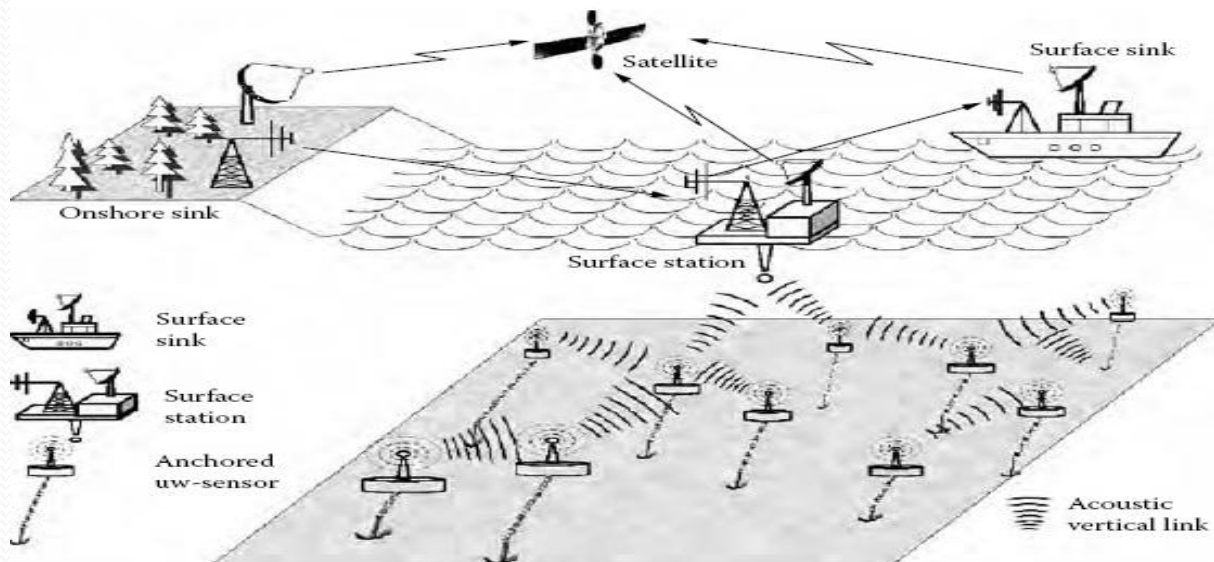
# شبکه های حسگر بی سیم زیر آب دو بعدی

## • Uw-Gateway :

- وسایلی هستند که داده های کف اقیانوس را از سایر گره های حسگر دریافت و آنها را به ایستگاه مستقر در سطح ارسال می کنند.
- مجهز به دو نوع گیرنده فرستنده صوتی هستند که گیرنده فرستنده عمودی/افقی نام دارد.
- از فرستنده صوتی افقی برای ارتباط با گره های سنسور جهت ارسال فرامین و داده های پیکر بندی به حسگرها و جمع آوری داده های حسگرها استفاده می شود.
- فرستنده عمودی برای ارسال اطلاعات و دریافت فرامین از ایستگاه مستقر در سطح آب به کار می رود.
- ایستگاه مستقر در سطح دارای گیرنده و فرستنده امواج رادیویی است تا بتواند با ایستگاه ساحلی تبادل داده داشته باشد.

# شبکه های حسگر بی سیم زیر آب سه بعدی

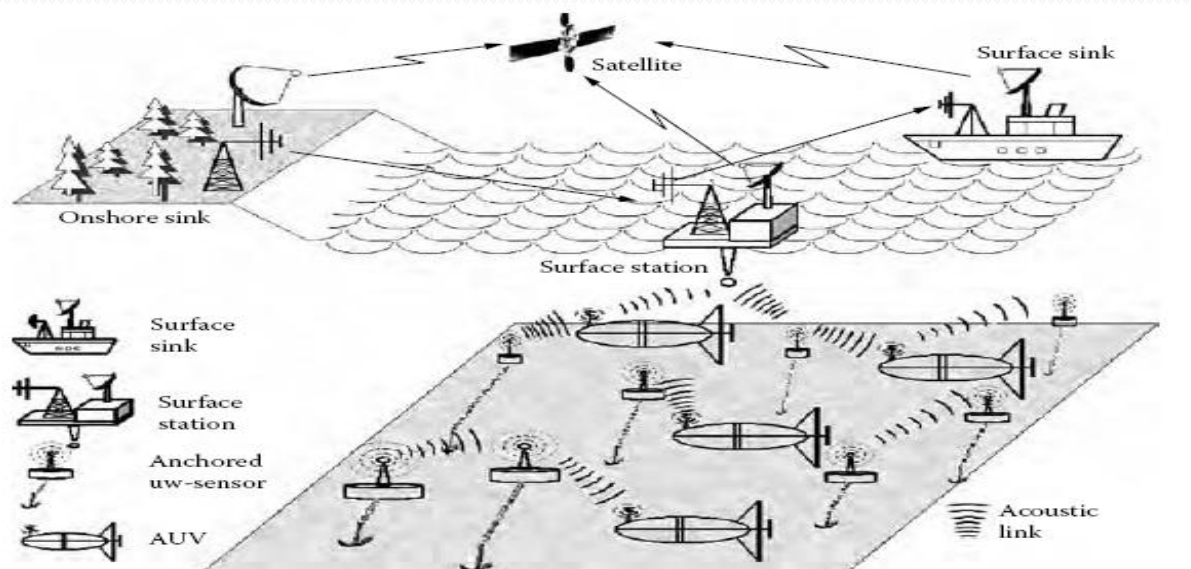
- این نوع شبکه ها برای تشخیص و مشاهده پدیده هایی به کار می روند که فقط منحصر به کف اقیانوس نیستند.
- گره های حسگر به کف اقیانوس الصاق می شوند و توسط پمپ های خاصی در عمق مورد نظر قرار می گیرند.





## شبکه های حسگر بی سیم زیر آب سه بعدی با استفاده از AUV

- از وجود AUV ها به منظور جمع آوری دقیق تر و ساده تر و مطمئن تر داده ها بهره می گیرد.
- از AUV ها نیز استفاده می شود تا مصرف انرژی در گره های حسگر کمتر شود و داده های بیشتر و جامع تری بدست آید. با استفاده از AUV ها قابلیت اعتماد این نوع شبکه ها افزایش می یابد



## تفاوت های شبکه های حسگر بی سیم زیر آب با شبکه های حسگر بی سیم زمینی

### • هزینه :

➤ شبکه های حسگر بی سیم زیر آب نسبت به شبکه های حسگر بی سیم زمینی گران تر هستند.

➤ پیچیدگی در طراحی گیرنده فرستنده های صوتی زیر آب

➤ نیاز به حفاظت فیزیکی از حسگرها در شرایط سخت و نامناسب زیر آب

➤ کاربرد کمتر و فروشندگان کمتر نسبت به شبکه های حسگر بی سیم زمینی است.

### • محیط پیاده سازی :

➤ محیط زیر آب شرایط نامساعد و غیر قابل پیش بینی تری نسبت به محیط خشکی

دارد و پیاده سازی حسگرها در محیط زیر آب به مراتب سخت تر از خشکی است.



## تفاوت های شبکه های حسگر بی سیم زیر آب با شبکه های حسگر بی سیم زمینی

### • توان :

- تفاوت در تکنولوژی لایه فیزیکی در محیط زیر آب و خشکی و توان مورد نیاز برای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب به مراتب بیشتر از توان مورد نیاز شبکه های حسگر بی سیم زمینی است.
- وجود فاصله بیشتر بین گره های حسگر و نیاز به پردازش سیگنال بیشتر جهت بهبود خرابی های کانال های صوتی در شبکه های زیر آب سبب مصرف توان بیشتر می شود.

### • حافظه :

- گره های حسگر بی سیم زیر آب در مقایسه با گره های حسگر بی سیم زمینی نیاز به میزان حافظه بیشتر به منظور ذخیره داده ها در حافظه نهان و موقت دارند.

## کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- - نمونه برداری از داده های اقیانوس ها :

➤ شبکه هایی از گره های حسگر بی سیم و AUV ها می توانند نمونه برداری مفید، خلاصه و جامعی از محیط سه بعدی ساحل اقیانوس ها فراهم آورند.

- - نظارت محیطی :

➤ نظارت بر آلودگی ها ( شیمیایی، بیولوژیکی و هسته ای )

➤ نظارت بر جریان های اقیانوسی و بادهای، نظارت بر امور بیولوژیکی مانند ردگیری ماهی ها یا میکروارگانیسم ها به کار روند.

➤ پیش بینی وضعیت آب و هوا و تغییرات اقلیمی و پیش بینی اثرات فعالیت های انسانی بر روی اکوسیستم ها را تسهیل و بهبود بخشند.

# کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- - **اکتشافات زیر آبی :**
  - تشخیص میادین نفت و ذخایر نفتی تشخیص
  - کشف مسیرهای کابل کشی شده زیر دریا
  - اکتشافات ذخایر معدنی با ارزش
- - **پیشگیری از سوانح و بلایا :**
  - با اندازه گیری لرزه هایی که در اعماق آبها به وقوع می پیوندد می توانند احتمال وقوع سونامی در نواحی ساحلی را هشدار دهند.
  - این نوع شبکه ها جهت مطالعات لرزه های زیر دریا نیز به کار می روند.
- - **نظارت بر تجهیزات و سازه های زیر آب :**
  - شبکه های حسگر بی سیم زیر آب این امکان را فراهم می آورند تا بتوان پس از پیاده سازی تجهیزات و سازه های گران قیمت زیر آب، آنها را کنترل و از راه دور بر آنها نظارت داشت.

# کاربردهای شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- - ناوبری :

- تشخیص خطرات بستر دریا
- تشخیص صخره ها و تپه های آبهای کم عمق
- تعیین نقاط مناسب جهت لنگر اندازی
- تشخیص لاشه های غرق شده استفاده شوند.

- - شناسایی معادن :

- به کارگیری همزمان چندین AUV و حسگرهای نوری و صوتی می تواند جهت شناسایی و تشخیص سریع معادن بکار رود.

- - پایش و دیده بانی نظامی توزیع شده :

- با به کارگیری گره های حسگر بی سیم در زیر آب می توان بر عبور زیر دریایی ها نظارت داشت و همچنین این شبکه ها جهت تشخیص موانع و اشیاء و هدف یابی به کار برده شوند.

## چالش های شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- **تاخیر انتشار طولانی و متغیر:**

➤ سرعت امواج صوتی بسیار پایین است و پنج مرتبه کمتر از تاخیر انتشار امواج رادیویی است. علاوه بر این به علت پویایی محیط آب تاخیر انتشار امواج صوتی ممکن است متغیر باشد.

- **پهنای باند موجود بسیار محدود است:**

➤ در بهترین حالت در فاصله ۴۰ کیلومتری پهنای باند ۴۰ کیلوبیت در ثانیه وجود دارد. همچنین با افزایش فاصله پهنای باند موجود کاهش می یابد.

## چالش های شبکه های حسگر بی سیم زیر آب

- به علت استفاده از باتری ، منبع تغذیه و انرژی محدود است. معمولا امکان شارژ مجدد باتری وجود ندارد.
- به علت قرارگرفتن در محیط زیر آب و وجود املاح فراوان در آب دریا، گره های حسگر در معرض فرسودگی قرار دارند .
- به علت وجود پدیده های شکست، محو شدگی و چند مسیریگی ارتباطات زیر آب در معرض خراب شدن قرار دارند.
- نرخ خطای بیتی بالایی دارند و قطعی ارتباط زیاد اتفاق می افتد.
- هزینه تولید بالایی دارند.

## پروتکل های لایه MAC در زیر آب

به علت محدودیت های فراوانی که در محیط زیر آب وجود دارد این پروتکل ها از مکانیزم های زیر استفاده می کنند :

- حالت sleep
- حداقل کردن روش های دست تکانی
- بدست آوردن تاخیر انتشار زیرا تایمرها بر این اساس تنظیم می شوند.
- به علت همزمان نبودن ساعت ها معمولاً از پروتکل های مک رقابتی استفاده می شود
- پروتکل های معروف در این زمینه عبارتند از : R-Mac, UWAN-MAC, Slotted FAMA, T-Lohi, PCAP

## پروتکل های مسیریابی در زیر آب

- به علت وجود تاخیر انتشار های طولانی و وجود خطا معمولا بسته های همه پخش می شوند
- معمولا خوشه بندی (clustering) می شوند
- معمولا به صورت واکنشی (Reactive) عمل می کنند
- معمولا از نوع مبتنی بر موقعیت (geographical) هستند
- پروتکل های معروف در این زمینه عبارتند از: VBF, DBR, HH-VBF, VBVA



## پروتکل های تعیین موقعیت در زیر آب

- به علت محدودیت استفاده از GPS باید بتوانند جز در موارد خاص بدون استفاده از GPS، گره ها را تعیین موقعیت کنند.
- به علت اینکه فضای زیر آب سه بعدی است می بایست از تکنیک های هندسی تعیین موقعیت سه بعدی استفاده نمایند.
- به دلیل پهنای باند محدود و خطای زیاد در محیط زیر آب سربار تبادل پیام کم و بهینه ای داشته باشند.
- به دلیل سیار بودن گره ها باید بتوانند در بازه های زمانی متناوب، تخمین موقعیت دقیقی انجام دهند.
- گره ها با گره های شناور در سطح آب موقعیت یابی می شوند

# منابع

- [1] X. Yang, K. G. Ong, W. R. Dreschel, K. Zeng, C. S. Mungle and C. A. Grimes, "Design of a wireless sensor network for long-term, in-situ monitoring of an aqueous environment", pp. 455-472, 2002.
- [2] N. N. Soreide, C. E. Woody and S. M. Holt, "Overview of ocean based buoys and drifters: Present applications and future needs", in: 16th International Conference on Interactive Information and Processing Systems (IIPS) for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, Long Beach, CA, USA, January 2004.
- [3] J.H. Cui, J. Kong, M. Gerla, and S. Zhou, "Challenges: Building scalable mobile underwater wireless sensor networks for aquatic applications", IEEE Network, Special Issue on Wireless Sensor Networking, pp. 12-18, 2006.
- [4] Sozer EM, Stojanovic M, Proakis JG. Underwater acoustic networks. Ocean Eng, IEEE J 2000;25(1):72-83.
- [5] Vasilescu K, Kotay D, Rus D. "Data Collection, Storage and Retrieval with an underwater Sensor Network", ACM SenSys'05 pp.154-165, 2005.
- [6] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "Underwater acoustic sensor networks: Research challenges", Ad Hoc Networks, pp. 257-279, 2005.
- [7] F. Yunus, H. S. Sharifah, Ariffin and Y. Zahedi, "A Survey of Existing Medium Access Control (MAC) for Underwater Wireless Sensor Network (UWSN)", 2010 Fourth Asia International Conference on Mathematical/Analytical Modelling and Computer Simulation, pp. 544-549, 2010.
- [8] Akyildiz, F., Pompili, D., and Melodia, T. "State of the Art in Protocol Research for Underwater Acoustic Sensor Network", Proceedings of the ACM International Workshop on Underwater Networks (WUWNet), pp. 7-16, Los Angeles CA, September 25th, 2006.
- [9] Manjula.R.B, Sunilkumar S. Manvi. "Issues in Underwater Acoustic Sensor Networks", International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol.3, No.1, pp. 101-110, February, 2011.
- [10] M. Ayaz, A. Abdullah. "Underwater Wireless Sensor Networks: Routing Issues and Future Challenges", MoMM2009, Kuala Lumpur, Malaysia, December 14-16, 2009.

# با تشکر

# • Questions ?