www.NetSimulate.net

بررسی نرم افزارهای مختلف شبیه‌سازی شبکه

علیرضا شیرمرز [۱*]، محمد صادق شیخائی [۲]

۱- محقق و پژوهشگر، *a.shirmarz@aut.ac.ir*

۲- محقق و پژوهشگر، *sadegh.sheikhaei@yahoo.com*

چکیده

شبیه‌ساز شبکه یک برنامه نرم‌افزاری است که برای بررسی و تحلیل عملکرد شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تجهیزات سخت‌افزاری، پیکربندی تجهیزات، پروتکل‌های ارتباطی و مسیریابی و ترافیک شبکه را می‌توان در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مدل کرد و رفتار شبکه و اجزاء آن را از ابعاد مختلفی بررسی نمود. کاربر می‌تواند بر اساس نیاز خود نرم‌افزار شبیه‌سازی را شخصی‌سازی نماید. نرم‌افزارهای شبیه‌سازی کاربردهای متفاوتی دارند و کاربر با شناخت این نرم‌افزارها می‌تواند از ابزار مناسب برای مدل نمودن شبکه خود استفاده کند. در این مقاله چند شبیه‌ساز معرفی شده و ویژگی هرکدام توضیح داده می‌شود و در بخش نتیجه‌گیری با بررسی و مقایسه آن‌ها کارکرد مناسب برای هر شبیه‌ساز بیان می‌شود. شبیه‌سازهای معرفی شده عبارتنداز Glomossim/Qualnet، Omnet++، NS-2، NS3، Opnet، J-Sim، GNS3، IOU و VIRL که همه شبیه‌ساز هستند ولی کارکرد متفاوتی دارند. در بخش بعدی مقدمه‌ای برای بررسی این شبیه‌سازها بیان می‌شود و در بخش‌های بعدی به ترتیب هر شبیه‌ساز بررسی شده و در بخش نتیجه‌گیری با مقایسه اینnرم‌افزارها کارکرد هر کدام بیان می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌ساز، شبکه‌های کامپیوتری، مقیاس، گره و لینک ارتباطی.

۱- مقدمه

برای تحقیقات در زمینه شبکه از مدلسازی ریاضی یا شبیه‌سازی استفاده می‌شود. بررسی رفتار شبکه در جهان واقعی هزینه بالایی دارد. نرم‌افزارهایی برای شبیه‌سازی و مدلسازی شبکه ارائه شده است. این نرم‌افزارها قابلیت مدل نمودن گره‌ها، پیکربندی آن‌ها و لینک‌های ارتباطی بین آن‌ها را به کاربران و طراحان شبکه می‌دهد. نرم‌افزارهای شبیه‌سازی به صورت متن‌باز و تجاری ارائه شده‌اند. محققین با توجه به شرایط شبکه و نیازمندی آن‌ها از ابزار شبیه‌سازی مختلفی استفاده می‌کنند. نرم‌افزارهای ارائه شده برای شبیه‌سازی می‌توانند ساده یا پیچیده باشند که این موضوع در زمان یادگیری کاربران تأثیر دارد. محققین برای بررسی رفتار شبکه بایستی توپولوژی، نوع گره‌ها و رفتار آن‌ها، لینک ارتباطی بین گره‌ها و ترافیک شبکه را مشخص کنند. شبیه‌سازهای پیچیده‌تر انتخاب‌های بیشتری در اختیار محققان قرار می‌دهند تا بتوانند با مقداردهی پارامترهای مختلف اجزاء شبکه را دقیق‌تر تعریف کنند. نرم‌افزارهای شبیه‌سازی می‌توانند واسط کاربری مختلفی داشته باشند. واسط کاربری گرافیکی (GUI) در برخی از این شبیه‌سازها به محققین در مدلسازی شبکه و نمایش رفتار شبکه بر اساس پارامترهای مختلف کمک می‌کند. واسط کاربری مبتنی بر متن (Text-Base) کاربری را سخت‌تر می‌کند و زمان یادگیری را افزایش می‌دهد ولی به کاربر اجازه می‌دهد تا آزادی عمل بیشتری برای شبیه‌سازی داشته باشد.

۲- سابقه تحقیق

شبیه‌سازهای مختلفی برای مدلسازی شبکه تولید شده‌اند. این شبیه‌سازها ویژگی‌های متنوعی دارند و محققان شبکه‌های کامپیوتری و ارتباطات با توجه به نیاز خود از این نرم‌افزارها استفاده می‌کنند. در مقاله [1] پنج شبیه‌ساز از نظر میزان مصرف حافظه و کارایی مورد مقایسه قرار می‌گیرند. شبیه‌سازهای NS2، NS3، Omnet++، SimPy و JiST/SWANS در این مقاله با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در مقاله [2] شبیه‌سازهای مربوط به شبکه‌های بیسیم و پروتکل‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و این شبیه‌سازها از نظر دقت، هزینه و کارایی مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در مقاله [3] کاربرد و کارکرد شبیه‌سازهای شبکه مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- معرفی شبیه‌سازهای مورد نظر

شبیه‌سازهای GLOMOSIM/QUALNET، Omnet++، NS2، NS3، Opnet، J-SIM، GNS3، VIRL و IOU مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند.

۳,۱ شبیه‌ساز GlOMOSIM[1]/QUALNET

شبیه‌ساز Glomosim توسط UCLA طراحی و پیاده‌سازی شده است. این شبیه‌ساز برای مدلسازی شبکه‌های بیسیم در مقیاس گسترده و ارتباطات سیمی دیگر طراحی و پیاده‌سازی شده است. این نرم‌افزار بر اساس رویدادهای گسسته (Discrete-event) شبیه‌سازی را انجام می‌دهد. این شبیه‌ساز قابلیت پردازش موازی (Parallel) رویدادها را نیز دارد. نسخه تجاری شبیه‌ساز Glomosim با نام QualNet ارائه شده است. محصول تجاری این نرم‌افزار در سال ۲۰۰۰ بوسیله ارائه شد. Glomosim و QUALNET چند تفاوت عمده دارند. شبیه‌ساز QualNet با زبان C++ پیاده سازی شده ولی زبان توسعه Glomosim زبان C است. شبیه‌ساز QualNet به صورت تجاری ارائه گردیده ولی Glomosim به صورت متن‌باز منتشر شده است. شبیه‌ساز QualNet در یک سیستم SNT قابل اجرا است ولی Glomosim بر روی سیستم‌های مبتنی بر محاسبات موازی اجرا می‌شود.

شبیه‌ساز Qualnet در هسته خود می‌تواند رویدادهای گسسته با به صورت موازی مدیریت و زمانبندی نماید. این شبیه‌ساز قابلیت مقیاس‌پذیری و جابجایی دارد. کاربران می‌توانند شبکه‌های وسیع و گسترده‌ای با هزاران گره توسط این شبیه‌ساز مدلسازی کنند. این نرم‌افزار کتابخانه‌های مختلفی برای شبیه‌سازی دارد که به کاربر امکان مدلسازی شبکه‌های مختلف را می‌دهد. این شبیه‌ساز می‌تواند برای شبیه‌سازی شبکه‌های چندرسانه‌ای (Multimedia)، شبکه‌های Enterprise، شبکه‌های بیسیم، شبکه‌های ماهواره، سلولار، فناوری UMTS، فناوری وایمکس، شبکه‌های سنسور و رادیویی مورد استفاده قرار گیرد. این نرم‌افزار برروی سیستم‌عامل لینوکس نصب می‌شود. نرم‌افزار Qualnet دارای واسط گرافیکی قدرتمندی است. این واسط گرافیکی از چند ویرایشگر تشکیل شده است که به کاربران امکان ایجاد توپولوژی‌های مختلف شبکه، تحلیل کارایی شبکه و اجزاء آن، بررسی بسته‌ها و استخراج نتایج گرافیکی (مانند نمودارها و گراف) با اعمال شرایط مختلف را می‌دهد. این شبیه‌ساز واسطی را که مبتنی بر دستور (Command) است، در اختیار کاربران قرار می‌دهد و کاربران با استفاده از این ویرایشگر می‌توانند با نرم‌افزار ارتباط برقرار کنند. محققین می‌توانند برای طراحی یا بهبود پروتکل از این شبیه‌ساز استفاده کنند. محققین می‌توانند کارایی شبکه‌های بزرگ سیمی و بیسیم را بوسیله این نزم‌افزار ارزیابی کنند. این نرم‌افزار می‌تواند عملکرد سخت‌افزارها، نرم‌افزارها و سرویس‌های Real-Time را مورد ارزیابی و بررسی قرار دهد. نرم‌افزار Qualnet برای شبیه‌سازی یک شبکه وسیع و گسترده بایستی برروی یک سیستم با چند هسته یا پردازنده نصب شود یا از چند سرور خوشه‌ای (Cluster) برای شبیه‌سازی استفاده کند.

[1] Global Mobile Information System Simulator

در مورد واسط گرافیکی نرم‌افزار Qualnet نظرات متنوعی وجود دارد. نویسندگان مقاله [4] معتقند که واسط نرم‌افزار شبیه‌سازی Qualnet ساده‌تر از Opnet است ولی در تجربه بررسی ما واسط گرافیکی Opnet ساده‌تر و کاراتر به نظر رسید. این نرم‌افزار مقیاس‌پذیری بوده و با توجه به سخت‌افزار کامپیوتر خانگی یا لپ‌تاپ مورد استفاده و وسعت شبکه سرعت اجرای بالایی دارد.

۳,۲ شبیه‌ساز Omnet++ [5]

این شبیه‌ساز متن‌باز، مبتنی بر مولفه (Component) و پیمانه‌ای (Modular) است. رخدادها در این شبیه‌ساز به صورت گسسته برنامه‌ریزی می‌شوند. این شبیه‌ساز رایگان بوده و در پروژه‌های دانشگاهی و تحقیقاتی کاربرد دارد. این نرم‌افزار با هدف شبیه‌سازی ارتباطات شبکه‌ای طراحی شد ولی با توجه به معماری انعطاف‌پذیری که این نرم‌افزار داشت توانست در شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده فناوری اطلاعات، شبکه‌های مبتنی بر پرس و جو (Query) و معماری سخت‌افزارها مورد استفاده قرار گیرد. این شبیه‌ساز بین محققین و کاربران تجاری محبوبیت بسیاری دارد. این نرم‌افزار شبیه‌سازی روی سیستم‌عامل لینوکس، دیگر سیستم‌عامل‌های مبتنی بر Unix و سیستم عامل ویندوز قابلت نصب دارد. این شبیه‌ساز یک ویرایشگر گرافیکی (GNED[۲]) دارد که کاربر می‌تواند با استفاده از این ویرایشگر توپولوژی مورد نظر خود را در نرم‌افزار طراحی نماید. ساختار شبکه و توپولوژی در این نرم‌افزار بسیله زبان NED[۳] انجام می‌شود که به صورت یک فایل در خروجی با پسوند (ned.) ذخیره می‌شود. این شبیه‌ساز کتابخانه‌های مختلفی برای ایجاداجزاء مختلف شبکه دارد. کاربر می‌تواند از طریق محیط گرافیکی یا از طریق دستور (Command) شبیه‌سازی را اجرا کند. این نرم‌افزار از مولفه‌های ساده (Simple)، مرکب (Compound)، دروازه (Gate) و کانال (Channel) تشکیل شده است. مولفه ترکیبی از چند مولفه ساده که با یکدیگر در ارتباطند تشکیل شده است. ساختار پیمانه‌ای و سلسله‌مراتبی به کاربران اجازه شبیه‌سازی شبکه‌های پیچیده و گسترده را می‌دهد. در این نرم‌افزار ارتباط بین مولفه‌ها بوسیله تبادل پیام انجام می‌شود. این پیام‌ها می‌توانند نقش‌های مختلفی داشته باشند به عنوان نمونه این پیام‌ها می‌توانند نقش بسته در شبکه را بازی کنند. دروازه به عنوان درگاهی ورودی و خروجی مولفه‌ها عمل می‌کند. مولفه‌ها پیام‌های ورودی را از دروازه دریافت می‌کنند و هنگام ارسال پیام نیز از دروازه به عنوان واسط خروجی استفاده می‌کنند. مولفه‌ها برای ارتباط با یکدیگر پارامترهای نرخ داده (Data Rate)، نرخ خطای بیتی (Bit Error Rate)، نرخ خطای بسته‌ای (Packet Error Rate) و تأخیر انتشار (Propagation Delay) را مقداردهی می‌کنند و با آنها را غیرفعال

[2] graphical network editor
[3] Network Description

می‌کنند. فایل‌های مختلف شبیه‌سازی با یکدیگر همکاری کرده و شبیه‌سازی انجام می‌شود. فایل (.ned) ساختار و توپولوژی شبکه را همراه با پارامترها و دروازه‌ها در خود ذخیره کرده، فایل (.msg) نوع پیام و ساختار داده‌ای آن را مشخص می‌کند و مولفه‌های ساده که به زبان C++ نوشته شده است در دو فایل (.h) و (.cpp) ذخیره می‌شوند. هر مولفه در یک پنجره قابل رویت و ویرایش است. نتایج به صورت شهودی و گرافیکی به کاربر ارائه می‌شود.

۳,۳ شبیه‌ساز NS2

نرم‌افزار شبیه‌سازی NS2 متن‌باز بوده و رویدادها را به صورت گسسته زمانبندی نموده و شبیه‌سازی می‌کند. دانشگاه UC Berkeley این شبیه‌ساز را پیاده سازی کرده است. این نرم‌افزار بر روی سیستم‌عامل‌های UNIX، Free BSD و ویندوز قابل نصب است [6]. شبیه‌ساز NS-2 بخشی از پروژه VINT[۴] است. این شبیه‌ساز برای شبکه‌های محدود و کوچک طراحی شده و پروتکل‌های زیادی توسط این نرم‌افزار شبیه‌سازی شده است. برای شبیه‌سازی با این نرم‌افزار به سه زبان برنامه‌نویسی نیاز است. زبان TCL برای ایجاد ساختار و توپولوژی شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد و زبان OTCL برای تعریف پارامترهای شبیه‌سازی مورد نیاز است. کاربران از زبان C++ برای پیاده‌سازی پروتکل‌ها و عامل‌ها (Agent) استفاده می‌کنند. فرمت خروجی این شبیه‌ساز مبتنی بر فایل است. به فایل‌های خروجی این شبیه‌ساز Trace File گفته می‌شود که این فایل‌ها یک فرمت عمومی دارد و یک فرمت برای خروجی گرافیکی NAM دارد و همچنین می‌توان Trace File را بنابر نیاز کاربر شخصی سازی نمود. یکی از اشکالات این نرم‌افزار شبیه‌سازی شبکه‌های Real-Time است. این نرم‌افزار در پروژه‌های تحقیقاتی محبوبیت دارد و برای شبیه‌سازی پروتکل‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳,۴ شبیه‌ساز NS3

طراحی و پیاده‌سازی شبیه‌ساز ns-3 در فاصله زمانی ۲۰۰۴- ۲۰۰۵ شروع شد. یک تیم با مدیریت تام هندرسون از دانشگاه واشینگتون به همراه دو نفر دیگر و جورج رایلی موسسه فناوری جورجیا شروع به فعالیت کردند. هدف جایگزینی شبیه‌سازی برای ns2 بود. در فرآیند توسعه NS-3 سازگاری با NS-2 اساسا به خاطر سربار بالای نگهداری نادیده گرفته شد. شبیه‌ساز NS3 از ابتدا با زبان برنامه نویسی++C نوشته شد. اولین نسخه از NS3 در سال ۲۰۰۸ ارائه گردید. این نرم‌افزار توپولوژی، لینک ارتباطی و پروتکل‌های مختلف شبکه را مدل می‌کند و خروجی‌های مختلفی ارائه می‌شود که می‌توان با XGraph و گنوپلات شهودی سازی نمود.

[4] Virtual Inter-Network Test bed

۳,۵ شبیه‌ساز OPNET

این نرم‌افزار به صورت تجاری ارائه شده و برای استفاده از آن به مجوز نیاز است. این نرم‌افزار بستر مناسبی را برای مدلسازی، شبیه‌سازی و ارزیابی کارایی شبکه‌های سیمی و بیسیم آماده کرده است. این نرم‌افزار از شبکه‌های مختلف و سیستم‌های توزیع‌شده پشتیبانی می‌کند. این نرم‌افزار برروی سیستم‌عامل‌های ویندوز XP، 2000، لینوکس و سولاریس قابل نصب است. محیط شبیه‌سازی OPNET گرافیکی بوده و ابزارهای مختلفی را در اختیار کاربران قرار می‌دهد [6]. کاربر می‌تواند با مدلسازی سناریوها و ترافیک مختلف شبکه را شبیه‌سازی نماید و آن شبکه را بر اساس پارامترهای مشخصی ارزیابی نماید. کاربر می‌تواند در شبیه‌ساز OPNET چندین سناریو تعریف کند. این نرم‌افزار از چندین ویرایشگر تشکیل شده است. یک ویرایشگر مرکزی برای کنترل ویرایشگرهای دیگر وجود دارد و این ویرایشگرها به صورت سلسله مراتبی عمل می‌کنند. ویرایشگر گره برای پیکربندی گره و رفتار آن تعریف شده و ویرایشگر دیگری برای تعریف فرمت بسته در این شبیه‌ساز وجود دارد. این نرم‌افزار ویرایشگر تعریف فرآیند نیز دارد که فرآیند رفتاری شبکه را مشخص می‌کند. این نرم‌افزار به کاربران اجازه می‌دهد تا نتایج مورد نظر خود را با انتخاب پارامترهای مشخصی به دست آورند. این شبیه‌ساز می‌تواند با ساختار سلسله مراتبی خود مدلسازی‌های پیچیده را پشتیبانی کند. شبیه‌ساز OPNET در سه حوزه عمل می‌کند که عبارتند از:

- حوزه شبکه‌های مختلف مانند LAN, MAN, WAN و بیسیم برای ارزیابی ترافیک در این شبکه‌ها
- حوزه رفتاری گره‌ها مانند قابلیت دریافت، پردازش و ارسال بسته در گره‌های مختلف مورد استفاده
- حوزه‌های مبتنی بر رفتار شبکه مانند قابلیت صف و ارتباط بین آن‌ها

این نرم‌افزار بر اساس پارامترهای انتخاب شده توسط کاربر خروجی مناسب را به صورت شهودی در اختیارش قرار می‌دهد. این نرم‌افزار برای مباحث تحلیل ترافیکی در شبکه‌های مختلف کاربرد ویژه‌ای دارد.

۳,۶ شبیه‌ساز J-SIM

نرم‌افزار شبیه‌سازی J-SIM[5] براساس یک معماری مبتنی بر مولفه (Component) طراحی شده که در این معماری مولفه‌ها قابلیت خودگردانی (ACA[6]) دارند. این نرم‌افزار به صورت رایگان در اختیار محققین و طراحان

[5] Java Simulator
[6] Autonomous Component Architecture

شبکه قرار گرفته است [8]. این شبیه‌ساز یک پلت فرم برای شبیه‌سازی شبکه‌های مختلف با نام INET[۷] در اختیار کاربران قرار داده است. این شبیه‌ساز ساختاری مشابه با معماری OMNET++ دارد. این نرم‌افزار قابلیت شبیه‌سازی شبکه‌های Real-Time را در اختیار کاربران قرار می‌دهد و بر خلاف شبیه‌سازهای مبتنی بر رویداد گسسته که در زمان مشخص و با برنامه ریزی رخدادها را مدیریت می‌کرد به صورت Real-Time شبیه‌سازی را انجام می‌دهد. کاربران برای استفاده از این شبیه‌ساز به دو زبان نیاز دارند. این نرم‌افزار به زبان JAVA برای مدلسازی و پیاده‌سازی شبکه نیاز دارد و برای پیکربندی و کنترل شبیه‌سازی در Run-Time به یک زبان اسکریپتی نیاز دارد. این نرم‌افزار از زبان‌های اسکریپتی TCL، Perl و Python پشتیبانی می‌کند. این نرم‌افزار به صورت پیش‌فرض از زبان TCL خاصی با نام RUV[۸] برای اجرا به صورت Run-Time پشتیبانی می‌کند. نتایج شبیه‌سازی به سه روش Trace File، گراف X-Y و NAM قابل استخراج است. این شبیه‌ساز از ابعاد مختلفی شبیه به Omnet++ است. این نرم‌افزار به صورت مولفه‌ای کار می‌کند به همین دلیل می‌تواند ساختار شبکه مدلسازی شده را در یک فایل XML ذخیره کند. واسط گرافیکی شبیه‌ساز Omnet++ از ابزارهای بیشتری بهره می‌برد و از این جهت J-Sim کارایی کمتری نسبت به Omnet++ دارد.

۳,۷ شبیه‌ساز GNS3

نرم افزار GNS3[۹] یک ایمولاتور شبکه است. هسته این نرم افزار Dynamips است که IOS های سیسکو و Juniper را اجرا می‌کند. در واقع GNS3 یک پوستهٔ گرافیکی برای Dynamips است [9]. این نرم افزار متن‌باز بوده و پروانه آن از نوع GPL است. نرم افزار GNS3 برروی سیستم عامل‌های لینوکس، Mac و ویندوز قابل اجرا است. هر دستوری که در سوئیچ‌ها و روترهای سیسکو قابل اجرا است، در GNS3 نیز قابل اجرا خواهد بود با این تفاوت که توان گذردهی GNS3 محدود به ۱۰۰۰ بسته در ثانیه است اما توان گذردهی دستگاه‌های واقعی صدها یا هزاران برابر این مقدار می‌باشد. بنابراین GNS3 نمی‌تواند جای یک روتر واقعی را بگیرد اما ابزار مناسبی برای یادگیری و انجام آزمایشات شبکه است.

۳,۸ شبیه‌ساز VIRL

نرم‌افزار شبیه‌سازی VIRL[۱۰] یک پلتفرم جامع برای طراحی و شبیه‌سازی شبکه است و نام دیگر آن CML[۱۱] می‌باشد. این پلتفرم دارای یک رابط گرافیکی[۱۲] قدرتمند برای طراحی شبکه و کنترل شبیه‌سازی است. در این

---

7 Internetworking
8 Run-Time Virtual
9 Graphical Network Simulator-3
10 Virtual Internet Routing Lab
11 Cisco Modeling Lab

پلتفرم قسمت طراحی شبکه (رابط گرافیکی) از قسمت اجرای شبیه‌سازی کاملا مجزا است به نحوی که می‌توان طراحی را برروی یک کامپیوتر ساده یا لپ‌تاپ انجام داد و طرح را برروی یک سرور قدرتمند اجرا نمود. این دو قسمت به وسیله فایلهای متنی xml با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. لایه کنترلی این پلتفرم از ماشین‌های مجازی Linux KVM hypervisor و OpenStack استفاده می‌کند و دارای APIهای قدرتمندی برای ایجاد و کنترل این ماشین‌های مجازی در توپولوژی شبکه‌ای که شبیه‌سازی شده می‌باشد [10].

در این پلتفرم کاربر به وسیله یک رابط طراحی و کنترلی به نام VM Maestro شبکه مورد نظر خود را با روترها، سوئیچ‌ها، سرورها و دیگر عناصر شبکه که بصورت مجازی در اختیارش قرار می‌گیرد طراحی می‌کند. سپس این طرح به مجموعه‌ای از ماشین‌های مجازی که IOSهای واقعی سیسکو را اجرا می‌کنند تبدیل می‌شود. از این پلتفرم به منظور یادگیری، تست شبکه، مطالعه رفتار و پیکربندی پروتکل‌های مسیریابی و آزمایش تغییرات برروی شبکه‌های موجود استفاده می‌شود. در این پلتفرم امکان اتصال به شبکه‌های واقعی، تجهیزات واقعی و سرورهای واقعی وجود دارد.

۳,۹ شبیه‌ساز IOU

هسته IOU[۱۳] یک ایمولاتور IOS برروی Linux است که توسط شرکت سیسکو برای پرسنل بخش تحقیقاتی این شرکت طراحی و پیاده‌سازی شد. قبل از این شبیه‌ساز از ایمولاتور Dynamips با رابط گرافیکی GNS3 استفاده می شد. تفاوت اصلی آنها در میزان مصرف منابع در اختیار شبیه‌ساز است. هسته IOU، محیطی کاملا اجرایی برای استفاده از IOS های سیسکو است که بر پایه سیستم عامل لینوکس کار می کند. هدف اولیه ایجاد IOU ، برای پرسنل شرکت سیسکو بود تا با استفاده از آن دیگر نیاز به داشتن یک آزمایشگاه گران قیمت با تجهیزات سخت افزاری نباشد. این هسته شبیه‌ساز به کارکنان سیسکو امکان مطالعه و تحقیق را بوسیله یک کامپیوتر معمولی می‌دهد. کاربران با استفاده از سه واسط محیط لینوکس، GNS3 و صفحه وب با IOU ارتباط برقرار می‌کنند. نسخه‌های جدید این نرم‌افزار هر چند ماه یکبار منتشر می‌شود که نسخه آخر آن تا سال ۲۰۱۵ نسخه ۱,۲,۳ است. کاربران برای استفاده از این شبیه‌ساز اهداف زیر را دنبال می‌کنند [11].

۱) بدست آوردن اطمینان از صحت طراحی شبکه انجام شده،
۲) محک زدن مفاهیم شبکه ای،
۳) انجام آزمایش های شخصی و آمادگی جهت شرکت در آزمون‌های رسمی.

---

[12] GUI

[۱۳] IOS on Unix

این هسته کلیه IOSهای سیسکو را پشتیبانی می‌کند ولی این هسته در لایه ۲ محدودیت‌هایی در شبیه‌سازی صوت، کیفیت سرویس و EtherChannel دارد. این نرم‌افزار شبیه‌سازی بر اکثر پلتفرم‌ها مانند Oracle VirtualBox ,VMWare، Virtual PC و HyperV قابل اجرا است.

۱) بررسی و مقایسه شبیه‌سازهای شبکه

در این بخش نرم‌افزارهای شبیه‌سازی از نظر مجوز استفاده که می‌تواند تجاری یا متن‌باز باشد مورد مقایسه قرار می‌گیرد. زبان مورد پشتیبانی شبیه‌سازها، کاربرد، پشتیبانی از نرم‌افزار، زمان‌یادگیری، واسط گرافیکی، مقیاس شبیه‌سازی، سیستم‌عاملی که نرم‌افزار قابل نصب است، ابزار آنالیز و شبیه‌ساز وخروجی های مختلف از موارد مقایسه‌ای در این جدول است.

جدول ۱. مقایسه شبیه‌سازهای مختلف شبکه

شبیه‌ساز / ویژگی	Qualnet	OMNET++	NS-2	NS-3	OPNET	J-SIM	GNS 3	IOU	VIRL
اولین نسخه	۲۰۰۰	۱۹۹۷	۱۹۹۶	۲۰۰۸	۲۰۰۰	۲۰۰۲	۲۰۰۶	-	۲۰۱۴
مجوز استفاده	تجاری	متن‌باز	متن‌باز	متن‌باز	تجاری	متن‌باز	متن باز	تجاری	تجاری
زبان مورد نیاز	C++	C++ و C	TCL,OTCL, C++	C++ و Python	C	Java, Python, Perl, TCL	-	-	-
راهنمایی و پشتیبانی از کاربر	عالی	خوب	ضعیف	ضعیف	عالی	خوب	عالی	ضعیف	خوب
کاربرد	Net./sys	Net./sys	Net./sys	Net./sys	Net./sys	Net./sys	Net	Net	Net
زمان یادگیری	کم	متوسط	زیاد	کم	زیاد	متوسط	کم	متوسط	کم
پشتیبانی از تحرک گره‌ها	بله	بله	بله	بله	بله	بله	خیر	خیر	خیر
واسط گرافیکی	عالی	خوب	ضعیف	ضعیف	عالی	ضعیف	عالی	خوب	عالی

مقیاس شبیه‌سازی	بزرگ	کوچک	کوچک	بزرگ	متوسط	کوچک	بزرگ	بزرگ
سیستم‌عامل مورد پشتیبانی	لینوکس	لینوکس، Mac و یونیکس	لینوکس، یونیکس، MAC و ویندوز	لینوکس، یونیکس، Mac و ویندوز	C, C++, Opnet Modeler Software	Matlab	لینوکس، Mac، ویندوز	لینوکس ، یونیکس	لینوکس
ابزار آنالیز موجود در نرم‌افزار	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
شهودی سازی شبکه	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
امکانات تعریف و تغییر سناریو	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ایجاد Trace File	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–	–	✓
قابلیت تعامل با سیستم واقعی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	–
قابلیت ارتباط با مولفه‌های دیگر	✓	–	–	–	✓	–	–	–	–
امکان شبیه‌سازی سریع	✓	–	–	–	✓	–	✓		✓

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی انجام شده می‌توان نرم‌افزارهای شبیه‌سازی را به دو گروه تقسیم کرد. گروه اول نرم‌افزارهای تحقیقاتی و دانشگاهی است. محققان برای اثبات عملکرد پروتکل یا مفاهیم دانشی شبکه به مدلسازی و استخراج نتایج حاصل از شبکه‌ها نیاز دارند برای این منظور نرم‌افزارهای شبیه‌سازی اجزائی چون گره و رفتار گره‌ها، توپولوژی، نرخ داده، نوع لینک فیزیکی و دیگر پارامترهای شبکه را از کاربر گرفته و شبکه مورد نظر را مدل می‌کنند و طبق نیاز خود نتایج را به صورت شهودی می‌توانند مشاهده کنند. این نرم‌افزارها اکثراً متن‌باز هستند ولی نرم‌افزارهای تجاری نیز در این گروه وجود دارند. گروه دوم نرم‌افزارهای تجاری، آموزشی و صنعتی

هستند که کاربرد آن‌ها برای طراحی شبکه‌های گسترده و محلی است. در برخی موارد شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات شبکه برای آموزش کارکنان خود و طراحی شبکه‌های مبتنی بر این تجهیزات شبیه‌سازهایی ارائه کردند که در اینجا آن‌ها معرفی و بررسی شده‌اند.

در این مقاله نرم‌افزارهای مختلف شبکه مورد بررسی قرار گرفتند و با یکدیگر مقایسه شدند. کارکرد هر کدام از نرم‌افزارها نشان می‌دهد که آن‌ها در چه گروهی قرار دارند. محققان و طراحان می‌توانند با استفاده از این مقاله و گروهبندی این نرم‌افزارها بهترین و مناسب‌ترین شبیه‌ساز را برای کار خود انتخاب کنند. نرم‌افزارهای QUALNET/GLOMOSIM، OMNET++، NS2، NS3، OPNET و J-Sim از نظر کاربرد در گروه کاربرد تحقیقاتی و دانشگاهی قرار می‌گیرد. محققان دانشگاهی برای مدلسازی و اثبات تحقیقات خود در زمینه شبکه از این شبیه‌سازها استفاده می‌کنند. تحرک‌گره‌ها یکی از ویژگی‌هایی است که اغلب در شبیه‌سازهای گروه دانشگاهی وتحقیقاتی وجود دارد. شبکه‌های ساخت‌یافته، غیرساخت‌یافته و ترکیبی توسط این نرم‌افزارها قابل شبیه‌سازی هستند. شبکه‌های اقتضایی (Ad Hoc)، اقتضایی بین خودرویی (VANET)، حسگر بیسیم (WSN[۱۴]) و شبکه‌های بیسیم دیگر در این شبیه‌سازهای دانشگاهی و تحقیقاتی قابل مدلسازی هستند. از میان نرم‌افزارهای تحقیقاتی و دانشگاهی دو نرم‌افزار QUALNET و OPNET تجاری هستند ولی بقیه نرم‌افزارها متن‌باز هستند. گروه دوم که تجاری، آموزشی و صنعتی است برای طراحی و ارزیابی شبکه‌های LAN/MAN/WAN ارائه شدند. برخی شرکت‌های سازنده تجهیزات برای آماده‌سازی کارکنان خود و طراحان شبکه برای استفاده از تجهیزات خود، نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مختلفی طراحی و پیاده‌سازی کرده‌اند که در این گروه قرار می‌گیرند. یکی از این شرکت‌ها که در ارائه محیط شبیه‌ساز فعال بوده است شرکت سیسکو است. برای بررسی پیکربندی و عملکرد شبکه از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی مانند GNS3، IOU و VIRL استفاده می‌شود که توسط شرکت سازنده سیسکو ارائه شده‌اند. این سه شبیه‌ساز IOS شرکت‌های سازنده تجهیزات شبکه مانند سیسکو و جونیپر را پشتیبانی می‌کنند. شبیه‌ساز OPNET در دو گروه کاربرد دارد و برای طراحی شبکه‌های گسترده و بررسی ترافیک، رفتار پروتکل‌های مختلف شبکه مانند مسیریابی، توپولوژی و کارایی در شبکه‌های گسترده از OPNET استفاده می‌شود.

[14] Wireless Sensor Network

۵- مراجع

[۱] "A Performance Comparison of Recent Network Simulators تألیف"، *Communications, 2009. ICC '09. IEEE International Conference* ،Germany ۱۸-۱۴ ،June 2009 .

[۲] P. Janacik ،L. Lachev و D. Orfanus" ،Comparative Study of Wireless Network Simulators "، تألیف*Seventh International Conference* ،Paderborn .۲۰۰۸ ،

[۳] M. K. -. E. línea" ،A Survey of Network Simulators Supporting Wireless Networks "، Middle East Technical University ،October 22, 2008 .

[۴] S. J. Vinita Mishra" ،Analysis and comparison of different network simulators تألیف "، *Special Issue for International Technological Conference* ،University of Mumbai, India ، .۲۰۱۴

[۵] Available: https://omnetpp.org/.

[۶] Available: http://www.isi.edu/nsnam/ns/.

[۷] Available: www.opnet.com.

[۸] Available: https://sites.google.com/site/jsimofficial/j-sim-tutorial.

[۹] Available: http://www.gns3.com/.

[۱۰] Available: virl.cisco.com.

[۱۱] Available: www.routereflector.com/cisco/cisco-iou-web-interface.

[۱۲] "Analysis and comparison of different network simulators "،*International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM* رقم ،Special Issue for

International Technological Conference .۲۰۱۴ ،