

صف‌بندی فازی و مقایسه آن با صف تشخیص زودهنگام در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز

علیرضا یوسف‌زاده بحری^۱ امیر مسعود بیدگلی^۲ امیر مسعود رحمانی^۳

^۱ دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران

^۲ دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران

^۳ دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

چکیده

از مهمترین عوامل کنترل جریان داده درون یک شبکه، که باعث اتفاقات ناخواسته و همچنین از بین رفتن غیر قابل کنترل داده‌ها، می‌شود مسئله ازدحام بوده که متخصصین این رشته را به تحقیقات بسیاری در این زمینه وا داشته است. اجتناب از ازدحام باعث جلوگیری از گم شدن بسته‌ها در شبکه و تضمین ارسال موفقیت آمیز بسته‌ها به مقصد خواهد شد. در این مقاله جهت کنترل ازدحام با استفاده از مدیریت فعال صف در مسیریاب‌های میانی، مکانیزم صفی که از منطق فازی با استفاده از روش هدایت تضمینی بهره می‌برد پیاده‌سازی کرده و با استفاده از نرم‌افزار Matlab و شبیه‌ساز شبکه NS آن را شبیه‌سازی نموده و جهت ارزیابی کارایی، آن را با صف تشخیص زودهنگام در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز مقایسه و نتایج آن با هم بررسی می‌شوند. نتایج شبیه‌سازی حکایت از بهبود این مکانیزم نسبت به مکانیزم‌های ارائه شده قبلی دارد.

کلمات کلیدی: صف تشخیص زودهنگام، کنترل ازدحام، خدمات متمایز، منطق فازی.

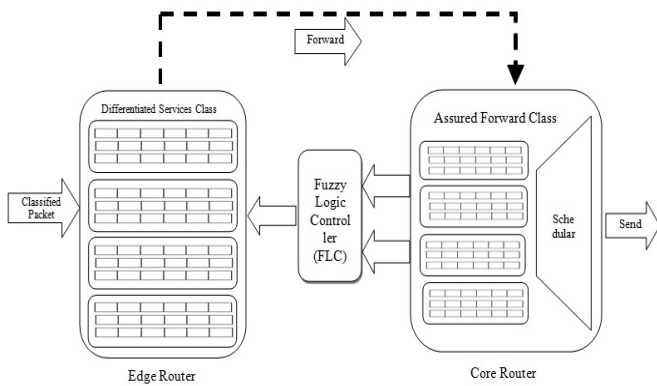
۱- مقدمه

افزایش یافته است. در چنین شبکه‌هایی، بسیاری از بسته‌ها با سائزی مختلف مبادله می‌شوند. اگرچه غالباً بخاطر ازدحام در شبکه‌های کامپیوتری و متغیر بودن آنها به تأخیر می‌افتند یا گم می‌شوند. برای اجتناب از چنین وضعیت‌های نامطلوبی، مسیریابی بسته برای کنترل جریان بسته در شبکه‌های کامپیوتری بکار می‌رود [۳]. در واقع ازدحام شرایط بدترین تأخیری است که بار اضافی دیتاگرام‌ها در یک یا چندین نقطه مسیریاب^۴ باعث آن می‌شود. وقتی ازدحام اتفاق می‌افتد، تأخیرها افزایش پیدا کرده و مسیریاب شروع به صف‌بندی دیتاگرام‌ها می‌کند تا زمانی که بتواند آنها را ارسال کند [۴].

در این تحقیق کنترل ازدحام را با راهکاری جدید بررسی می‌کنیم. در این راهکار صف‌بندی درون مسیریاب، به کمک منطق فازی و روش هدایت تضمینی جهت مدیریت ازدحام صف‌های مسیریاب راه، بگونه‌ای کنترل می‌کنیم که کمترین

شبکه‌های کامپیوتری عامل ارتباطی بین ایستگاه‌های کاری بوده و در این ارتباط داده‌ها هستند که بین ایستگاه‌های کاری مبادله می‌شود بنابراین تأثیر کنترل جریان داده در شبکه‌های کامپیوتری بسیار حائز اهمیت است. کنترل مسیر، کنترل ترافیک، کنترل ازدحام^۱، کنترل توالی^۲ و غیره عواملی جهت کنترل جریان داده^۳ در شبکه‌های کامپیوتری است [۱]. بر این اساس کنترل جریان به ترافیک نقطه به نقطه بین یک فرستنده و گیرنده مربوط می‌شود و کنترل ازدحام مکانیزم‌هایی را جهت ایجاد اطمینان از اینکه زیر شبکه قادر به حمل ترافیک عرضه شده به آن باشد فراهم می‌کند [۲]. در سال‌های اخیر جریان بسته‌های اطلاعاتی در شبکه‌های کامپیوتر بخاطر افزایش تعداد سریع کاربران و اطلاعات قابل دسترس

موجود در بخش هسته مسیریاب را چک کرده و درصد بسته‌هایی که باید از بخش لبه به بخش هسته مسیریاب انتقال یابند را مشخص کرده و بسته‌ها در بخش هسته مسیریاب دورن صف‌های فیزیکی و مجازی مربوطه قرار می‌گیرند و سپس بسته‌ها از بخش هسته مسیریاب بطور تضمینی ارسال خواهند شد. ورود بسته‌ها به صف‌های فیزیکی با توجه به کلاس تعیین شده و احتمال حذف مشخص در بخش لبه مسیریاب انجام می‌شود و بعد از تعیین درصد انتقال بسته‌ها توسط کنترل‌کننده فازی، بسته‌ها از بخش لبه به بخش هسته مسیریاب منتقل شده و زمانبندی جهت سرویس یا خروج بسته‌ها انجام می‌شود.



شکل ۲- تقسیم فضای بافر مسیریاب در دو بخش لبه و هسته و ارتباط بین آنها

سرویس‌دهی به صف‌های مختلف نیز بصورت نوبت چرخشی^{۱۳} صورت می‌گیرد. زمانی که شبکه دچار ازدحام نیست، هر نوع بسته با هر نوع اولویت حذف می‌تواند وارد صف‌ها در بخش لبه مسیریاب شده و با انتقال به بخش هسته سرویس دریافت نماید ولی در طول دوره ازدحام، علاوه بر اینکه ورود به صف‌ها در بخش هسته توسط منطق فازی کاهش می‌یابد، بسته‌های با اولویت حذف بالا نیز اجازه ورود به بخش لبه مسیریاب پیدا نمی‌کنند.

۳- طراحی کنترل‌کننده فازی برای صف‌بندی مبتنی بر فازی در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز

راز موفقیت سیستم‌های فازی سادگی در پیاده‌سازی، سادگی در نگهداری، سادگی در فهم، پایداری و ارزانی است [۹]. دو کمبود اصلی سیستم‌های فازی، یکی عدم وجود قابلیت یادگیری در این سیستم‌ها است و اینکه تعیین و تنظیم تابع عضویت همیشه آسان نیست [۱۰]. البته مورد دوم بستگی به میزان شناخت ما از سیستم تحت بررسی دارد. سیستم‌های فازی برای استنتاج تخمینی یا مبهم، بخصوص در سیستم‌هایی که ایجاد یک مدل ریاضیاتی برای آنها مشکل است مناسب خواهند بود [۱۰].

با این مقدمه طراحی کنترل‌کننده فازی موجود در مسیریاب، باید بگونه‌ای انجام شود که ورود بسته‌ها به بخش هسته مسیریاب با اولویت حذف مشخص را طوری کنترل نماید که مسیریاب و در نهایت شبکه دچار ازدحام نشود. بدین معنی که در صورتی که درصد تعداد بسته‌های ورودی به صف‌های موجود در هسته مسیریاب از یک آستانه مشخص صف، زیادتر باشد به علت اینکه صف مربوطه سریعاً پر می‌شود کنترل‌کننده تعداد بسته‌های هدایت شده به آن صف را کاهش می‌دهد تا زمانی که صف به حالت تعادل برسد به عبارتی درصد تعداد بسته‌های هدایت شده به هر صف متناسب با بار جاری صف و میانگین زمان انتظار در صف می‌باشد. کنترل ورود بسته‌ها به کلاس‌های اولویت مشخص شده در هسته

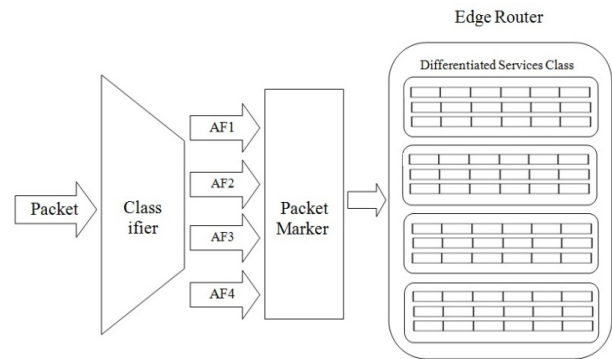
ترافیک و کمترین احتمال از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی را در یک جریان داشته باشیم.

در این مقاله روش پیشنهادی برای کنترل ازدحام مسیریاب‌های میانی یک شبکه در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز^۵ که از منطق فازی بهره‌می‌برد در بخش دوم معرفی نموده و در بخش سوم نحوه طراحی کنترل‌کننده فازی استفاده شده در این صف بررسی و در بخش چهارم شرایط شبیه‌سازی تشریح می‌شود. در بخش پنجم کارایی روش پیشنهادی را با صف dsRED مقایسه کرده و بخش ششم هم به نتیجه گیری اختصاص دارد.

۲- صف‌بندی مبتنی بر فازی در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز

در این تحقیق از صف‌بندی توزیعی مبتنی بر کلاس^۶ بر اساس منطق فازی استفاده می‌شود. در صف‌بندی توزیعی تشریح شده در [۵]، بر اساس هدایت تضمینی ارائه شده توسط Heinanen، و همکاران در [۶]، در گره‌های دارای خدمات متمایز با ویژگی‌های توضیح داده شده در [۷]، ابتدا چهار کلاس هدایت تضمینی تعریف شده و هر کلاس منابع خاص خود را در اختیار می‌گیرد و بسته‌های تولید شده به هر ترتیب دلخواهی در یکی از چهار کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. بر اساس روش هدایت تضمین شده بعد از قرار گرفتن بسته‌ها در یکی از چهار کلاس، علامت‌گذاری می‌شوند. در این مرحله جهت علامت‌گذاری بسته‌ها سه احتمال برای حذف بسته در اثر بروز ازدحام تعریف شده و بسته‌ها با سه نوع احتمال حذف بسته شامل احتمال پائین^۷، متوسط و بالا علامت‌گذاری می‌شوند. بنابراین با چهار کلاس هدایت تضمینی و سه احتمال حذف بسته، مجموعاً ۱۲ کلاس خدمات متمایز ایجاد می‌شود.

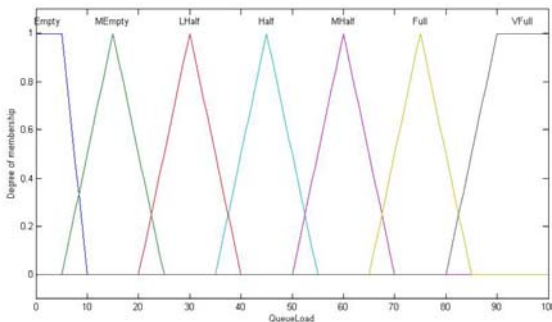
در ادامه روش، بافر مسیریاب به دو بخش لبه^۸ و هسته^۹ تقسیم می‌شود. البته می‌توان این دو بخش را در دو مسیریاب مجزا نیز در نظر گرفت. در بخش لبه، مسیریاب به ۴ کلاس جهت تفکیک جریانهای خروجی و اینکه یک جریان نتواند با ارسال سریع تر داده‌های خود، تمام فضای بافر را اشغال کرده و در نتیجه جریان‌های دیگر را با کمبود منابع یا گرسنگی^{۱۰} مواجه سازد رده‌بندی می‌شود [۸]. همانگونه که در شکل ۱ دیده می‌شود به هر کلاس هدایت تضمینی، یک صف فیزیکی اختصاص داده می‌شود و چون به هر صف بسته‌هایی با سه نوع احتمال حذف وارد می‌شوند به ازای هر احتمال حذف یک صف مجازی^{۱۱} اختصاص می‌دهیم. به عبارتی به هر صف فیزیکی سه صف مجازی اختصاص می‌یابد.



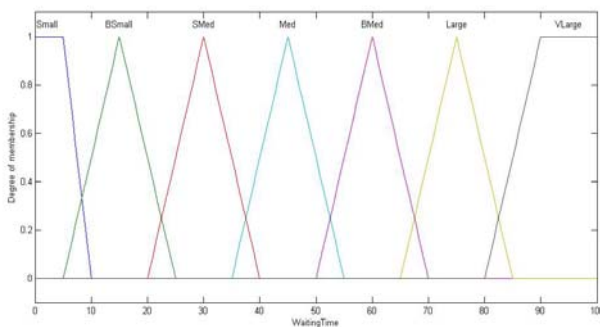
شکل ۱- کلاس‌بندی بسته‌ها در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز

بخش لبه و هسته بوسیله کنترل‌کننده فازی^{۱۲} مطابق شکل ۲ با هم ارتباط پیدا می‌کنند. یعنی کنترل‌کننده فازی در زمان‌های مشخصی وضعیت صف‌های

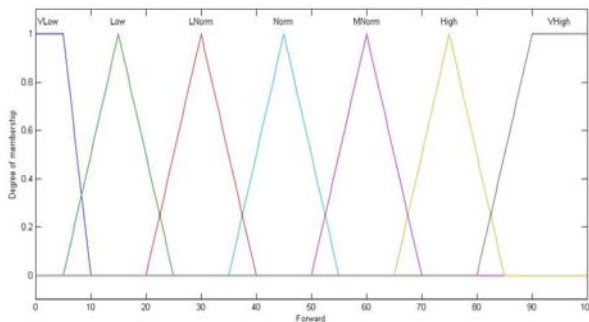
این مرحله که بصورت یک ماتریس تولید می‌شود در سناریوی شبیه‌سازی شده که در بخش بعدی بطور مفصل به آن می‌پردازیم استفاده می‌شود.



شکل ۴- تابع عضویت برای متغیر ورودی بار صف



شکل ۵- تابع عضویت برای متغیر ورودی زمان انتظار



شکل ۶- تابع عضویت برای متغیر خروجی تعداد بسته‌های هدایت شده

تعریف قوانین جهت کنترل ازدحام صف‌ها بسیار پیچیده و بصورت تجربی توسط افراد خبره بدست می‌آید [۹] از اینرو کنترل‌کننده فازی طراحی شده جهت کنترل ازدحام دارای یک پایگاه قوانین است که مطابق جدول ۱ عمل تصمیم‌گیری را بر اساس قوانین موجود در آن انجام می‌دهد. بعنوان مثال در رابطه (۱) اگر طول صف Empty و زمان انتظار در صف نیز VLarge باشد با بررسی پایگاه قوانین توسط موتور استنتاج نتیجه می‌شود تعداد بسته‌های هدایت شده به صف مورد نظر بایستی Low شود.

یعنی کنترل‌کننده به صفی که زمان سرویس‌دهی آن بالا است تعداد بسته‌های کمتری ارسال می‌کند. بهترین وضعیت زمانی است که طول صف Empty و زمان انتظار Small باشد در آن صورت هر بسته با هر اولیبتی می‌تواند وارد صف‌ها شده و محدودیتی نخواهند داشت.

مسیرباز، توسط کنترل‌کننده فازی مطابق شکل ۳ صورت می‌گیرد. در کنترل‌کننده فازی مورد نظر دو متغیر ورودی و یک متغیر خروجی در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

• بار صف^{۱۴}

تعداد بسته‌هایی که در صف موجود در هسته مسیرباز جهت دریافت سرویس منتظر می‌مانند را بار صف گفته که برای آن هفت زیر مجموعه فازی^{۱۵} در نظر گرفته شده است:

QueueLoad={Empty, MEmpty, LHalf, Half, MHalf, Full, VFull}
که به ترتیب نشان دهنده Empty, More Than Empty, Empty, Half, Half, More Than Half, Full و Very Full می‌باشد.

• زمان انتظار^{۱۶}

مدت زمانی است که بسته در صف منتظر می‌ماند تا سرویس دریافت نماید. (این زمان شامل زمان انجام سرویس نمی‌باشد). برای این ورودی نیز هفت زیر مجموعه فازی در نظر گرفته شده است:

Waiting Time={Small, BSmall, SMed, Med, BMed, Large, VLarge}

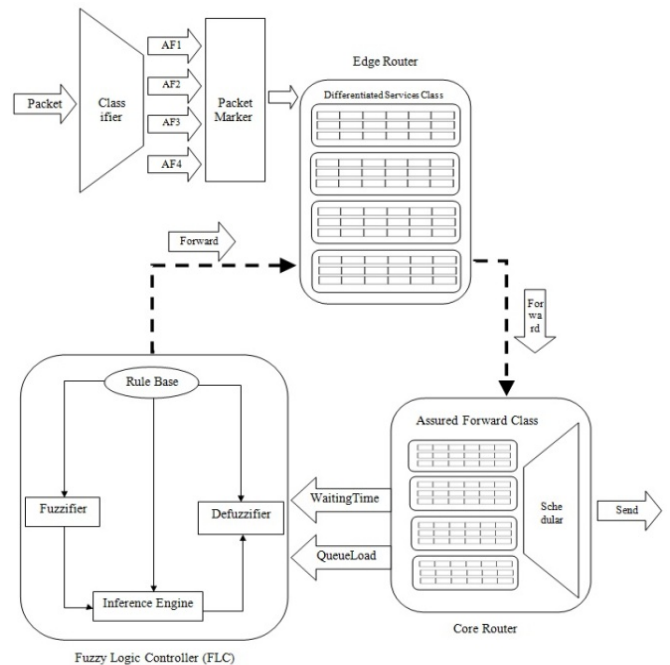
که به ترتیب نشان دهنده Small, Bigger Than Small, Small, Med, Med, Bigger Than Med, Large و Very Large می‌باشد.

• تعداد بسته‌های هدایت شده^{۱۷}

متوسط تعداد بسته‌های ارسال شده به صف‌های هر کلاس می‌باشد. تعداد بسته‌های هدایت شده توسط کنترل‌کننده فازی یک متغیر خروجی بوده که برای آن نیز هفت زیر مجموعه فازی در نظر گرفته شده است:

Forward={VLow, Low, LNorm, Norm, MNorm, High, VHigh}

که به ترتیب نشان دهنده VLow, Less Than Normal, Low, Very Low, Normal, More Than Normal, High و Very High می‌باشد.



شکل ۳- کنترل‌کننده فازی روش پیشنهادی در مدیریت ازدحام

به هریک از متغیرهای ورودی و خروجی یک تابع عضویت^{۱۸} نسبت داده می‌شود. عمده توابعی که در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرند توابع دوزنقه‌ای^{۱۹} و مثلثی^{۲۰} است که با استفاده از منطق فازی نرم‌افزار Matlab [۱۱] رسم می‌شوند که در شکل‌های ۴ و ۵ و ۶ ملاحظه می‌گردد. نتایج استخراج شده از

بعد از تفکیک بسته‌ها در سمت فرستنده جریان خروجی از این دو مرحله وارد مرحله سوم که ماشین مسیریاب یا همان مسیریاب می‌باشد شده و در این مرحله بافر مسیریاب که به دو بخش لبه و هسته تقسیم شده است، در هر بخش به ۴ کلاس طبقه‌بندی شده و به هر کلاس یک صف فیزیکی اختصاص می‌دهیم. همانگونه که در شکل ۷ دیده می‌شود بسته‌های طبقه‌بندی شده با نرخ مشخص به بخش لبه مسیریاب وارد شده و از طریق کنترل‌کننده فازی که در زمان ارسال هر بسته از بخش هسته مسیریاب، وضعیت صف‌های موجود در این بخش را با استفاده از دو پارامتر زمان انتظار و بار جاری صف چک می‌کند، درصد تعداد بسته‌های انتقالی از صف‌های متناظر در بخش لبه به بخش هسته را تعیین کرده و بسته‌ها در بخش هسته مسیریاب دورن صف‌های فیزیکی و مجازی مربوطه هدایت (Forward) می‌شوند و سپس بسته‌ها از بخش هسته مسیریاب بطور تضمینی ارسال خواهند شد.

پردازش بسته‌ها و سرویس‌دهی به کلاس‌های مختلف در بخش هسته مسیریاب با استفاده از یک زمانبند که ترتیب خروج بسته‌ها را به صورت نوبت چرخشی، انجام می‌دهد، صورت می‌گیرد. در اینصورت سیستم صف پیشنهادی تشکیل شده در مسیریاب دارای مشخصات زیر است:

۱- بسته‌ها با استفاده از دو مولد ترافیک $CBR^{22,23}$ یکی با سرعت 4Mb/s و دیگری با سرعت 6Mb/s بر روی پروتکل UDP تولید می‌شوند.

۲- ظرفیت صف‌های فیزیکی موجود در بخش لبه مسیریاب ۲۰ بسته و ظرفیت کل سیستم ۸۰ بسته می‌باشد.

۳- پهنای باند خروجی مسیریاب برای ارسال بسته‌ها 7Mb/s در نظر گرفته شده و بسته‌های ورودی از دو لینک مجزا و هر کدام با پهنای باند 10Mb وارد صف‌های مسیریاب می‌شوند.

۴- اندازه تمام بسته‌ها ثابت و به میزان ۱۰۰۰۰ بایت و تعداد بسته‌های تولید شده توسط مبدأ حدود ۱۰۰،۰۰۰ بسته می‌باشد که این تعداد با نرخ λ و کلاس مشخص و اولویت حذف معین وارد سیستم می‌شوند.

۵- هر صف موجود در بخش لبه مسیریاب دارای یک حد آستانه (MaxThresh) بوده که این حد برابر ۱۰ بسته می‌باشد.

با این توصیف دو حالت ممکن در این سیستم وجود دارد:

- اگر تعداد بسته‌های یک صف از MaxThresh کمتر باشد بسته‌ها با هر نوع اولویت حذف وارد صف مربوطه می‌شوند.

- اگر تعداد بسته‌های یک صف از MaxThresh بیشتر شود فقط بسته‌های با احتمال حذف پائین^{۲۴} وارد صف مربوطه شده تا زمانیکه ظرفیت صف سرریز نماید در این زمان از سیاست قطع دنباله ازدحام^{۲۵} استفاده می‌شود.

نتایج نشان داده شده در جدول ۲ مربوط به پیاده سازی صف پیشنهادی که در زمان‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ام از زمان کل شبیه‌سازی انجام شده به مدت ۸۵ ثانیه ثبت شده است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که در مدت زمان شبیه‌سازی انجام شده از تعداد ۹۹،۹۹۴ بسته تولید شده توسط فرستنده‌ها تعداد ۶۰،۳۱۰ بسته وارد صف‌های مسیریاب شده و تعداد ۳۹،۶۸۴ بسته به جهت ظرفیت لینک ارتباطی دور ریخته شده و مابقی بسته‌ها به تعداد ۵۹،۹۴۱ بسته بصورت تضمینی ارسال شده‌اند. در جدول ۲ CP^{۲۶} همان ۱۲ کلاس AF متمایز تولید شده توسط فرستنده‌ها هستند که وارد صف‌های فیزیکی و مجازی مسیریاب مورد نظر می‌شوند. در این جدول CP^{۱۰}، ۱۱ و ۱۲ مربوط به صف‌های مجازی از صف فیزیکی اول، CP^{۲۰}، ۲۱ و ۲۲ مربوط به صف‌های مجازی از صف فیزیکی دوم، CP^{۳۰}، ۳۱ و ۳۲ مربوط به صف‌های مجازی از صف فیزیکی سوم و CP^{۴۰}، ۴۱ و ۴۲ مربوط به صف‌های مجازی از صف فیزیکی چهارم هستند.

(1) If (QueueLoad is Empty) and (WaitingTime is Small) then (Forward is VHigh)

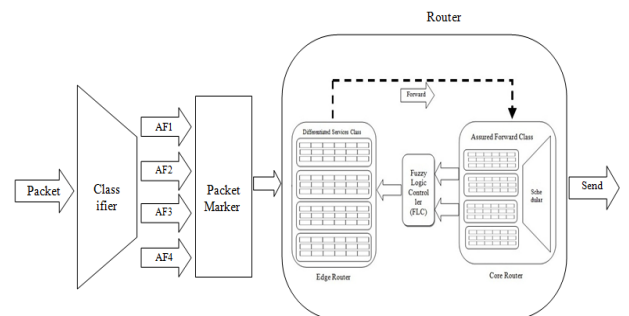
جدول ۱ - پایگاه قوانین استفاده شده در روش پیشنهادی برای کنترل‌کننده فازی

WaitingTime \ QueueLoad	Small	BSmall	SMed	Med	BMed	Large	VLarge
Empty	VHigh	High	MNorm	Norm	LNorm	Low	Low
MEmpty	High	MNorm	Norm	LNorm	Low	Low	Low
LHalf	MNorm	Norm	LNorm	LNorm	Low	Low	Low
Half	Norm	LNorm	Low	Low	Low	Low	Low
MHalf	LNorm	Low	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow
Full	Low	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow
VFull	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow	VLow

۴- شرایط شبیه‌سازی برای صفبندی مبتنی بر فازی در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز

در شکل ۷ نحوه پردازش بسته‌ها به منظور هدایت تضمینی آنها نشان داده شده است. در مرحله اول ابتدا بسته‌های اطلاعاتی بر اساس یک نرخ مشخص توسط مبدأ تولید شده سپس بر حسب اولویت‌شان در یکی از چهار کلاس، طبقه‌بندی می‌شوند. این مرحله می‌تواند در ماشین میزبان فرستنده بسته‌ها یا در اولین مسیریاب مدخل ورودی به زیر شبکه انجام شود. در مرحله دوم بعد از قرار گرفتن بسته‌ها در کلاس‌های اولویت بر حسب نوع حذف بسته علامت‌گذاری می‌شوند. برای اینکار از یک فیلد هشت بیتی بنام TOS در بسته IP استفاده می‌گردد که شش بیت از این هشت بیت برای تعیین کلاس خدمات متمایز بسته‌ها مطابق کدینک^{۲۱} پیشنهادی مطرح شده توسط Heinanen، و همکاران در [۶] و تشریح شده در [۷] و [۱۲] در این روش استفاده می‌گردد. این دو مرحله توسط ماشین فرستنده انجام می‌گیرد.

با توجه به چهار کلاس و سه احتمال حذف که برای هر بسته وجود دارد مجموعاً ۱۲ کلاس خدمات متمایز یا DS ایجاد می‌شود بنابراین برای تفکیک بسته‌ها، هر کلاس خدمات متمایز بصورت AF_{ij} نشان داده می‌شود که اندیس i نشان دهنده کلاس یا صف فیزیکی و اندیس j نشان دهنده نوع حذف بسته یا صف مجازی می‌باشد. احتمال حذف پائین با شماره ۰ و احتمال حذف بالا با شماره ۲ نشان داده می‌شود. بعنوان مثال AF₂₂ نشان دهنده بسته ای در صف مجازی سوم از صف فیزیکی دوم و با احتمال حذف بالا می‌باشد.



شکل ۷ - کلاسبندی بسته‌ها بر اساس مکانیزم هدایت تضمین شده برای یک جریان ورودی

۵- ارزیابی کارائی

در ابتدا با نگاهی به خروجی الگوریتم dsRED [۷، ۱۳ و ۱۶] در جدول ۳ و مقایسه آن در شرایط مشابه با نتایج ثبت شده مربوط به الگوریتم پیشنهادی در جدول ۲، مشاهده می‌گردد که از مجموع ۹۹،۹۸۶ بسته تولید شده توسط فرستنده‌ها تعداد ۵۰،۰۲۵ بسته ارسال و ۴۸،۱۱۸ بسته دور ریخته شده‌اند. این جدول نشان می‌دهد که الگوریتم dsRED با توجه به این که چهار کلاس خدمات متمایز، برای کلاس‌بندی بسته‌های ورودی استفاده کرده، در مقابل الگوریتم پیشنهادی dsFAFQ که دوازده کلاس خدمات متمایز را برای کلاس‌بندی بکار می‌گیرد مدیریت ضعیف‌تری نسبت به ارسال و دور ریختن بسته‌های ورودی در اثر ازدحام دارد. چرا که نتایج ثبت شده در جدول ۳ در زمان ۸۰ ام از زمان شبیه‌سازی حکایت از برابری تقریبی تعداد بسته‌های ارسالی و دور ریخته شده دارد ولی در همین زمان در روش پیشنهادی تفاوت قابل محسوسی بین تعداد بسته‌های ارسالی و دور ریخته شده مشاهده می‌شود.

در این مقاله کلیه شبیه‌سازی‌ها و نتایج آن با نرم‌افزار NS2.35 [۱۳] انجام گرفته است. در این بخش کارائی صف dsRED که در [۱۴، ۱۵ و ۱۶] به تفصیل تشریح شده‌اند و صف پیشنهادی dsFAFQ ارائه شده، از نظر سه معیار نرخ ارسال بسته‌ها^{۲۷}، نرخ دور ریختن بسته‌ها^{۲۸} و میزان پهنای باند مصرفی مقایسه می‌شوند. مقایسه‌ها بر اساس نرخ ترافیک یکسان و مدت زمان شبیه‌سازی یکسان انجام شده است. ترافیک ورودی برای هر سه الگوریتم از دو لینک ورودی جداگانه با پهنای باند 10Mb و تاخیر ارتباطی^{۲۹} 5ms وارد می‌شوند. میزان ترافیک در لینک اول 4Mb/s و در لینک دوم 6Mb/s می‌باشد. مدت زمان شبیه‌سازی^{۳۰} برای هر سه الگوریتم ۸۵ ثانیه می‌باشد. تعداد کل بسته‌های تولید شده توسط فرستنده ۱۰۰،۰۰۰ بسته و اندازه تمام بسته‌ها ثابت و به میزان ۱،۰۰۰ بایت می‌باشد. در این سناریو تاخیر سرویس‌دهی بسته‌ها ناچیز بوده و آن را در نظر نمی‌گیریم.

جدول ۲ - تعداد بسته‌های تولید شده، ارسال شده و دور ریخته شده از صف‌های مسیریاب

Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	EnPkts	TxPkts	ldrops	CP	TotPkts	EnPkts	TxPkts	ldrops
All	24994	15535	15128	9459	All	74994	45353	44962	29641
10	2147	198	198	1949	10	6371	399	399	5972
11	2047	1879	1826	168	11	6189	5592	5543	597
12	2079	1870	1821	209	12	6158	5522	5469	636
20	2157	102	102	2055	20	6341	225	225	6116
21	2096	1849	1824	247	21	6168	5404	5358	764
22	2149	1903	1824	246	22	6319	5595	5541	724
30	2014	135	135	1879	30	6212	178	178	6034
31	2077	1871	1821	206	31	6223	5524	5518	699
32	2066	1870	1818	196	32	6336	5615	5535	721
40	2080	179	179	1901	40	6090	183	183	5907
41	2057	1859	1825	198	41	6329	5603	5541	726
42	2025	1820	1755	205	42	6258	5513	5472	745

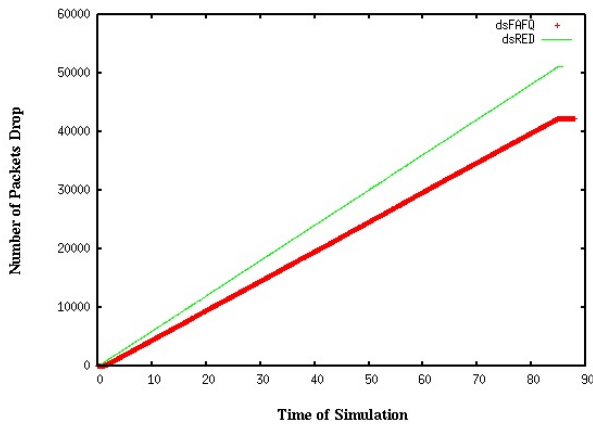
Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	EnPkts	TxPkts	ldrops	CP	TotPkts	EnPkts	TxPkts	ldrops
All	49994	30460	30087	19534	All	99994	60310	59941	39684
10	4238	200	198	4038	10	8506	401	401	8105
11	4065	3743	3699	322	11	8290	7467	7415	823
12	4089	3729	3694	360	12	8208	7347	7317	861
20	4273	106	106	4167	20	8418	225	225	8193
21	4141	3634	3621	507	21	8211	7280	7229	931
22	4245	3772	3697	473	22	8372	7464	7412	908
30	4148	177	177	3971	30	8309	223	223	8086
31	4145	3748	3694	397	31	8323	7395	7373	928
32	4165	3739	3691	426	32	8417	7468	7406	949
40	4094	183	183	3911	40	8191	183	183	8008
41	4224	3748	3698	476	41	8404	7460	7413	944
42	4167	3681	3629	486	42	8345	7397	7344	948

جدول ۳- تعداد بسته‌های تولید شده، ارسال شده و دور ریخته شده در روش dsRED

Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops	CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
All	24986	12526	11992	468	All	74986	37526	36084	1376
10	2508	2508	0	0	10	7508	7508	0	0
11	7486	5174	2312	0	11	22487	15174	7313	0
20	2508	2322	186	0	20	7508	7322	186	0
21	12484	2522	9494	468	21	37483	7522	28585	1376

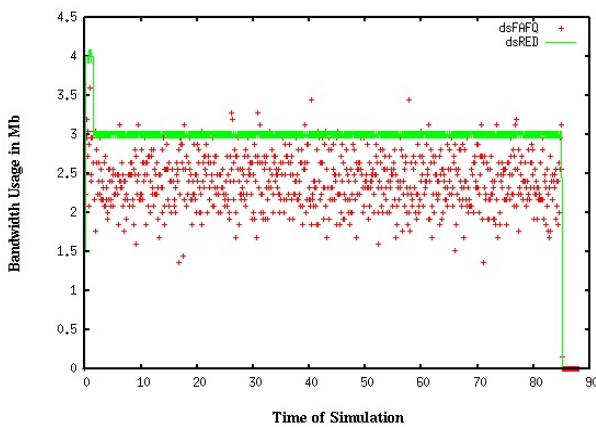
Packets Statistics					Packets Statistics				
CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops	CP	TotPkts	TxPkts	ldrops	edrops
All	49986	25030	24050	906	All	99986	50025	48118	1843
10	5008	5008	0	0	10	10008	10008	0	0
11	14987	10175	4812	0	11	29987	20173	9814	0
20	5008	4822	186	0	20	10008	9822	186	0
21	24983	5025	19052	906	21	49983	10022	38118	1843

فرستنده می‌باشد که برتری روش پیشنهادی نسبت به دو روش دیگر را به وضوح نشان می‌دهد. همچنین در شکل ۱۱ میزان دور ریختن بسته‌های دریافتی از دو فرستنده نشان داده شده که بیان کننده این است که در روش پیشنهادی تعداد بسته‌های کمتری در اثر ازدحام از بین رفته و کارایی آن بالاتر است.



شکل ۱۱- مقایسه نرخ دور ریختن بسته‌ها در روش پیشنهادی و صف dsRED

در شکل ۱۲ میزان پهنای باند مصرف شده در خط خروجی مسیریاب برای روش پیشنهادی و روش تشخیص زود هنگام مبتنی بر خدمات متمایز ترسیم شده است. این شکل نشان می‌دهد که سهم پهنای باند روش پیشنهادی در شرایط یکسان کمتر از پهنای باند استفاده شده در روش تشخیص زود هنگام مبتنی بر خدمات متمایز می‌باشد.

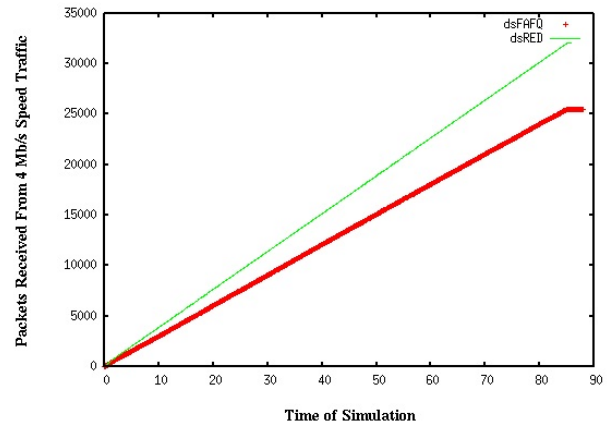


شکل ۱۲- مقایسه پهنای باند استفاده شده در روش پیشنهادی و صف dsRED

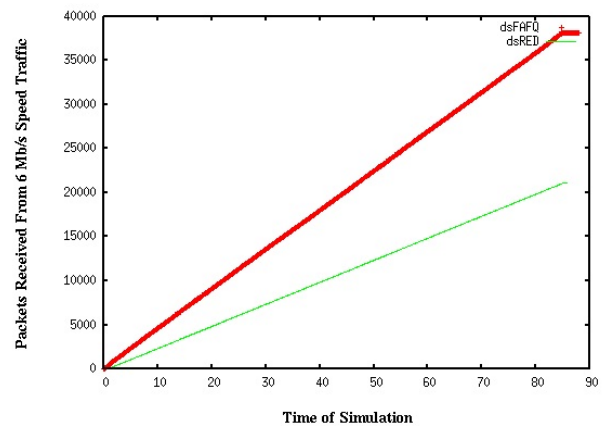
۶- نتیجه گیری

در الگوریتم ارائه شده مبتنی بر فازی به دلیل اینکه هدایت بسته‌ها به درون صف‌ها بر اساس توابع عضویت تعریف شده، انجام می‌گیرد و سرویس‌دهی به صف‌ها جهت خروج بسته از مسیریاب به صورت چرخشی انجام می‌گیرد، احتمال گرسنگی در روش پیشنهادی با درصد بسیار زیادی نسبت به روش صف تشخیص زود هنگام کاهش پیدا می‌کند. از طرفی با توجه به اینکه در این روش فضای بافر کلاس‌بندی شده است و ورود به کلاس‌ها توسط کنترل‌کننده فازی و بر اساس وضعیت صف‌های موجود در مسیریاب کنترل می‌شود تقریباً از تمام فضای بافر استفاده شده که این خود باعث عدم هدر رفتن فضای بافر مسیریاب خواهد شد. در این الگوریتم اولاً در صورت افزایش ظرفیت صف‌های مسیریاب، تعداد بسته‌های دور

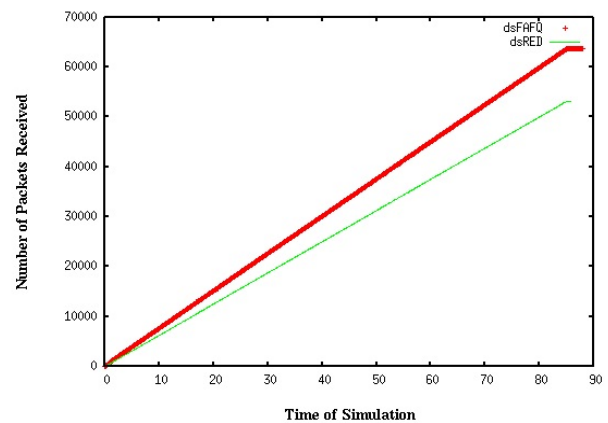
همانگونه که در شکل‌های ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ ملاحظه می‌شود کارایی روش پیشنهادی در مقایسه با روش dsRED ارزیابی و این مقایسه حکایت از بهبود روش پیشنهادی که مبتنی بر منطق فازی است، نسبت به روش تشخیص زود هنگام در گره‌های مبتنی بر خدمات متمایز دارد.



شکل ۸- مقایسه ارسال بسته‌ها از مولد ترافیک با نرخ 4Mb/s در روش پیشنهادی و صف dsRED



شکل ۹- مقایسه ارسال بسته‌ها از مولد ترافیک با نرخ 6Mb/s در روش پیشنهادی و صف dsRED



شکل ۱۰- مقایسه نرخ ارسال کل بسته‌ها در روش پیشنهادی و صف dsRED

شکل ۸ میزان ارسال بسته‌های دریافتی از فرستنده اول و با میزان ترافیک 4Mb/s و شکل ۹ میزان ارسال بسته‌های دریافتی از فرستنده دوم و با میزان ترافیک 6Mb/s و شکل ۱۰ میزان کل ارسال بسته‌های دریافت شده از دو

[11] A. Lotfi Zadeh, and C. Berkley, *Fuzzy Logic Toolbox For use with Matlab*, MathWorks, 1995.

[12] R. Haden, "Quality of Service, Diff Serv Code Point, IP Precedence," Retrieved from rhyshaden: <http://www.rhyshaden.com/qos.htm>, 2010.

[13] K. Fall, and K. Varadhan, *The NS Manual*, The VINT Project A Collaboration between researchers at UC Berkeley, LBL, USC/ISI, and Xerox PARC.

[14] B. Braden, D. Clark, J. Crowcroft, B. Davie, S. Deering, D. Estrin, S. Floyd, V. Jacobson, G. Minshall, C. Partridge, L. Peterson, K. Ramakrishnan, S. Shenker, J. Wroclawski, and L. Zhang, *Recommendations on Queue Management and Congestion Avoidance in the Internet* (RFC), IETF RFC2309, 1998.

[15] S. Floyd and V. Jacobson. "Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 1, no. 4, pp. 97-413, 1993.

[16] P. Piedad, J. Ethridge, M. Baines, and F. Shallwani, *A Network Simulator Differentiated Services Implementation*, Open IP, Nortel Networks, 2000.



علیرضا یوسفزاده بحری مدرک کارشناسی را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر در سال ۱۳۸۲، و در بهمن ماه ۱۳۸۹ از پایان نامه خود در مقطع کارشناسی ارشد واحد علوم و تحقیقات دفاع نموده و هم‌اکنون عضو گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوسنگرد و اهواز بوده و بعنوان نویسنده یا همکار نویسنده در نشریات علمی و همایش‌های داخلی و بین‌المللی دارای مقاله می‌باشد.

آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

alireza.yousefzadeh@gmail.com



امیر مسعود بیدگلی مدرک کارشناسی را در رشته برق و الکترونیک از دانشگاه لانکستر انگلستان و مدرک کارشناسی ارشد را در رشته کامپیوتر، کنترل و الکترونیک از دانشگاه سالفورد و منچستر انگلستان و مدرک دکتری خود را در رشته سخت‌افزار، نرم‌افزار کامپیوتر و الکترونیک از دانشگاه سالفورد و منچستر انگلستان اخذ نموده و هم‌اکنون عضو هیات علمی تمام وقت گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد واحد تهران شمال است و علاوه بر تالیف کتاب، بعنوان نویسنده یا همکار نویسنده در بیش از ۵۰ نشریه علمی و همایش‌های داخلی و بین‌المللی مقاله دارد.

آدرس پست‌الکترونیکی ایشان عبارت است از:

am_bidgoli@iau-tnb.ac.ir



امیر مسعود رحمانی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه امیرکبیر تهران در سال ۱۳۷۵، مدرک کارشناسی ارشد را در رشته مهندسی کامپیوتر از دانشگاه صنعتی شریف تهران در سال ۱۳۷۷ و مدرک دکترا در رشته کامپیوتر را از دانشگاه علوم و تحقیقات تهران در سال ۱۳۸۳ دریافت نموده و هم‌اکنون دانشیار در گروه مهندسی کامپیوتر واحد

ریخته شده در اثر ازدحام به شدت کاهش یافته و عملاً می‌توان نتیجه مطلوب‌تری از این الگوریتم حاصل نمود و ثانیاً در صورت اختصاص پهنای باند بیشتر به خط خروجی مسیریاب، این الگوریتم تمام بسته‌های وارد شده به صف‌های مسیریاب را بصورت تضمینی ارسال می‌کند.

در الگوریتم پیشنهادی ما با افزایش ظرفیت صف‌های مسیریاب، به دلیل سربار ناشی از پردازش اطلاعات منطبق فازی و هزینه پیاده سازی آن درون مسیریاب‌های میانی شبکه، این افزایش ممکن است باعث کاهش کارایی الگوریتم شود. علاوه بر آن در این روش چون فضای بافر به ۴ کلاس مساوی طبقه‌بندی شده که همگی دارای منابع یکسانی هستند، باعث می‌شود قبل از رسیدن به آستانه صف هر نوع بسته با هر نوع اولویتی وارد صف‌ها شده و در صورت سرریز کردن صف، چون از سیاست حذف دنباله استفاده می‌شود بسته‌های با اولویت بیشتر عملاً نمی‌توانند وارد صف‌ها شده و ناچاراً دور ریخته می‌شوند.

مراجع

[1] T. Horiguchi, K. Hayashi, and A. Tretiakov, "Reinforcement Learning for Congestion-Avoidance in Packet Flow," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 349, no. 1-2, pp. 329-348, 2005.

[2] A. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Fourth ed., Prentice-Hall, 2003.

[3] T. Kimura, H. Nakajima, and T. Ikeguchi, "A Packet Routing Method for Complex Networks by a Stochastic Neural Network," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 376, pp. 658-672, 2007.

[4] B. A. Forouzan, *Data Communications and Networking*, Fourth ed., McGraw-Hill, 2004.

[5] S. Cisco, *Congestion Management Overview. Cisco IOS Quality of Service Solutions Configuration Guide*, pp. 83-116, 2008.

[6] J. Heinanen, T. Finland, F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, *Assured Forwarding PHB Group*, Lucent Technologies, RFC 2597, 1999.

[7] J. Wales, "Differentiated Services," Retrieved from wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Differentiated_services, December 2010.

[8] A. Demers, S. Keshav, and S. Shenker, "Analysis and Simulation of Fair Queuing Algorithm," *Internetworking: Research and Experience*, vol. 1, pp. 3-26, 1990.

[9] I. Barazandeh, S. S. Mortazavi, and A. M. Rahmani, "Intelligent fuzzy based biasing load balancing algorithm in distributed systems," Proc. of IEEE 9th International Conference on Communications, pp. 713-718, 2009.

[10] T. Munakata, *Fundamentals of the New Artificial Intelligence, Neural, Evolutionary, Fuzzy and More*. Springer, 2008.

علوم و تحقیقات تهران است و به عنوان نویسنده یا همکار نویسنده در بیش از ۱۲۰ نشریه علمی و همایش‌های داخلی و بین‌المللی مقاله دارد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان سیستم‌های توزیع شده، شبکه‌های بی‌سیم و محاسبات تکاملی است.

آدرس پست الکترونیکی ایشان عبارت است از:

rahmani@srbiau.ac.ir

اطلاعات بررسی مقاله:

تاریخ ارسال: ۸۹/۱۲/۳

تاریخ اصلاح: ۹۰/۲/۱۷

تاریخ قبول شدن: ۹۰/۳/۳

نویسنده مرتبط: علیرضا یوسفزاده بحری، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران.

-
- ¹ Congestion Control
 - ² Sequence Control
 - ³ Data Flow
 - ⁴ Router
 - ⁵ Differentiated Services (DS)
 - ⁶ Distributed Class-Based Queuing
 - ⁷ Low Drop Precedence
 - ⁸ Edge Router
 - ⁹ Core Router
 - ¹⁰ Starvation
 - ¹¹ Virtual Queue (Precedence)
 - ¹² Fuzzy Controller
 - ¹³ Round Robin
 - ¹⁴ Queue Load
 - ¹⁵ Fuzzy Set
 - ¹⁶ Waiting Time
 - ¹⁷ Forward Packet
 - ¹⁸ Membership Function
 - ¹⁹ Trapezoidal Membership Function
 - ²⁰ Triangular Membership Function
 - ²¹ Code Point
 - ²² Traffic Agent
 - ²³ Constant Bit Rate Traffic
 - ²⁴ Low Drop Precedence
 - ²⁵ TailDrop
 - ²⁶ Code Point
 - ²⁷ Packets Send
 - ²⁸ Packets Drop
 - ²⁹ Link Delay
 - ³⁰ Simulation Time