



Analysis of Quality of Service (QoS) Parameters of Voice over IP (VoIP)

Meraj Rajae

Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Dr. Shariaty, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Received: 02.12.2020

Accepted: 06.14.2020

آنالیز پارامترهای کیفیت سرویس ترافیک VoIP

معراج رجایی*

استادیار، دپارتمان مهندسی برق، دانشکده دکتر شریعتی تهران، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳

This article analyzes the performance comparison of scheduling algorithms WFQ, PQ and FIFO using simulation of various scenarios such as (traffic crashes, incoming traffic, end-to-end delays, etc.) is covered in a wire network under VoIP. The active MSRP method has been suggested as a bandwidth reservation method. In this research, different queuing methods are evaluated with the help of OPNET simulator to manage, adjust and prioritize the packages in the buffers before sending them. Various parameters such as vibration, package's delay changes, package's end-to-end delay changes, and traffic of sent and received packages have been investigated. Also, the performance of different queuing designs is affected by different numbers of nodes. Finally, the best queuing scheme has been selected from this analysis and evaluation.

Keywords:

FIFO, PQ, WFQ, OPNET, queuing.

چکیده

در این مقاله به تجزیه و تحلیل عملکرد الگوریتم‌های زمان‌بندی FIFO, PQ و WFQ با استفاده از شبیه‌سازی سناریوهای مختلف از جمله سقوط ترافیکی، ترافیک دریافتی، تأخیر انتها به انتها و غیره، در یک شبکه سیمی تحت VoIP پرداخته می‌شود. همچنین روش MSRP فعال به‌عنوان روش رزرو پهنای باند پیشنهاد شده است. روش‌های صف‌بندی مختلف با کمک شبیه‌سازی OPNET مورد ارزیابی قرار می‌گیرند تا بسته‌های موجود در بافرها را پیش از ارسال آن‌ها مدیریت، تنظیم و اولویت‌بندی کنند. از سوی دیگر، پارامترهای مختلف مانند لرزش، تغییرات تأخیر بسته و تأخیر end to end بسته و ترافیک بسته‌های ارسالی و دریافتی بررسی شده‌اند. عملکرد طرح‌های صف‌بندی مختلف نیز تحت تأثیر تعداد مختلف گره‌ها قرار می‌گیرند. در نهایت از این تحلیل و ارزیابی، بهترین طرح صف‌بندی انتخاب شده است.

واژگان کلیدی:

الگوریتم‌های زمان‌بندی، صف‌بندی FIFO, PQ و WFQ, OPNET.

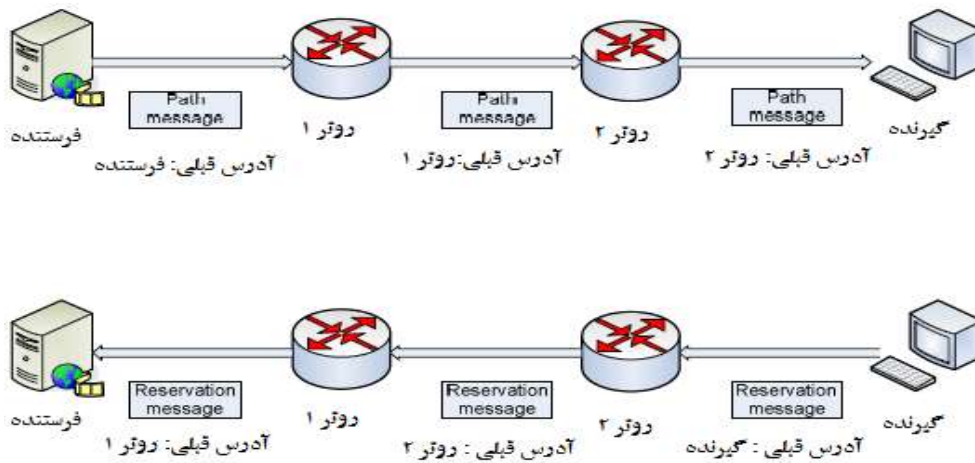
۱. مقدمه

در حال حاضر شبکه جهانی اینترنت تنها سرویس بهترین تلاش را به کاربران ارائه می‌دهد. یکی از معایب اصلی این سرویس این است که به‌رغم اینکه مسیریاب‌های شبکه به‌خوبی قادر به دریافت و پردازش بسته‌های ورودی هستند، هیچ‌گونه تضمینی در مورد سالم‌رسیدن بسته‌ها به مقصد وجود ندارد. در این میان، هریک از خدمات درخواست رزرو پهنای باند یا خدمات خروج رزرو پهنای باند با استفاده از پروتکل ثبت‌نام جریان‌های متعدد (MSRP^۱) در شبکه محلی محفوظ می‌ماند، ولی مکانیزم MSRP تاکنون نتوانسته است موارد زیادی از رزرو پهنای باند و سرویس خروج رزرو پهنای باند را به‌درستی مدیریت کند [۲]. در حال حاضر کلاس‌های سرویس متنوعی مورد توجه برای توسعه هستند. یکی از این کلاس‌ها، به شرکت‌ها و مراکز ارائه سرویس وب اختصاص دارد که نیازمند ارائه سرویس سریع و مطمئن به کاربران هستند. این نوع کلاس سرویس به ترتیب به زیرکلاس‌های دیگری با کیفیت‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شود.

یکی از کلاس‌های سرویس نوین در اینترنت، سرویسی است که نیاز به تأخیر و تغییرات تأخیر اندکی دارد. سرویسی مانند تلفن اینترنتی و کنفرانس‌های ویدئویی اینترنتی نمونه‌هایی از این کلاس سرویس هستند. در حال حاضر بیشتر تولیدکنندگان مسیریاب و سوئیچ‌های شبکه اینترنت، در حال بررسی و افزودن مکانیزم‌هایی برای تضمین کیفیت سرویس در محصولات خود هستند. در کاربردهای زمان حقیقی پیش از ارسال هرگونه داده‌ای، ابتدا باید با کمک پروتکل‌های سیگنالینگ، مسیر اولیه‌ای برای رزرو منابع در کاربردهای زمان برقرار شود و منابع لازم - در صورت وجود - در این مسیر رزرو شود.

از پروتکل RSVP در اینترنت استفاده می‌شود. این پروتکل رزرو، منبع نوعی سرویس مجتمع (IntServ^۲) است که در مکانیزم رزرو روی لایه انتقال کار می‌کند. RSVP را می‌توان با استفاده از میزبان‌ها یا روترها استفاده کرد. RSVP چگونگی رزرو مکان برنامه‌های کاربردی را بیان می‌کند. به‌طور کلی عملیات RSVP در منابع هر گره در امتداد یک مسیر محفوظ است؛ همچنین، اطلاعات کاربردی انتقال نیست بلکه یک پروتکل کنترلی اینترنت مانند IGMP, ICMP یا پروتکل مسیریابی است [۳]. شکل شماره ۱ فرایند رزرو با RSVP را نشان می‌دهد.

1. Multiple Stream Registration Protocol
2. Integrated Service



شکل شماره ۱. مکانیزم رزرو با RSVP

هر دستگاه باید از RSVP پشتیبانی کرده و حالت رزرو هر گره در طول مسیر را ذخیره کند [۱]. اجرای RSVP دشوار است زیرا مسیر ترافیک در اینترنت ثابت نیست؛ به همین دلیل کمتر از آن استفاده می‌شود و برای حل معایب آن، سرویس‌های متفرق^۱ ارائه شده است [۴].

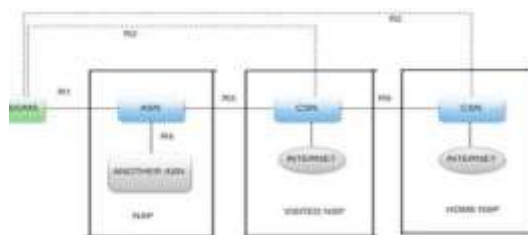
خدمات چندرسانه‌ای مانند VOIP^۲ و جریان رسانه‌ای به انتظاراتی برای نسل آینده تبدیل شده‌اند. برای ارائه این برنامه کاربردی به مشتریان، به اتصالی با کیفیت بالا نیاز است و تکنولوژی BWA (دسترسی وایرلس پهن‌بند) در همین راستا مطرح می‌شود. به کاربران وعده داده شده است که دسترسی یکپارچه اینترنت مگابیت برایشان فراهم شود. یکی از فناوری‌های تحت BWA، وایمکس است [۵]. مقرر شده است که بر اساس IEEE 802.16 دسترسی وایرلس پهن‌بند در مترو ارائه شود. وایمکس با سرعت ۷۰ Mbps و پوششی با بُرد ۵۰ مایل، از قابلیت تحرک تا حدود ۷۰ تا ۸۰ مایل در ساعت پشتیبانی می‌کند و تصور می‌شود جایگزین کابل و DSL (خط مشترک دیجیتال) شود.

IEEE 802.16 از پنج نوع کلاس خدمات با نام‌های BE (سرویس بهترین تلاش)، UGS (سرویس اعطای ناخواسته)، rtPS (سرویس رأی‌گیری بلادرنگ)، nrtPS (سرویس رأی‌گیری غیربلادرنگ)، و ertPS (سرویس rtPS توسعه‌یافته) پشتیبانی می‌کند. در [۶] مقایسه سیگنال صدا وجود دارد و این سیگنال فشرده‌شده، دوباره به صورت سیگنال دیجیتال مدل‌سازی می‌شود. در ادامه این بسته‌های صدای دیجیتال از IP (پروتکل اینترنت) برای مدیریت بسته‌های صدا روی شبکه IP استفاده می‌کنند.

در تحقیق حاضر، عملکرد برنامه کاربردی VOIP را با سه طرح صف‌بندی (WFQ و FIFO, PQ) بررسی

1. Differentiated Service (DiffServ)
2. Voiceover-IP

می‌کنیم. در اینجا شبکه وایمکس را با ابزار قدرتمندی به نام OPNET¹ پیاده‌سازی می‌کنیم. OPNET ابزار شبیه‌سازی شی‌گراست که محیط شبیه‌سازی بصری را برای مدل‌سازی شبکه فراهم می‌کند. همچنین ابزاری مهارتی است که نگهداری صنعتی فراگیر و پشتیبانی مستمر را سبب می‌شود. OPNET مواردی مانند تطبیق‌پذیری، استحکام، قابلیت ردیابی و محیط کاربرپسند را فراهم می‌آورد. زیرساخت سیمی برای ارائه خدمات به تعداد زیادی گره با سرعت پوششی گسترده و بالا، بسیار هزینه‌بر است؛ بنابراین برای غلبه بر این مشکلات، فناوری بی‌سیم ارزان‌قیمتی معرفی شده است که شامل زیرساخت‌های سیمی شبکه شناخته‌شده و وایمکس (قابلیت همکاری جهانی برای دسترسی مایکروویو) می‌شود. سیستم ارتباطی وایمکس دو جزء اساسی زیرساختی دارد: ایستگاه پایه وایمکس و وای‌فای گیرنده [۷]. فرسودگی آدرس IP نیز منجر به ایجاد تغییرات از معماری میزبان تا محتوا محور می‌شود. جاکوبسون راه‌حلی را به نام شبکه اطلاعات محور (ICN) برای غلبه بر مسائل TCP/IP پیشنهاد کرد [۸] که تازه‌ترین نوع آن است.



شکل شماره ۲. معماری ICN وایمکس



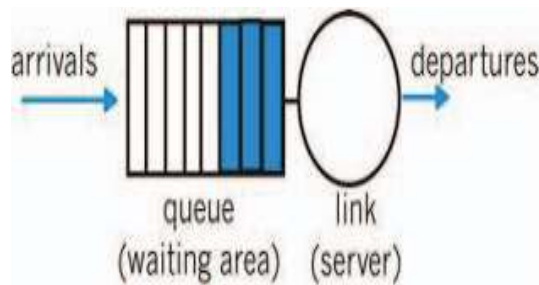
شکل شماره ۳. معماری پایه وایمکس

۲. واحدهای اندازه‌گیری ویژگی و عملکرد

صف (FIFO) First-in, First-out: صف‌بندی FIFO از آسان‌ترین طرح‌های صف‌بندی است. در صف‌بندی FIFO، بسته‌ای که اول از همه وارد بافر می‌شود، ابتدا بررسی می‌شود؛ یعنی بسته‌ای که اول از همه در بافر دیده می‌شود، پیش از همه ارسال می‌شود. گفتنی است در این طرح صف‌بندی، صرف‌نظر از کاربرد

1. OPTimum NETwork

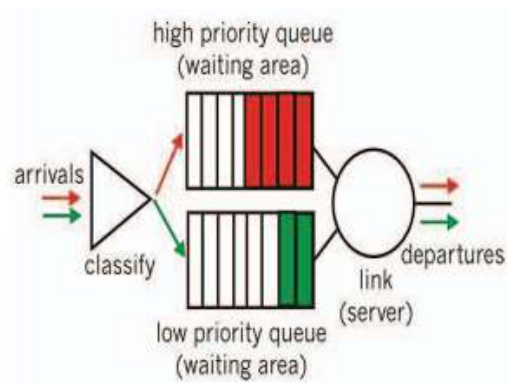
و اهمیت بسته‌ها، با همه بسته‌ها یکسان برخورد می‌کند [۱۰]. شکل شماره ۴ شیوه کارکرد صف‌بندی FIFO را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۴. صف‌بندی FIFO

۲-۱. صف اولویت

PQ مشابه FIFO است؛ تنها تفاوت این دو مکانیزم برچسب‌زدن است. PQ از مکانیزم برچسب‌زدن استفاده می‌کند که در آن، تمام بسته‌ها ابتدا با توجه به کاربرد و اهمیت‌شان برچسب می‌خورند و سپس در بافر گذاشته می‌شوند. علاوه بر این، صف‌های اولویت شامل دو بافر می‌شوند: بافر با اولویت پایین و بافر با اولویت بالا. بسته‌ای که شامل برچسب اولویت بالاتر است، ابتدا ارسال خواهد شد. شکل شماره ۵ شیوه عملکرد روش PQ را نشان می‌دهد.

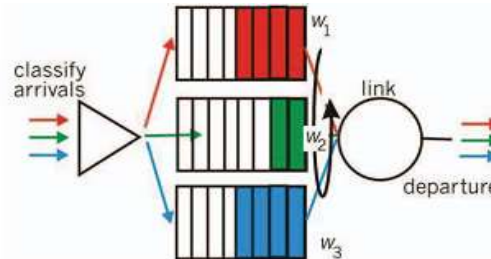


شکل شماره ۵. صف‌بندی اولویت

۲-۲. صف عادلانه وزن‌دهی شده (WFQ)

WFQ تقریباً مانند صف‌بندی اولویت PQ است. در اینجا نیز تمام بسته‌ها ابتدا با توجه به ضرورت‌شان برچسب زده می‌شوند و سپس در بافر با اولویت پایین یا بافر با اولویت بالا قرار داده می‌شوند. تنها تفاوت بین‌شان این است که WFQ شامل یک زمان‌بند WFQ است که سرویس حالت دایره‌ای را به تمام

بافرها ارائه می‌کند. در شکل شماره ۶ عملکرد روش WFQ نشان داده می‌شود.



شکل شماره ۶. صف‌بندی عادلانه وزن‌شده

۲-۳. لرزش (Sec)

لرزش به صورت انحراف در تأخیر end to end تعریف می‌شود. تأخیر ETE تأخیری است که در ارسال بسته از مبدأ به مقصد رخ می‌دهد. انحراف در تأخیر ETE به دلیل موقعیت بسته‌ها در صف و اندازه‌های مختلف صف رخ می‌دهد. همان‌طور که می‌دانیم، تمام بسته‌ها در صف‌های مختلفی قرار می‌گیرند؛ بنابراین لازم است لرزش به حداقل برسد تا کیفیت صدای اطلاعات ارسالی بهبود یابد (به‌ویژه در برنامه‌هایی که نیازمند ارسال بلادرنگ داده‌ها هستند).

۲-۴. میانگین نمره نظر (MOS)

میانگین نمره نظر، نوعی اندازه‌گیری ریاضی را از کیفیت سیگنال صوتی ارائه می‌کند که پس از ارسال درک می‌شود [۱۱]. در جدول شماره ۱ طرح امتیازدهی مورد استفاده برای تسلط بر کیفیت فرضی سیگنال‌های صوتی، نشان داده می‌شود.

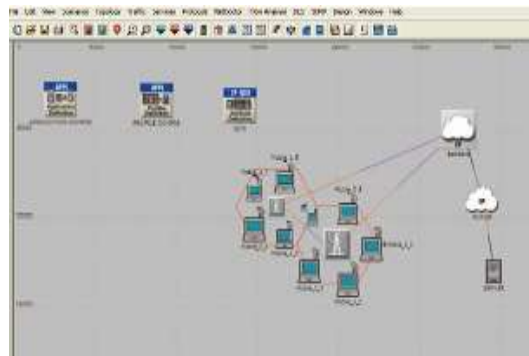
جدول شماره ۱. مقادیر MOS و کیفیت صدای درک‌شده آن‌ها

MOS value	Perceived Quality	Degree of Impairment
۵	Excellent	Imperceptible
۴	Good	Perceptible but Annoying
۳	Fair	Slightly Annoying
۲	Poor	Annoying
۱	Bad	Very Annoying

۳. سناریو و تنظیمات

ما در اینجا شش پروژه با تعداد مختلفی ایستگاه کاری (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰) داریم. در هر پروژه،

سه سناریوی مختلف برای هر رشته صف (FIFO, WFQ, PQ) وجود دارد. برای آسانی انجام عملیات، در اینجا سناریوی ساده‌ای را نشان دادیم که شامل دو ایستگاه پایه است و هر ایستگاه پایه شامل پنج ایستگاه کاری می‌شود. هر دو ایستگاه پایه به گره ستون فقرات وصل می‌شوند. این گره به ابر IP در آخرین ابر متصل به سرور اتصال می‌یابد. برنامه‌ای که برای این ایستگاه‌های کاری از پروفایل پشتیبانی می‌کند G711 است. این ایستگاه‌های کاری از برنامه VOIP پشتیبانی می‌کنند. در شکل شماره ۷ یک شبکه پایه نشان می‌شود ولی برای هر سناریوی پروژه، دقیقاً همان تعداد ایستگاه کاری یا کاربر نهایی وجود دارد. ما برای هر پروژه جدید، فقط تعداد کاربران نهایی در هر سلول را افزایش دادیم.



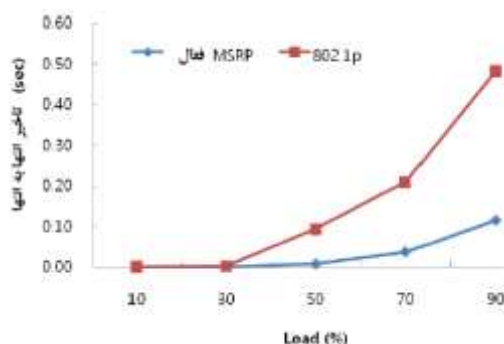
شکل شماره ۷. نمایی از سناریو شبیه‌سازی شمای کلی شبکه

۳-۱. تحلیل شبیه‌سازی

برای آزمایش فرایند MSRP مطرح‌شده با وضعیت ناموفق بودن رزرو پهنای باند، از شبیه‌ساز شبکه OPNET استفاده شده است. ترافیک بارگذاری حساس به زمان تنظیم می‌شود: ترافیک غیرحساس به زمان در هر یک از لینک‌ها و ترافیک حساس به زمان با ترافیک صدا و تصویر استفاده می‌شود. نرخ تولید ترافیک و پیگیری مشخصه این‌طور است که صدا حمل‌ونقل تسریع‌شده (EF) است، ویدئو حمل‌ونقل تضمین‌شده (AF) است و ترافیک غیرحساس به زمان بهترین تلاش (BE) است. ترافیک EF برای انتقال داده‌های صوتی استفاده می‌شود که آن یک نرخ بیت پیوسته (CBR) در شبکه ATM است. این تحلیل شبیه‌سازی توسط شبیه‌ساز OPNET 14.5 انجام شده است.

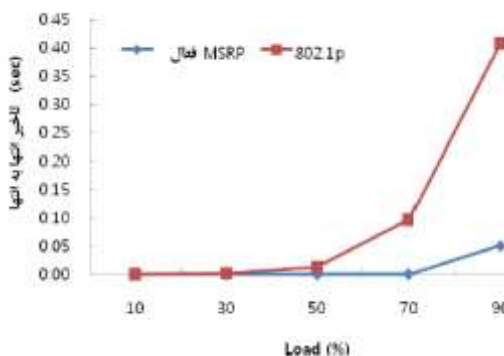
در این بخش، روش‌های رزرو پهنای باند فعلی مانند پروتکل رزرو منبع (RSVP) و IEEE 802.1p معرفی شده است. با مقایسه عملکرد MSRP با پروتکل‌های دیگر، تأخیر انتها به انتها با ترافیک حساس به زمان و ترافیک غیرحساس به زمان اندازه‌گیری می‌شود. علاوه‌براین، میزان استفاده از پهنای باند رزوروشده هر ترافیک را درحالی‌که رزرو پهنای باند در وضعیت ناموفق قرار دارد، آزمایش شد. شکل

شماره ۸ تأخیر انتها به انتهای ترافیک صدا در حال استفاده از روش پیشنهادی در مقاله و نیز IEEE 802.1p را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، استفاده از MSRP فعال تأخیر انتها به انتهای کمتری نسبت به 802.1p دارد.



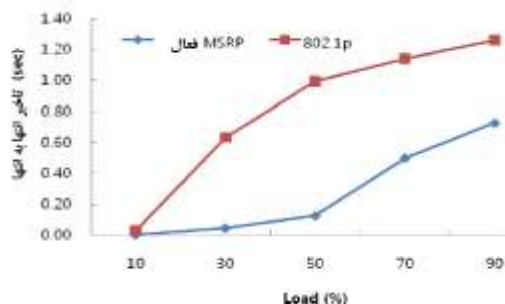
شکل شماره ۸. تأخیر انتها به انتهای ترافیک صدا در حال استفاده از روش پیشنهادی

شکل شماره ۹ نتایج تأخیر دسترسی به رسانه انتقال تأخیر انتها به انتهای ترافیک ویدئو را با استفاده از روش IEEE 802.1p نشان می‌دهد. همچنین این شکل نشان می‌دهد، تأخیر انتها به انتهای MSRP فعال نسبت به 802.1p کمتر است.



شکل شماره ۹. تأخیر انتها به انتهای ترافیک ویدئو در حال استفاده از روش پیشنهادی

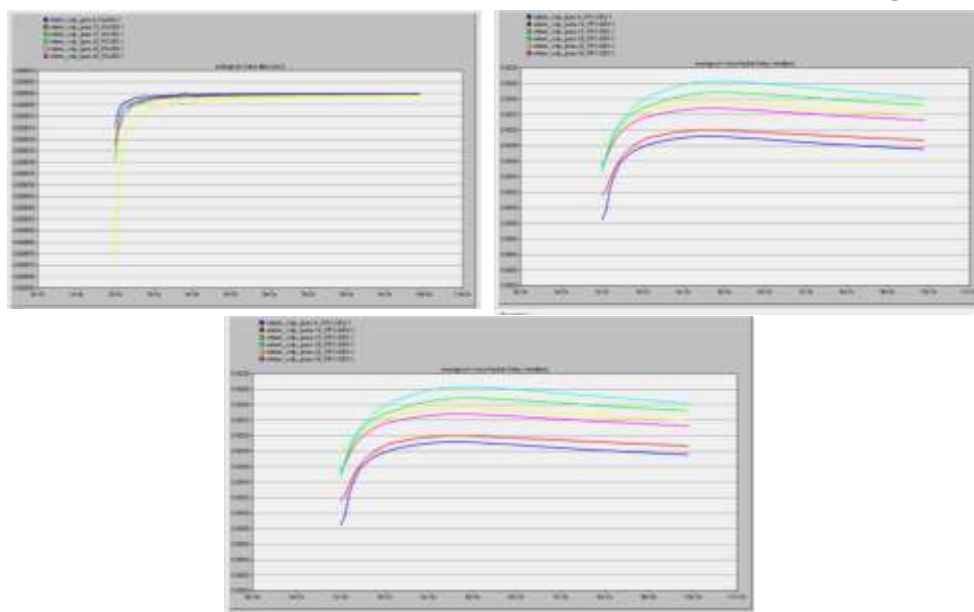
شکل شماره ۱۰ تأخیر انتها به انتهای ترافیک غیرحساس به زمان را نشان می‌دهد. در مورد IEEE 802.1p اگر مقدار ترافیک از سرعت پردازش پل بیشتر باشد، ترافیک با اولویت کمتر فرستاده نشده و دور انداخته می‌شود؛ بنابراین تأخیر انتها به انتهای ترافیک غیرحساس به زمان با استفاده از IEEE 802.1p افزایش می‌یابد، اما به‌طور هندسی افزایش نمی‌یابد.



شکل شماره ۱۰. تأخیر انتها به انتها ترافیک غیر حساس به زمان

۳-۲. لرزش طرح‌های صف‌بندی

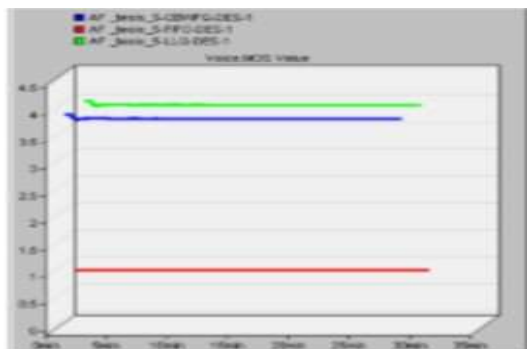
در شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ مقدار لرزش طرح‌های صف‌بندی FIFO, PQ و WFQ نشان داده می‌شود. در اینجا قابل مشاهده است که در هر روش صف‌بندی، مقدار لرزش برای ۵، ۱۰ و ۱۵ ایستگاه کاری، تقریباً برابر با ۰ ثانیه است. وقتی تعداد کاربران افزایش می‌یابد مقدار لرزش هم برای هر طرح متفاوت است. برای ۳۰ ایستگاه کاری در FIFO، مقدار لرزش برابر است با $2/3 \times 10^{-4}$ ثانیه، برای ۲۵ کاربر برابر است با $2/2 \times 10^{-4}$ ثانیه، و برای ۲۰ کاربر نهایی، برابر است با $2/3 \times 10^{-4}$ ثانیه. در طرح WFQ مقدار لرزش برای ۳۰، ۲۵ و ۲۰ ایستگاه کاری برابر است با 3×10^{-7} ، $3/6 \times 10^{-6}$ ، $1/4 \times 10^{-6}$ ثانیه



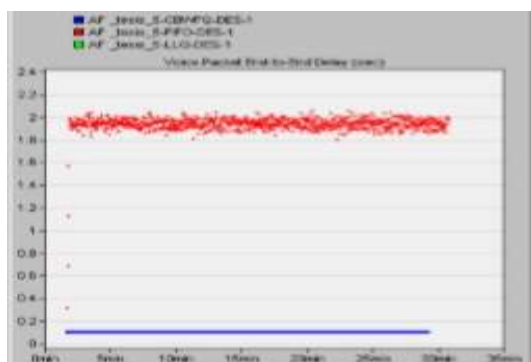
شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳. لرزش برای صف‌بندی عادلانه وزن شده

۳-۳. مقدار MOS

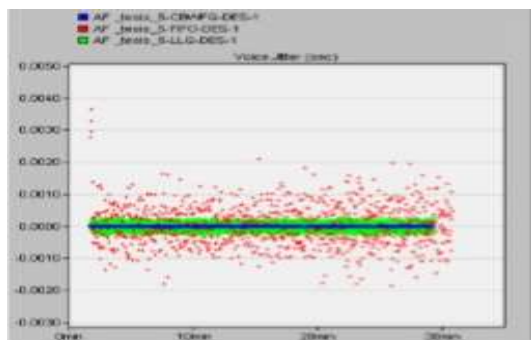
به طور مشابه در اینجا از شکل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶ می‌توانیم متوجه شویم که مقدار MOS برای ایستگاه‌های کاری ۵، ۱۰ و ۱۵ تقریباً برای هر روش صف‌بندی برابر است با $\frac{3}{6}$ ثانیه.



شکل شماره ۱۴. نتایج نرخ دریافت بسته‌های داده برای MOS برای صف‌بندی اولویت



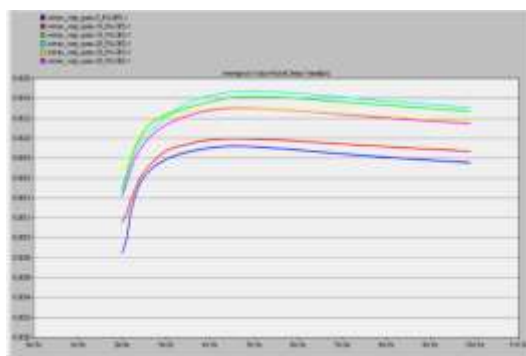
شکل شماره ۱۵. نتایج نرخ دریافت بسته‌های داده برای MOS برای صف‌بندی FIFO



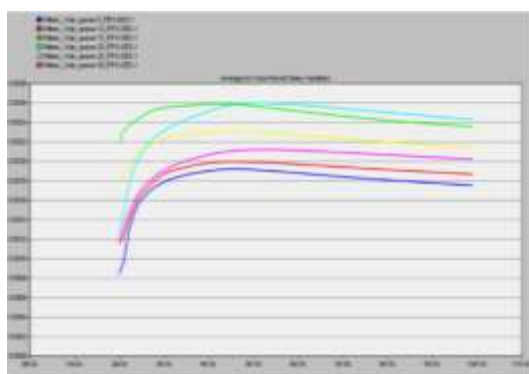
شکل شماره ۱۶. مقدار MOS برای صف‌بندی عادلانه وزن‌شده

۳-۴. تغییر تأخیر بسته

از شکل‌های ۱۷، ۱۸ و ۱۹ می‌توان متوجه تغییر تأخیر بسته برای طرح‌های مختلف صف‌بندی شد. در FIFO این مقدار برای ۵ و ۱۰ و ۱۵ ایستگاه کاری برابر است با صفر و برای ۲۰ ایستگاه کاری نیز تقریباً از $1/2 \times 10^{-4}$ تا $2/6 \times 10^{-4}$ است. برای ۲۵ کاربر، این مقدار در هر سلول $1/8 \times 10^{-4}$ تا $2/3 \times 10^{-4}$ تغییر می‌کند و برای ۳۰ کاربر نهایی، این مقدار از $1/2 \times 10^{-4}$ تا $2/1 \times 10^{-4}$ در نوسان است. در رشته PQ، مقدار تغییر تأخیر بسته تا زمانی که ایستگاه‌های کاری ۲۰ تا هستند برابر است با 8×10^{-4} تا 10^{-4} ، ۲/۲ و برای ۲۵ ایستگاه کاری، این مقدار از $1/8 \times 10^{-4}$ تا $2/3 \times 10^{-4}$ و برای ۳۰ ایستگاه کاری از 10^{-4} تا $1/5 \times 10^{-4}$ در حال تغییر است.



شکل شماره ۱۷. تغییر تأخیر بسته برای صف‌بندی FIFO



شکل شماره ۱۸. تغییر تأخیر بسته برای صف‌بندی اولویت

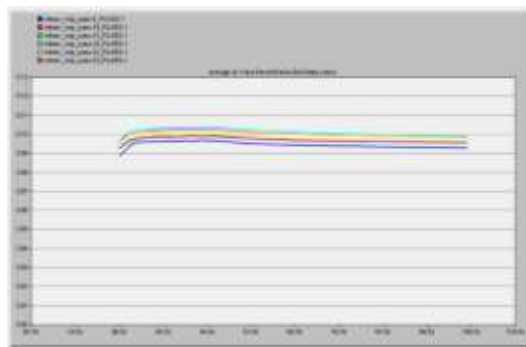


شکل شماره ۱۹. تغییر تأخیر بسته برای صف‌بندی عادلانه وزن‌شده

به‌طور مشابه، برای رشته WFQ تا زمانی که ۱۰ ایستگاه کاری وجود دارد این مقدار برابر است با: از 9×10^{-4} تا 2×10^{-4} ، وقتی تعداد ایستگاه‌های کاری در هم ضرب می‌شوند، این مقدار هم تغییر می‌کند. برای ۱۵ ایستگاه کاری، این مقدار از $1/5 \times 10^{-4}$ تا $2/4 \times 10^{-4}$ تغییر می‌کند، برای ۲۰ و ۲۵ ایستگاه کاری، این مقدار از $1/5 \times 10^{-4}$ تا $2/3 \times 10^{-4}$ و از $1/9 \times 10^{-4}$ تا $2/3 \times 10^{-4}$ برای ۳۰ کاربر، از $1/5 \times 10^{-4}$ تا $2/3 \times 10^{-4}$ در نوسان است.

۳-۵. تأخیر end to end

از شکل‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ می‌توان تأخیر end to end بسته را برای تمام رشته‌های صف‌بندی مشاهده کرد. برای صف‌بندی FIFO برای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ ایستگاه کاری به ترتیب ۰/۱، ۰/۹۵، ۰/۹۲، ۰/۱، ۰/۱، ۰/۱ برای صف‌بندی اولویت و صف‌بندی عادلانه وزن‌شده نیز به همین ترتیب است.



شکل شماره ۲۰. تأخیر end to end بسته برای صف‌بندی FIFO



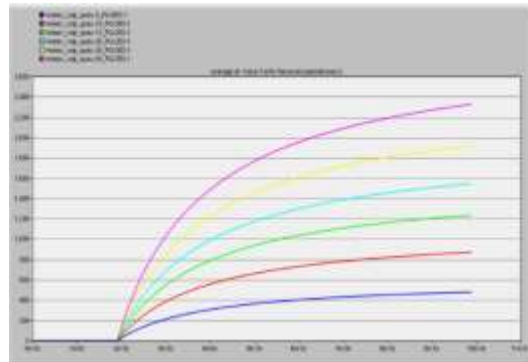
شکل شماره ۲۱. تأخیر end to end بسته برای صف بندی اولویت



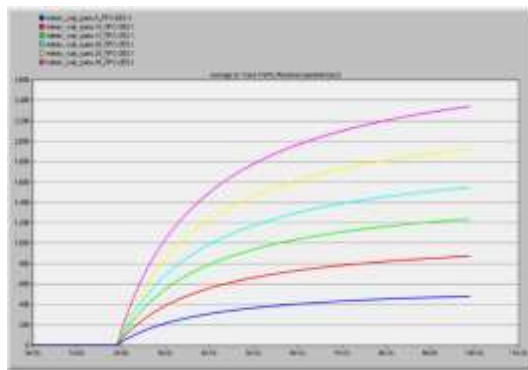
شکل شماره ۲۲. تأخیر end to end بسته برای صف بندی عادلانه وزن شده

۳-۶. ترافیک بسته های دریافتی

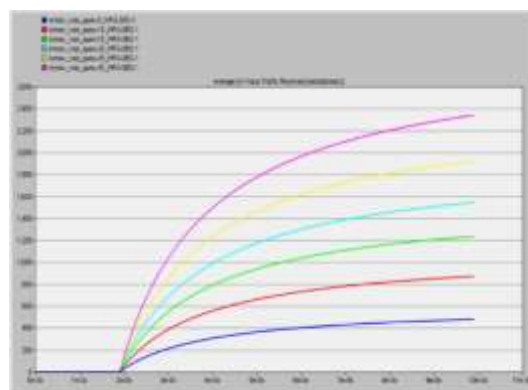
شکل های ۲۳، ۲۴ و ۲۵ ترافیک بسته های دریافتی را برای سه صف بندی مورد نظر نشان می دهد که برای ایستگاه های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ از صفر تا نزدیکی ۲ میلی ثانیه برای هر سه صف بندی صفر و از ۲ میلی ثانیه به بعد به ترتیب برابر است با: ۰/۰۵، ۰/۰۹، ۱/۳۵، ۲/۷، ۱/۹۵، ۲/۳.



شکل شماره ۲۳. ترافیک بسته‌های دریافتی برای FIFO



شکل شماره ۲۴. ترافیک بسته‌های دریافتی برای صف‌بندی اولویت

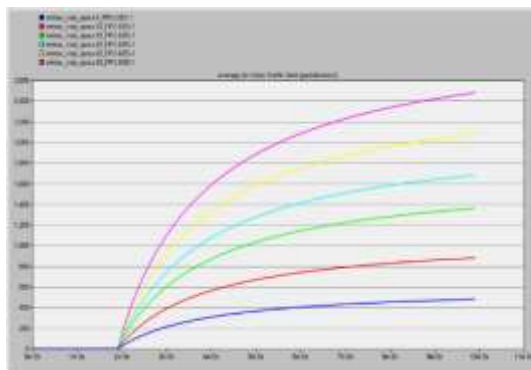


شکل شماره ۲۵. ترافیک بسته‌های دریافتی برای صف‌بندی عادلانه وزن‌شده

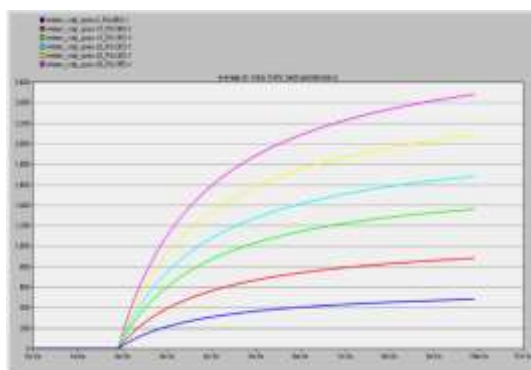
۳-۷. ترافیک بسته‌های ارسالی برای سه صف‌بندی

شکل‌های ۲۶، ۲۷ و ۲۸ ترافیک بسته‌های ارسالی را برای سه صف‌بندی نشان می‌دهد که برای هر کدام

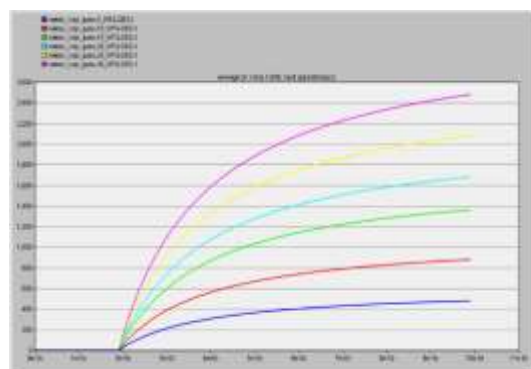
یکسان است و در همه ایستگاه‌ها از صفر تا نزدیک ۲ میلی‌ثانیه و سپس برابر است با: ۰/۰۵، ۰/۰۹، ۱/۳۵، ۱/۷، ۲/۱ و ۲/۵ میلی‌ثانیه به ترتیب افزایش ایستگاه‌ها.



شکل شماره ۲۶. ترافیک بسته‌های ارسالی برای صف‌بندی



شکل شماره ۲۷. ترافیک بسته‌های ارسالی برای صف‌بندی اولویت



شکل شماره ۲۸. ترافیک بسته‌های ارسالی برای صف‌بندی عادلانه وزن‌شده

۴. نتیجه گیری

در این پژوهش، کارایی سه صفبندی PQ, FIFO, WFQ با کمک شبیه‌ساز OPNET و پارامترهای مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور شبکه بی‌سیم IEEE 802.1 طراحی شدند و هرکدام به ازای معیارهای مختلفی ارزیابی شدند. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد مقدار MOS، تغییر تأخیر بسته، و تأخیر end to end بسته برای سه طرح صفبندی مختلف مطرح شد. همچنین این پارامترها با تعدادی ایستگاه کاری مورد محاسبه قرار گرفت که میزان لرزش، تأخیر پایانه به پایانه و اختلاف تأخیر بسته‌ها را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد و در نتیجه کارایی شبکه تا اندازه زیادی کاهش می‌یابد. در این مقاله، روش‌هایی برای مدیریت کیفیت و پهنای باند مصرفی ارائه شد. در ابتدا الگوریتمی پیاده‌سازی شد تا کیفیت صدا را در بستر شبکه بهبود بخشد و منابع مصرفی را کاهش دهد. این الگوریتم در مقایسه با الگوریتم موجود پیشین، کیفیت دریافتی در گیرنده را افزایش می‌دهد. افزایش نرخ بیت معمولاً افزایش کیفیت را به همراه دارد و پهنای باند مصرفی را افزایش می‌دهد. افزایش طول بسته موجب افزایش تأخیر انتها به انتها و همچنین موجب کاهش ازدحام در شبکه می‌شود؛ بنابراین تغییر طول بسته با توجه به شرایط، کیفیت را افزایش یا کاهش می‌دهد. پس از آن، افزایش طول بسته و افزایش نرخ بیت راهگشا خواهد بود. در این حالت، کاهش تأخیر انتها به انتها تأثیر بیشتری نسبت به کاهش ازدحام در شبکه در بهبود کیفیت صدا در گیرنده دارد.

1. Sharma, A. (2017), "A proposed e-learning system facilitating recommendation using content tagging and student learning styles", *5th National Conference on E-Learning & E-Learning Technologies (ELELTECH)*, pp. 1-6.
2. Campbell, B.; Mahy, R.; Jennings, C. (2007), *The Message Session Relay Protocol (MSRP)*, September.
3. Campbell, B., (2007), "Rohan Mahy and Cullen Jennings", *The message session relay protocol (MSRP)*.
4. Park, D.; Lee, J.; Park, C.; Park, S. (2016), "New Automatic De-Registration Method Utilizing a Timer in the IEEE802. 1 TSN", *First IEEE International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI)*, pp. 47-51.
5. "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Bridges and Bridged Networks-Amendment 31: Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements", *IEEE Std 802. 1Qcc-2018 (Amendment to IEEE Std 802. 1Q-2018 as amended by IEEE Std 802. 1Qcp-2018)*, pp. 1-208.
6. www.cs.wustl.edu/~jain/cse57406/ftp/wimax_voip/index.html
7. Vikram, M.; Dr Neena Gupta (2012), "Performance analysis of QoS parameters for WiMAX networks", *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Vol. 1 (2012), pp. 105-110.
8. Elwyn, D. et al. (2015), "Content-centric Networking: Baseline Scenarios."
9. Xylomenos, G.; Ververidis, C. N.; Siris, V.A.; Fotiou, N.; Tsilopoulos, C.; Vasilakos, X.; Katsaros, K. V.; Polyzos, G. C., (2014), "A Survey of Content-Centric Networking Research," in *Communications Surveys and Tutorials, IEEE*, Vol. 16, No. 2, pp. 1024-1049.
10. James, K.; Keith, R.; "Scheduling and Policing Mechanisms", <http://www3.gdin.edu.cn/jpkc/dzxnw/jsjkj/chapter6/6-6.htm> [Apr. 3, 2011].
11. Calyam P. et al (2009), "Impact of Router Queuing Disciplines on Multimedia QoE in IPTV Deployments", in *QoMEx 2009 Int, Workshop Quality of Multimedia Experience*, pp. 92-97.
12. Minseok, S.; Naehyuck, C.; Heonshik, S. (2000), "A New Queue Discipline for Various Delay and Jitter Requirements in Real-Time Packet-Switched Networks". in *Proc. 7th Int. Conf. Real-Time Computing Systems and Applications*, 2000, pp. 191-198.