

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI Scopus

مركز آموزش آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

# بررسی و بهبود شبکه ارتباطی شرکت برق شهرستان مشهد بر اساس شبیه‌سازی مبتنی بر تکنیکهای زمانبندی

محمد حسین یغمایی مقدم، محمد علیشاهی، مسعود حیدری، محسن ذبیحی

شرکت توزیع برق شهرستان مشهد

مشهد، ایران

[yaghmaee@ieee.org](mailto:yaghmaee@ieee.org)

## ۱. مقدمه

یکی از مهمترین مسائل در شبکه‌های هوشمند برق این است که یک سیستم ارتباطی با قابلیت اطمینان و امنیت دو طرفه آنها به آنها برای AMI‌ها ایجاد کنیم. سیستم AMI با هدف ارائه آگاهی از میزان مصرف انرژی به مصرف کنندگان و توانایی نظارت و کنترل اجزای سیستم الکتریکی بوجود آمده است. با پیشرفت تکنولوژی در زمینه صنعت برق و گستردگی شبکه‌های توزیع و انتقال برق، نیاز به اتوماسیون و مانیتورینگ این شبکه‌ها احساس می‌شود. در چند ساله اخیر ضرورت استفاده از سیستم های اتوماسیون در کلیدهای هوایی به دلایل مختلف مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از اتوماسیون در کلیدهای هوایی مزایای زیادی دارد، از جمله این

- مدیریت تعداد زیاد کلیدهای نصب شده در شبکه.
- دسترسی سریع به این تجهیزات با توجه به گستردگی نقاط از لحاظ جغرافیایی.
- کم کردن هزینه‌هایی که برای دسترسی به کلیدها در نقاط مختلف لازم است و بطور طبیعی کم کردن خطرات متعاقب آن.

از مهمترین عواملی که می‌تواند قابلیت یک سیستم اتوماسیون را تضمین نماید برقراری یک مسیر ارتباطی مطمئن برای انتقال اطلاعات بین نقاط می‌باشد. در واقع شبکه‌های مخابراتی، اصلی‌ترین بخش سیستم‌های اتوماسیون را تشکیل داده و بالا بودن ضریب اطمینان شبکه منجر به افزایش کیفیت سیستم اتوماسیون می‌شود. شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد در پی پیشبرد طرحهای اتوماسیون خود در نظر دارد، شبکه مخابرات بیسیم

چکیده — امروزه با پیشرفت روز افزون تکنولوژی در زمینه صنعت برق و همچنین گستردگی شبکه‌های برق، نیاز شدیدی به سیستم های اتوماسیون و مانیتورینگ شبکه‌های توزیع و انتقال نیروی برق احساس می‌شود، به عنوان مثال از ادواتی که در چند ساله اخیر ضرورت استفاده از سیستم های اتوماسیون در آنها به مقدار چشمگیری مد نظر قرار گرفته، کلیدهای هوایی هستند که به دلایل مختلف استفاده از اتوماسیون در آنها مزایای زیادی دارد. از مهمترین عواملی که می‌تواند قابلیت یک سیستم اتوماسیون را تضمین نماید برقراری یک مسیر ارتباطی مطمئن برای انتقال اطلاعات بین نقاط می‌باشد. در واقع شبکه‌های مخابراتی، اصلی‌ترین بخش سیستم‌های اتوماسیون را تشکیل داده و بالا بودن ضریب اطمینان شبکه منجر به افزایش کیفیت سیستم اتوماسیون می‌شود. ما در این مقاله نوعی از معماری شبکه مش با چند دروازه خروجی را مورد بررسی قرار می‌دهیم که کارایی بالا و قابلیت اطمینان شبکه ارتباطی را در شرایط اضطراری بوجود آمده در شبکه تضمین می‌کند. در چنین شرایطی بسته‌های داده زنجاری در یک شبکه ایجاد می‌شوند و از دحام زنجاری را بوجود می‌آورند.

واژه‌های کلیدی — شبکه هوشمند برق؛ الگوریتم‌های Back-Pressure؛ مسیر یابی؛ شبکه‌های توزیع و انتقال نیروی برق؛

نوری در نقاط مهم شرکت توزیع، از جمله امورهای نواحی که در ناحیه های مختلف شهر مشهد قرار دارند، به هم متصل لند و یک شبکه داخلی بزرگ را تشکیل می دهند. مشخصات شبکه موجود عبارتست از:

- نوع فیبر: Single Mode, 12 Core .
- نوع سوئیچ: Cisco Catalyst 3750 با ۲۴ پورت.
- پروتکل ارتباطی: TCP/IP .

از آنجائیکه سرعت شبکه نوری در حد بسیار بالایی قرار دارد، در هنگام محاسبه Response Time به عنوان یک عامل موثر در کاهش پاسخ زمانی، می توان از تاخیر در این نقاط صرف نظر کرد.

## ۲.۱. چگونگی ارتباط بخش نوری و رادیویی شبکه

به علت اینکه شبکه از دو Media ی مختلف (فیبر نوری و Wireless) تشکیل شده و شبکه نوری به عنوان Backbone استفاده می شود، برای انتقال داده های کلیدهای هوایی به مرکز کنترل، سیستم رادیویی بایستی به شبکه نوری متصل شود به همین منظور Modem های رادیویی موجود در مراکز، توسط مبدل های (Ethernet/ Serial RS232) به سوئیچهای نوری متصل می گردد. به منظور بهره گیری از سیستم Remote Diagnostic و Remote Configuration، پورت Configuration مودمها را نیز به سوئیچ متصل می کنیم که در نتیجه آن، امکان مانیتورینگ سیستم رادیویی (کلیه نقاط موجود در شبکه) را از مرکز کنترل خواهیم داشت.

## ۲.۲. پروتکل ارتباطی

پروتکل ارتباطی استفاده شده در این سیستم DNP است که مختصر عبارت Distributed Network Protocol می باشد. در «شکل ۱» ساختار پروتکل DNP نشان داده شده است. مقدار Payload هر Frame از اطلاعات بستگی به میزان داده های آنالوگ و دیجیتال آن دارد. با توجه به میزان داده های آنالوگ و دیجیتال و بایتهای اختصاص یافته به هر Point آنالوگ و دیجیتال در پیکربندی سیستم، مقدار Payload تغییر می کند.

خود را که در حال حاضر حدود ۲۸۰ نقطه را تحت پوشش دارد به حدود ۸۰۰ نقطه افزایش دهد. از جماع بارزترین مسائل در طراحی شبکه مخابراتی قابلیت اطمینان بسیار بالای شبکه می باشد به گونه ای که این شبکه بتواند تحت شرایط گوناگون، ثبات و پایداری خود را حفظ کرده و از کیفیت بالایی برخوردار باشد. در طراحی این شبکه، سعی بر آن بوده که بتوان یک ارتباط پایدار با ضریب اطمینان بالا برای سیستم اتوماسیون ایجاد کرد. علاوه بر این مسائل وجود الگوریتم های مسیریابی بروز، باعث افزایش سرعت مسیریابی بسته ها در همه لایه های ارتباطی بدون ازدحام و اتلاف بسته ها می گردد.

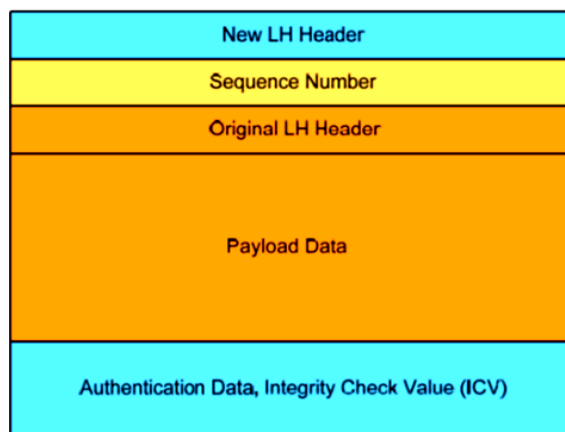
## ۲. طراحی شبکه

در طراحی هر شبکه مخابراتی بایستی نکات متعددی را با توجه به کاربرد آن شبکه در نظر گرفت. از جمله می توان به ظرفیت مورد نیاز شبکه، نوع اطلاعاتی که شبکه انتقال می دهد، حجم اطلاعات انتقالی، درصد قابلیت اطمینان شبکه، تعداد تقریبی کاربر و یا ایستگاههای موجود، توزیع جغرافیایی، نحوه دسترسی، چگونگی ارتباط با سیستم های ارسال و دریافت کننده اطلاعات و ... اشاره کرد. بارزترین نکته ای که در طراحی شبکه مخابراتی سیستم اتوماسیون کلیدهای هوایی شرکت توزیع مورد توجه قرار می گیرد قابلیت اطمینان بسیار بالایی است که برای این قبیل شبکه ها مورد نیاز می باشد، زیرا حساسیت شبکه توزیع ایجاب می کند که سیستم اتوماسیون هیچگونه قطعی ارتباط نداشته باشد. برای دستیابی به این سطح کیفیت، طراحی شبکه بایستی به گونه ای انجام گیرد که نقاط موجود دارای بالاترین سطح دریافت سیگنال نسبت به نقاط مرکزی یا همان جمع کننده اطلاعات باشند، تا بتوانند دریافت سیگنال قابل قبولی داشته باشند. از جمله نکاتی که در طراحی این سیستم برای دستیابی به کیفیت بالای شبکه مد نظر قرار گرفته اند، می توان به سطح سیگنال دریافتی، Margin قابل قبول برای سیستم، Response Time مناسب شبکه و Bit Error Rate پایین اشاره کرد. در طراحی هر شبکه مخابراتی قابلیت گسترش شبکه به تعداد نقاط بیشتر، از فاکتورهای مهمی است که شبکه را به عنوان یک شبکه با قابلیت بالا معرفی می کند. به علت پراکندگی و تعداد زیاد نقاط موجود در این سیستم و به منظور افزایش سرعت شبکه از چند نقطه مختلف به عنوان مرکز جمع آوری داده استفاده شده است، به گونه ای که داده های کلیدهای هوایی به این مراکز مخابره شده واز آنجا به مرکز کنترل اصلی انتقال می یابد. قبل از پرداختن به مشخصات نقاط کنونی لازم است توضیحاتی در مورد شبکه فیبرنوری شرکت توزیع برق شهرستان مشهد ارائه شود، زیرا این شبکه با قابلیت هایی که دارد به عنوان یک زیرساخت مناسب استفاده می شود. شبکه

آماده ارسال داده می شوند. مسئله دیگری که ممکن است در اینجا به عنوان سؤال مطرح شود، ارتباط RTU با مودم های Remote می باشد. هنگامیکه مودم ها در حالت Wait به سر می برند با توجه به حجم یک Message از RTU و میزان بافر داخلی مودم، ممکن است بافر مودم Overflow شود. ماکزیمم حجم یک Message در RTU برابر ۲ کیلوبایت و بافر داخلی مودم ۱۶ کیلوبایت است. در نتیجه بافر مودم Overflow نشده و داده ها از بین نمی روند.

### ۳. پروتکل های مسری برای شبکه های همسایگی

پروتکل های مسری برای متفاوتی برای مسری بستی بسته ها داده در یک شبکه همسایگی از نودهای AMI وجود دارد از جمله Hydro, DADR و ... . یک دسته از این نوع پروتکل ها که توزیع بار، قابلیت اطمینان و چند راهی را پشتیبانی می کنند Timer Based Multi Path Diversity Routing هستند. الگوریتم های Back-Pressure از مهمترین الگوریتم های موجود در این دسته بندی از پروتکل ها محسوب می شوند. مفهوم اصلی الگوریتم های max-weight (که به نام back-pressure هم شناخته می شوند) اولین بار در [۱] معرفی شد. در این الگوریتم هر بسته از یک مسری مخصوص با توجه به اختلاف طول صف هر لینک زمانبندی می شود. اساسا، الگوریتم زمانبندی ارائه شده در [۱] برای کاهش تفاضل طول صف بین هر جفت از گره های مش در یک شبکه به میزان حد اکثر ممکن تلاش دارد. از آن به بعد این الگوریتم، Application های خاص خودش را در بسیاری از محیط های ارتباطی بیسیم و باسیم پیدا کرد. بعلاوه تعداد زیادی از انواع الگوریتم ها با توابع هدف (objective function) متفاوت در شبکه های بیسیم ارائه شدند. در مسری دینامیک بار روی یک شبکه بهر چه دارای چند پرش با استفاده از الگوریتم های نوع Back-Pressure کلاس یک، هر گره برای هر جری بار که از خود گذر می دهد، تشکیلی یک صف می دهد و براساس اختلاف بستی های موجود باقی مانده در آن صف و با توجه به وضعیت شبکه درباره مسری بستی و زمانبندی تصمیم گیری می کند [۲]. با توجه به پهنای باند کم در شبکه های بهر چه، استفاده بهینه از منابع برای رسیدن به میزان گذرده ی بالا و ارتباطات با کیفیت بالا در شبکه های بهر چه چند پرشه مهم است. برای رسیدن به این موضوع الگوریتم های مسری بستی و زمانبندی مورد نظر است که منابع بهر چه را به صورت پولی و در جهت به حد اکثر رساندن توان عملی بستی شبکه، تخصیص دهند. مسری بستی Back-Pressure یک الگوریتم برای مسری دینامیک ترافیک روی یک شبکه چند پرشه با استفاده از شیب



شکل ۱: ساختار لایه های پروتکل DNP

پروتکل DNP دو نوع داده را پشتیبانی می کند:

- Static Data
- Event Data

داده نوع Static Data، کلاس صفر نامیده می شود و Event Data شامل سه کلاس مختلف با اولویتهای متفاوت است: کلاس ۱ (High Priority)، کلاس ۲ (Medium Priority) و کلاس ۳ (Low Priority) که داده های این کلاس ها می توانند Analog Input، Binary Output و Event های مربوط به آنها Change Binary Input و Analog Change باشند.

پروتکل DNP شامل دو دسته پیغام است:

- Master Set که خود شامل دستورات Polling Request و Command Confirmation می باشد.
- Slave Set که شامل پاسخ به Polling و Initiation Unsolicited Message می باشد.

این پیام ها مابین DNP Master و DNP Slave می توانند در مودم های مختلف ارسال شوند بحث دیگری که حائز اهمیت است، قابلیت Collision Avoidance و الگوریتم آن است که از جمله بزرگترین قابلیت های مودم های رادیویی برای پشتیبانی و بهینه سازی Unsolicited Reporting می باشد. تصادم، اساسا بر اثر دریافت سیگنال های هم فرکانس، از دو یا چند نقطه مختلف در یک زمان اتفاق می افتد، که باعث خراب شدن یک و یا هر دو سیگنال می شود. برای مقابله با این مشکل به این صورت عمل می شود که پس از ارسال داده ها توسط یک نقطه، مودم مرکز یک پیغام busy برای دیگر نقاط ارسال می کند که در نتیجه آن بقیه نقاط منتظر پایان یافتن ارسال داده توسط آن نقطه می شوند، پس از اتمام ارسال داده ها، مودم مرکز پیغام دیگری به عنوان not busy برای شبکه می فرستد که در نتیجه آن مودم های Remote

شبکه شرکت توزیع برق مشهد بر روی بستر فیکو نوری با پروتکل EIGRP قرار گرفته که یک پروتکل مسیریابی پولی می باشد و همچنین در صورت قطع شدن از یک طرف مسیری به صورت خودکار بر اساس Routing Table بهتر می مسیری جایگزین را پیدا کرده و بدون قطع می Switch می کند. در صورت قطع شدن ارتباط از مسیری جایگزین نیز انتقال بسته های داده به صورت خودکار از طریق Wireless برقرار می گردد. تمامی سوئیچ ها و Router ها به صورت HA راه اندازی گردیده اند تا در زمان بروز مشکل خلای در سرویس دهی به وجود نیفتد. ارتباط شبکه داخلی در ستاد و در سوئیچ های لای Distribution و Core به ۱۶ GB و در لای Access به ۲ GB می رسد. نرم افزارهای شرکت بیشتر در بستر web بوده و نرم افزارهای خاصی از قبیل ERP و برنامه ریزی به صورت فایلی EXE می اجرای می باشد. به منظور برقراری امنیت و بالا بردن سرعت شبکه تمام سوئیچ ها و روترها سیکوریتی می باشد و طرح هایی از قبیل Vlaning و Subnetting و Mac Filtering نیز راه اندازی گردیده است.

#### ۴.۱. وضعیت شبکه تله متری (SCADA)

شبکه شرکت توزیع برق مشهد از ۷ مرکز جمع کننده و ۲ تکرار کننده UHF تشکیل شده است، بطوریکه ۷ نقطه جمع کننده روی فیبرنوری قرار دارند. شبکه فیبرنوری بصورت رینگ کلیه مراکز را در بر می گیرد. شبکه فیبرنوری در حال حاضر بعنوان شبکه زیر ساخت دیتای شبکه استفاده می شود، جهت ارتقاء امنیت شبکه، در محل اتصال جمع کننده های سیستم اتوماسیون از فایروال سخت افزاری cisco ASA5505 استفاده شده است. فرکانس های مورد استفاده در اتوماسیون ۸ زوج فرکانس در باند UHF و با پهنای باند ۱۲.۵ کیلوهرتز و سرعت ۹۶۰۰ bps می باشد.

#### ۴.۲. کلاس بندی ترافیک های حوزه انتقال بر

##### اساس پارامترهای کیفیت سرویس

در شبکه ارتباطات شبکه هوشمند برق ترافیک های مختلف با الزامات گوناگون در شبکه جرئ دارند. برنامه های کاربردی متعددی که در شبکه هوشمند برق وجود دارند به طور هم زمان در شبکه اجرا شده و هر یک از آن ها ترافیک هایی با الزامات کیفیت سرویس مختلف تولد می نمایند. بنابراین هر یک از این ترافیک ها باید به سطح اولویت مناسبی تخصیص دهند. قابلیت کنترل و روش های مدیته فعال صف، امکان پرداختن به ترکیب پیچیده ای از الزامات حاصل از برنامه ها می کاربرد متعددی

ازدحام است. این الگوریتم می تواند در شبکه های بصریم و در شبکه های ناهمگن با اجزاء بصریم و باسجم استفاده شود. یک الگوریتم مسیریابی در زمانهای اسلات بندی شده کار می کند. در هر زمان الگوریتم از مسیریابی دیتا را منتقل می کند که تفاضل کار ناتمام انباشته یا همان Backlog این نودهای همسایه ماکزیمم شود [۲].

### ۳.۱. ویژگیهای الگوریتم های Back-Pressure

در این قسمت مهمترین ویژگیهای الگوریتم های از نوع Back-Pressure را بیان می نمایم:

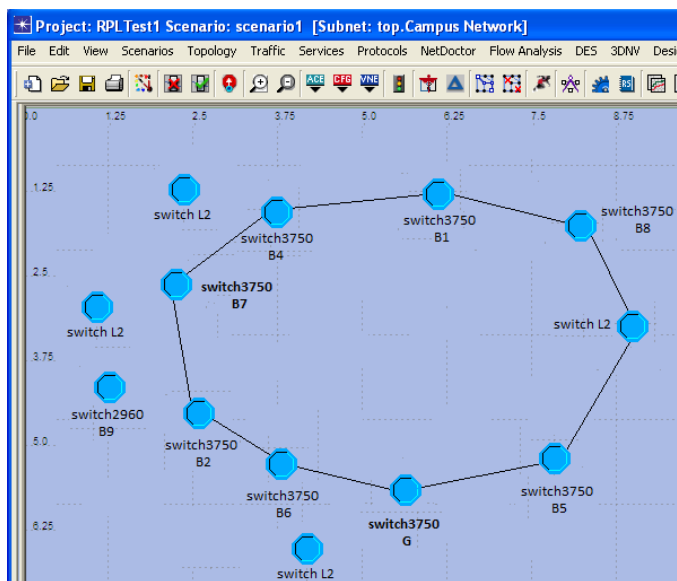
- میزان گذردهی شبکه را ماکزیمم می کند.
- نسبت به شرایط متغیر با زمان در یک شبکه از خود مقاومت نشان می دهد.
- می توان بدون داشتن دانشی از نرخ ترافیک ورودی و وضعیت کانال ارتباطی آن را بطله سازی کرد.
- دارای یک تابع هدف است که ی ک مقدار عددی را شامل می شود و می توان آن را ماکزیمم و یا مینیمم کرد. این تابع نقش مهمی در مسیریابی ایفا می کند.

مزیت اصلی الگوریتم های Back-Pressure نسبت به سایر الگوریتم های مسیریابی موجود در شبکه های همسایگی وجود تابع هدف است. تابع هدف مشخص می کند که هر متغیر چه میزان در بهینه کردن یک مسئله دخالتی است. مسئله در این مورد خاص مسیریابی بهینه در شبکه های بصریم است و متغیرها می توانند پارامترهایی مانند طول صف، کیفیت لاینک، تحمل پذیری خطا در گره ها و ... باشند [۳]. زمانبندی و مسیریابی در این روش با تضمین عملکرد بهینه توان گذردهی، یک تکنیک امتحان کننده برای بهبود توان گذردهی روی یک شبکه بصریم است، مفهوم بک پرشر بعنوان یک لایه انتزاعی تعریف می شود که عمل مسیریابی و زمانبندی را بصورت همزمان انجام می دهد. در بک پرشر کلاس یک هر نود صف هایی را برای هر جرئ انجام می سازد و براساس اختلاف بسته های موجود در صف و با توجه به وضعیت شبکه درباره مسیریابی و زمانبندی تصمیم گیری می کند. اگرچه بک پرشر از لحاظ مفهومی بعنوان یک لایه مدیته می شود اما تصمیم گیری در مورد مسیریابی و زمانبندی را همزمان باهم انجام می دهد [۳].

### ۴. پروتکل مسیریابی و توپولوژی شبکه

کننده بسته، یک ماژول مصرف کننده بسته، یک ماژول فرستنده و یک ماژول گیرنده است.

نظمندی های عملیاتی مختلف را برای شرکت های برق فراهم خواهد آورد. ترافیک های حوزه انتقال در شبکه هوشمند برق را می توان بر اساس سه پارامتر مختلف کلاس بندی نمود؛ تأخیر، پهنای باند و اندازه بسته ها. در سیستم پیشنهادی، ما ترافیک ها را در ۴ کلاس مختلف تقسیم بندی می کنیم. (شکل ۲) کلاس های تخصصی یافته به هر یک از این ترافیک ها را نشان می دهد.



شکل ۳: شبیه سازی توپولوژی شبکه مخابراتی شهرستان مشهد

Traffic class	QoS Requirement	Example applications
Class A	Low Delay Low Packet loss	WACS, WAPS: Teleprotection
Class B	High Bandwidth Low Delay Low Packet loss	SCADA, WAMS:PMU
Class C	Moderate bandwidth	Power trading, Streaming : VoIP, Video
Class D	Delay tolerance	Event Notification

شکل ۲: کلاس بندی ترافیک های شبکه هوشمند برق با توجه به پارامترهای QoS

### ۴.۳. شبیه سازی توپولوژی شبکه مخابراتی شهرستان

#### مشهد

در «شکل ۳» شبیه سازی توپولوژی سیستم مخابراتی با مشخصات ذکر شده در بالا که اساس و پایه توسعه اتوماسیون کلیدهای هوایی و زمینی شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد می باشد را مشاهده می نمایم. این شبیه سازی در شبیه ساز OPNET انجام گرفته است و از مزایای آن می توان به ارزانده آن، این است که پارامترهای فیزیکی جهت بکار رفته در این شبیه سازی کاملاً منطبق با دنیای واقعی تنظیم گردیده است. خطوط فیبر نوری استفاده شده در این شبیه سازی از نوع Single Mode و پروتکل ارتباطی TCP/IP می باشد. فاصله جغرافیایی کلای مراکز مطابق با مشخصات واقعی استفاده شده همان مراکز می باشد. در این شبیه سازی به منظور ارتباط نقاط تحت پوشش هر مرکز با خود آن مرکز نیازی از فرکانس های رادیویی مربوط به چرخش فرکانس شبکه رادیویی واقعی استفاده گردیده که گامی دیگر برای واقعی تر شدن نتایج می باشد. ما با توجه به تعاریف و ساختار فیزیکی شبکه کلیدهای هوایی و زمینی شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد و برای رسیدن به نتایج دقیق تر اقدام به طراحی ۲ مدل نمود نموده ایم. مدل اول برای شبیه سازی رفتار مراکز تولید کننده و تکرار کننده ترافیک و مدل دوم برای شبیه سازی رفتار مراکز جمع کننده ترافیک. این نودها شامل یک ماژول صف با ۴ زی صف مستقل برای ورود ۴ نوع کلاس مختلف ترافیک، یک ماژول تولید

### ۴.۴. نحوه شبیه سازی سناریوها

روند طرح ریزی مساله در OPNET به صورت سلسله مراتبی می باشد. به عبارت دیگر محیط شبیه سازی در آن دارای سه سطح طراحی است که عبارتند از:

- Project یا Network
- Node
- Process

هر یک از این سه ابزار طراحی یک ویرایشگر نامیده می شوند و در هر کدام چنانچه خواهیم دید محیطی متفاوت برای طراحی یک بخش از مساله آماده شده است.

در سطح اول طراحی، توپولوژی کلی شبکه شامل گره ها، لینکها و ... رسم می شود. در سطح Node رفتار تک تک عناصر شبکه طراحی و ترسیم

می شود. لذا برای هر عنصر در شبکه یک ساختار جداگانه بر مبنای

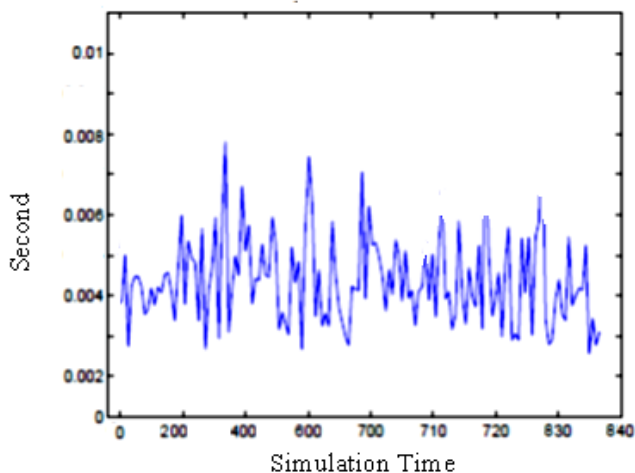
ویژگیهای آن عنصر، در سطح Node تعریف می شود. در این ویرایشگر

ساختار لایه ای هر عنصر شبکه و ارتباط میان لایه ها تعیین می شود. در این

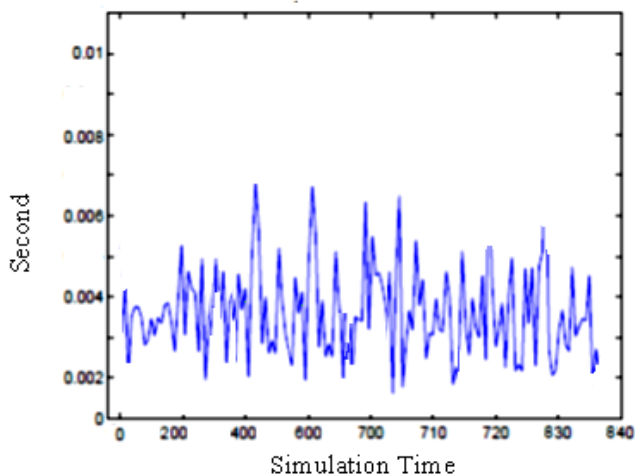
سطح طراحی، با ماژولها و دنباله بسته ها سر و کار داریم. در سطح

process هم نهایتاً عملکرد و رفتار هر ماژول را می توان تعریف کرد. در

در این بخش نتایج بدست آمده از شبیه سازی سناریهای سه گانه را طبق می نماییم. شرایط شبیه سازی از جمله پارامترهای مرتبط با نویز، نرخ تولید بسته برای داده های مختلف تولیدی، زمان شبیه سازی، پارامترهای فیکشنوری، پارامترهای مخصوص ارسال و درگرفت بصریم و ... برای هر ۳ سناری کاملاً یکسان می باشد. اولین پارامتری را که در این توپولوژی های سه گانه مورد شبیه سازی و بررسی قرار دادیم پارامتر تأخیر نود به نود بود. «شکل ۴»، «شکل ۵» و «شکل ۶» به ترتیب نمودار تأخیر نود به نود در سناریوی ۱، سناریوی ۲ و سناریوی ۳ را نشان می دهد.



شکل ۴: نمودار تأخیر نود به نود در سناریوی ۱



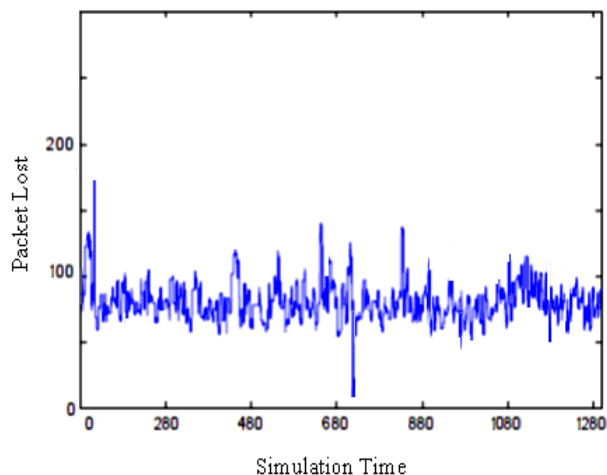
شکل ۵: نمودار تأخیر نود به نود در سناریوی ۲

واقع وظیفه ای که هر ماژول به عهده دارد را اصطلاحاً process گویند. هر process مجموعه ای از دستورالعملها بوده که با استفاده از روش ماشین با حالت محدود FSM مدل می شود. در این سطح، شبیه سازی بر مبنای زبان برنامه نویسی Porto-C صورت می گیرد.

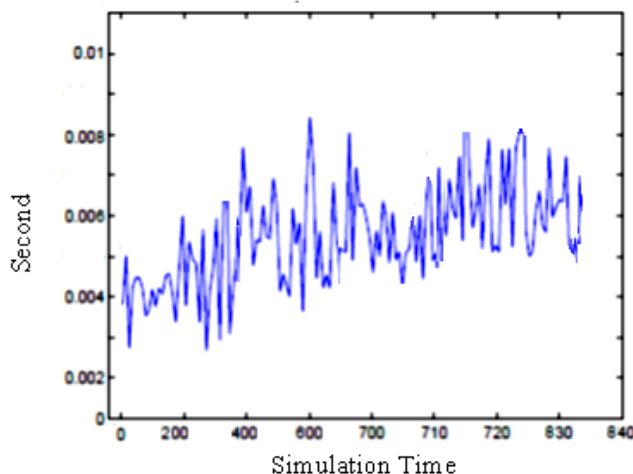
#### ۴.۵. پیکربندی سناریوها

ما در این گزارش با توجه به مشخصات و ملاحظات ی که در سیستم مخابراتی شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد به منظور توسعه اتوماسیون کلیدهای هوایی و زمینی، وجود دارد و توضیحاتی که بیشتر داده شد سه سناری بزرگ و کلی را شبیه سازی کرده ایم و نتایج را به صورت نمودار ارائه داده ایم. سناریوی شماره ۱، «شکل ۳» که سناریوی اصلی ما در این شبیه سازی است. این سناری را برای مواردی شبیه سازی کرده ایم که در آن تمامی نودها در شبکه به درستی وظایف خود را انجام می دهند و تمامی لینکهای ارتباطی از بستر فیکشنوری برقرارند. همانطور که بیشتر هم توضیح داده شد نودهایی وجود دارند که بسته های داده را با استفاده از لینکهای بصریم از سایر مراکز درگرفت می کنند. در سناریوی شماره ۲ تمامی ارتباطات بیسیم را بصورت فیکشنوری شبیه سازی کرده ایم تا تأشی این جابجایی نوع لینکها را در نمودارها مشهود نماییم. پس تفاوت بین سناریوهای ۱ و ۲ در این است که در سناریوی ۱ ترکیبی از لینکهای بیسیم و فیبر نوری استفاده شده است ولی در سناریوی ۲ تمامی لینکها فیبر نوری است و توپولوژی ما فاقد لینک بیسیم می باشد. هرچند که می دانیم این تغییرات در دلتای واقع پرهزینه، زمانبر و طبیعاً غیرممکن است ولی این از مزایای شبیه سازی است که بدون در نظر گرفتن مواردی از این دست شبکه را تحلیل کنیم. در بحث تحمل پذیری خطا در شبکه مخابراتی شرکت برق مواردی پیش بینی شده که در آن اگر ارتباطات فیکشنوری بین نودها قطع شد، لینک بصریم موجود بین آن نودها اتومات برقرار شده و بسته های داده از طریق این لینکها منتقل شوند. ما در سناریوی شماره ۳ این حالت را شبیه سازی کرده ایم بدین گونه که ارتباط فیبر نوری دو مرکز بصورت نمونه قطع شده و ارتباط بیسیم بین آنها برقرار گردیده است. همانگونه که در شکل ۲ از بخش ۴.۲ مشاهده شد ما در این مقاله از ۴ کلاس ترافیکی بهره برده ایم. تمامی نودها در این ۳ سناریو این ۴ کلاس ترافیکی را تولید کرده و این موضوع در محاسبه تأخیر بسته ها دخیل است.

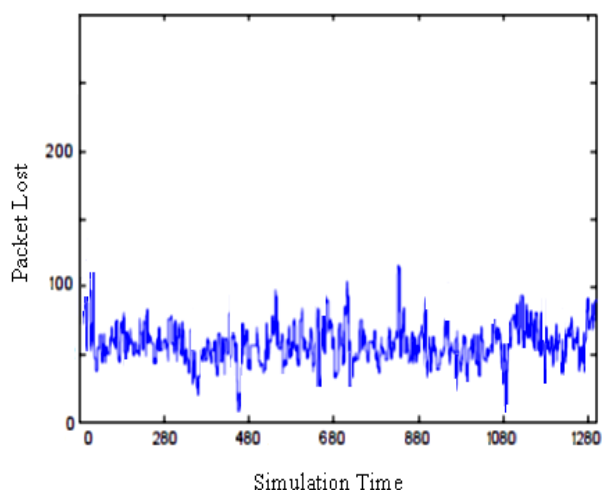
#### ۵. نتایج شبیه سازی



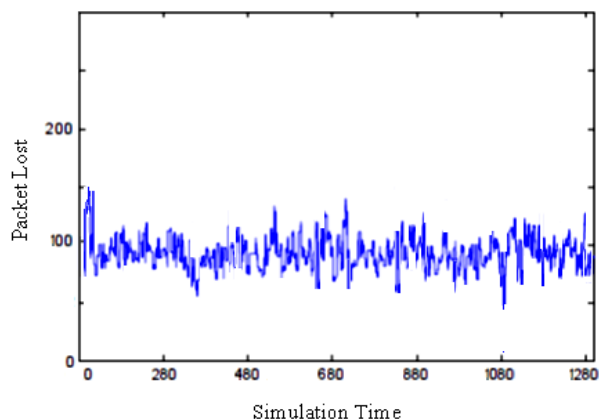
شکل ۷: نمودار میزان کل بسته‌های اتلافی در سناریوی ۱



شکل ۶: نمودار تاخیر نود به نود در سناریوی ۳



شکل ۸: نمودار میزان کل بسته‌های اتلافی در سناریوی ۲



شکل ۹: نمودار میزان کل بسته‌های اتلافی در سناریوی ۳

با توجه به ۳ نمودار بالا مشاهده می‌گردد که تاخیر نود به نود در سناریوی ۲ که در آن همه لینک‌ها، فیونوری شده‌اند از بقیه سناریوها کمتر است. همچنین در مواقعی که ارتباط یک یا چند قسمت از فیونوری شبکه مخابراتی قطع می‌گردد تاخیر نامطلوب می‌گردد زیرا ارتباط لینک‌های قطع شده از طریق بصریم انجام می‌گیرد که با توجه به پهنای باند کمتر نسبت به فیونوری امری طبیعی است. به نظر می‌رسد برای رسیدن به تحمل پذیری خطا در بحث قطع لینک هزینه تاخیر را باین پرداخت. در این قسمت توصیف می‌گردد تا آنجا که مقدور است از قطع شدن شبکه ف یونوری جلوگیری گردد.

دومین پارامتری را که در این شبیه‌سازی مورد بررسی قرار داده‌ایم میزان کل بسته‌های اتلافی است. ماژول‌های تولید کننده بسته ما در هر نود توانایی تولید بیشتر از ۱۶۰۰ بسته در ثانیه را دارا می‌باشند. «شکل ۷»، «شکل ۸» و «شکل ۹» به ترتیب نمودار کل بسته‌های اتلافی در سناریوی ۱، سناریوی ۲ و سناریوی ۳ را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودارهای سه‌گانه اتلاف بسته مشاهده می‌شود هنگامیکه همه لینک‌ها فیونوری هستند اتلاف بسته کمتری را شاهد هستیم و این موضوع به خاطر پهنای باند بالای فیونوری است. در سناریوی عادی میزان اتلاف بسته‌ها بالا می‌رود ولی قابل تحمل است و این بخاطر ارتباطات بصریم برخی از مراکز با زیر مجموعه خودشان می‌باشد. در سناریوی قطع شبکه اصلی فیونوری نرخ از دست دادن بسته‌ها بالا می‌رود و این موضوع بخاطر این است که حجم بالاتری از بسته‌ها نسبت به سناریوی ۱ از طریق لینک بصریم عبور می‌کنند که به طبع آن نرخ از دست دادن بسته‌ها نفع بیشتر می‌شود. در این قسمت توصیف می‌گردد حتی المقدور از قطع ارتباط فیونوری در ساعات پیک جلوگیری گردد.



## ۶. جمع بندی

با توجه به تحلیل نمودارهای بدست آمده از سناریوهای سه گانه شبیه سازی شده در این مجال، به نظر می رسد که صرف نظر از هزینه ریلی و زمانی، جایگزینی ارتباطات فکونوری در مراکز ی که دارای ارتباط بصری می باشند سهم بسزایی در بهبود پارامترهای موثر در کارایی شبکه ارتباطی خواهند داشت. در بحث تحمل پذیری خطا که در آن خطوط بصری بصورت اتومات وارد مدار می شوند یعنی کارایی شبکه را پایین خواهد آورد. البته اگر میزان دفعات و مدت زمان خطای ایجاد شده در شبکه فکونوری قابل قبول باشد می توان از این موضوع صرف نظر کرد.

## منابع

- [1] L. Tassiulas and A. Ephremides, "Stability properties of constrained queueing systems and scheduling policies for maximum throughput in multihop radio networks," *IEEE Trans. Automat. Control*, vol. 37, no. 12 pp. 1936-1948, Dec. 1992.
- [2] H. Gharavi and C. Xu "Traffic Scheduling Technique for Smart Grid Advanced Metering Applications" *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS*, VOL. 60, NO. 6, JUNE 2012.
- [3] H. Gharavi and C. Xu, "Analysis of traffic scheduling technique for smart grid mesh networks," *Technique Report*. Vol. 99, No. 6, June 2011 *Proceedings of the IEEE*.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL  
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین  
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI  
Scopus



آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو