

تدارک پویای پهنانی باند در شبکه‌های سرویس متمایز با استفاده از اتماتای یادگیر سلولی

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیووتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

mmeybodi@aut.ac.ir

مهری رجائی

دانشکده مهندسی شهید نیکبخت

دانشگاه سیستان و بلوچستان

rajayi@ece.usb.ac.ir

متایز، جریان‌هایی که متعلق به کلاس یکسانی هستند با هم در یک گروه قرار گرفته و به صورت یک جریان واحد با آنها رفتار می‌شود. دو گروه، ارسال مطمئن (AF)^۴ [۷] و ارسال سریع (EF)^۵ [۸] در سرویس متایز پیشنهاد شده است.

برای تضمین کیفیت سرویس قراردادی تحت نام توافق سطح سرویس^۶ بین مشتری و ارائه‌دهنده سرویس منعقد می‌شود. در این قرارداد پارامترهای کیفیت سرویس، موارد تخلف و مسائل مالی به دقت مشخص می‌شود. تدارک منابع شبکه یکی از توابع مهم در مدیریت توافق سطح سرویس است که وظیفه آن پیکربندی منابع شبکه به منظور تضمین کیفیت سرویس می‌باشد. یکی از منابع شبکه پهنانی باند می‌باشد. تدارک پهنانی باند در شبکه‌های سرویس متمایز شامل تخصیص پهنانی باند هر اتصال به کلاس‌های مختلف سرویس می‌باشد. این کار غالباً توسط مسیریاب‌ها در حین زمانبندی ارسال بسته‌ها انجام می‌شود. چگونگی تخصیص پهنانی باند برای هر کلاس به عواملی مانند میزان تقاضا برای هر کلاس، سطح کیفیت سرویس مورد نیاز برای هر کلاس و منابع موجود بستگی دارد.

تدارک پهنانی باند به دو صورت ایستا و پویا انجام می‌شود. اگر میزان تخصیص به هر کلاس سرویس با گذشت زمان تغییر نکند تدارک به صورت ایستا و در صورتی که میزان تخصیص در طی زمان با توجه به ترافیک و سطح کیفیت سرویس ارائه شده تغییر کند، تدارک پهنانی باند به صورت پویا می‌باشد. با توجه به اینکه ترافیک شبکه در طی زمان تغییر می‌کند روش‌های تخصیص ایستای پهنانی باند کارایی و انعطاف‌پذیری لازم را ندارند و منجر به کاهش درصد استفاده از پهنانی باند می‌گردند. به همین دلیل روش‌های مختلفی برای تدارک پویای پهنانی باند گزارش شده است. برخی روش‌های گزارش شده برای تدارک پویای پهنانی باند از WFQ [۹,۱۰,۱۱] استفاده می‌کنند. این روش‌ها از نظر معیار تغییر وزن، اهداف و تعداد بروزرسانی با هم متفاوت هستند.

چکیده: در این مقاله یک روش کارا و ساده مبتنی بر اتماتای یادگیر سلولی برای تدارک پویای پهنانی باند ارائه می‌شود. روش پیشنهادی سعی در مراکزیم کردن استفاده از پهنانی باند با این شرط که کیفیت سرویس از یک آستانه از پیش تعیین شده کمتر نشود، می‌کند. میزان تدارک پهنانی باند برای هر کلاس سرویس به طور پویا در بازه‌های مشخصی از زمان براساس بازخورده که از خود مسیریاب و مسیریاب-های همسایه گرفته می‌شود تغییر می‌کند. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داده است که با استفاده از روش تدارک پویای پیشنهادی می‌توان کیفیت سرویس بهتری در مقایسه با روش تدارک ایستا از لحاظ نرخ خرابی، تاخیر و گذردهی فراهم نمود. همچنین نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات قیمت، تغییرات ترافیک و نیازمندی کیفیت سرویس واکنش نشان می‌دهد و با سرعت بالای به سمت استراتژی تدارک بهینه همگرا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرویس متمایز، تدارک پویا، اتماتای یادگیر سلولی، کیفیت سرویس.

۱- مقدمه

با پیشرفت سریع اینترنت و مطرح شدن کاربردهای جدیدی که نیاز به تضمین کیفیت سرویس دارند،^۱ IETF^۲ دو روش سرویس مجتمع^۳ [۴] و سرویس متمایز^{۵,۶} [۵] برای ارائه کیفیت سرویس در اینترنت پیشنهاد کرده است. یک دامنه در سرویس متمایز گروهی از مسیریاب‌ها هستند که سطوح سرویس مشابه و سیاست‌های یکسانی دارند. مزیت یک دامنه سرویس متمایز توسط مسیریاب‌های ورودی و خروجی تعیین می‌شود. از آنجا که در معماری سرویس متمایز جریان‌های ترافیک مشتری در گروههای مختلفی قرار می‌گیرند، پردازش‌های کنترلی مسیریاب‌های داخلی برخلاف معماری سرویس مجتمع که برای هر جریان ترافیک انجام می‌گیرد، برای هر گروه انجام می‌گیرد. در داخل دامنه سرویس

⁴ Assured Forwarding (AF)

⁵ Expedited Forwarding (EF)

⁶ Service Level Agreement (SLA)

¹ Internet Engineering Task Force

² IntServ

³ DiffServ

ارسال مطمئن، نسبت به تدارک ایستا شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات برنامه‌ریزی قیمت، نرخ ترافیک، نیازمندی کیفیت سرویس و اکتشن نشان می‌دهد و با سرعت خوبی به سمت استراتژی تدارک بهینه همگرا می‌شود.

ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ اتوماتاتی یادگیرسلولی مورد استفاده در مقاله به اختصار شرح داده می‌شود. در بخش ۳ روش تدارک پویای پهنه‌ای باند مبتنی بر اتوماتاتی یادگیرسلولی ارائه می‌شود و در بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی‌ها ارائه می‌گردد. بخش نهایی نتیجه گیری می‌باشد.

۲- اتوماتاتی یادگیر سلولی

اتوماتاتی یادگیر یک مدل انتزاعی است که تعداد محدودی عمل را می‌تواند انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی شده و پاسخی به اتوماتاتی یادگیر داده می‌شود. اتوماتاتی یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل خود را برای مرحله بعد انتخاب می‌کند [۱۹،۲۰]. اتوماتاتی یادگیر به دو گروه با ساختار ثابت و با ساختار متغیر تقسیم می‌گردد. که در این مقاله از اتوماتاتی یادگیر با ساختار متغیر استفاده شده است. برای مطالعه بیشتر به [۱۹] مراجعه کنید.

اتوماتاتی یادگیر سلولی [۲۱]، مدلی برای سیستم‌هایی است که از اجزاء ساده‌ای تشکیل شده‌اند و رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگانش و نیز تجربیات گذشته‌اش تعیین و اصلاح می‌شود. اجزاء ساده تشکیل‌دهنده این مدل، از طریق کنش و واکنش یا یکدیگر می‌توانند رفتار پیچیده‌ای از خود نشان دهند. هر اتوماتاتی یادگیر سلولی، از یک اتوماتاتی یادگیر مجهز می‌باشد که وضعیت این سلول را مشخص می‌سازد. در اتوماتاتی سلولی قانون محلی در محیط حاکم است و این قانون تعیین می‌کند که آیا عمل انتخاب شده توسط یک اتوماتاتی در یک سلول باستی پاداش داده شود و یا جریمه شود. عمل دادن پاداش و یا جریمه منجر به بروز در آوردن ساختار اتوماتاتی یادگیر سلولی بمنظور نیل به یک هدف مشخص می‌گردد. برای مطالعه بیشتر درباره اتوماتاتاهای یادگیر سلولی و کاربردهای آن می‌توان به [۲۱] مراجعه کرد. قوانین در اتوماتاتی یادگیر سلولی به سه دسته عمومی، کلی، کلی خارجی تقسیم می‌گردد [۱۹]. در قوانین کلی خارجی مقدار یک سلول در مرحله بعدی هم به مقادیر همسایه‌های آن سلول و هم به خود سلول بستگی دارد.

۳- مدل پیشنهادی

در مدل پیشنهادی، فرایند تنظیم وزن‌های کلاس‌ها در بازه‌های زمانی مشخصی که توسط مدیر شبکه تعیین می‌شود، فعال شده و وزن‌ها را بر اساس بازخوردهی که از محیط می‌گیرد تعیین می‌کند. این روش، از طریق تغییر تطبیقی وزن‌های کلاس‌ها سعی در ماقریزم کردن استفاده

در روش‌های [۱۱،۱۵،۱۶] بروزرسانی وزن‌های کلاس‌ها در هنگام شروع جریان ترافیک یا ارسال بسته صورت می‌گیرد، که با افزایش جریان‌های ترافیک مشتریان تعداد بروزرسانی‌ها افزایش می‌یابد. بعد از هر بروزرسانی، کلیه مسیریاب‌های دامنه سرویس متمایز باستی دوباره پیکربندی شوند و اگر تعداد بروزرسانی‌ها بالا باشد پیاده‌سازی این روش‌ها غیرممکن می‌شود.

در روش‌های گزارش شده در [۱۱،۱۵،۱۷] وزن‌های کلاس‌ها را در هنگام رخ دادن تخلف در کیفیت سرویس و تغییرات الگوی ترافیک کلاس‌ها تنظیم می‌کند. در [۱۸] روشی مبتنی بر یادگیری تقویتی برای تنظیم وزن‌ها ارائه شده است که با مشاهده واکنش محیط سعی در ماقریزم کردن میزان درآمد در بلند مدت می‌کند. برای هر سه روش فوق تنظیم وزن بر اساس پاسخ محیط صورت می‌گیرد. در این روش‌ها سرعت همگرایی به سیاست بهینه تنظیم وزن‌ها، معیاری برای مقایسه و کارایی روش می‌باشد.

در [۱۹] دو روش پویا که مسئله تدارک پهنه‌ای باند را با استفاده از اتوماتاتی یادگیر حل می‌کند بیان شده است. در این مقاله روشی مبتنی بر اتوماتاتی یادگیر سلولی ارائه می‌شود که قوانین آن به صورت کلی خارجی^۷ است. در این مدل، مدل یادگیری مشابه [۱] است ولی در اینجا معیار تصمیم‌گیری فقط درآمد همان اتصال نیست بلکه درآمد همسایه‌ها نیز بر تصمیم‌گیری تاثیر می‌گذارد. خصوصیات روش پیشنهادی عبارتست از:

- وزن‌های صفحه‌ای WFQ با استفاده اتوماتاتاهای یادگیر سلولی تنظیم می‌گردد.
- تنظیم وزن صفحه‌ای مسیریاب‌ها به صورت غیرمت مرکز در هر مسیریاب انجام می‌گیرد.
- برخلاف بسیاری از روش‌هایی که بروزرسانی به ازای هر تقاضای جدید یا هر تخلف انجام می‌گیرد. در روش پیشنهادی بروزرسانی در بازه‌های مشخصی از زمان که توسط مدیر سیستم تعیین می‌شود انجام می‌شود.
- قیمت‌گذاری بر اساس میزان استفاده از پهنه‌ای باند می‌باشد و هر تخلف مشمول جریمه می‌باشد.

برای بررسی کارایی روش پیشنهادی تعدادی شبیه‌سازی کامپیوتری انجام گرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در مقایسه با تدارک ایستا از متوسط تاخیر، نرخ خرابی و گذردهی بهتری برخوردار است. با توجه به نتایج شبیه‌سازی، بکارگیری روش پیشنهادی باعث افزایش ۱۶ درصدی سود، بهبود ۱۵ و ۳۴ درصدی تاخیر به ترتیب در کلاس‌های ارسال سریع و ارسال مطمئن و بهبود ۱۵/۷۴ و ۲/۷ برای مکوس نرخ خرابی به ترتیب در کلاس‌های ارسال سریع و

⁷ Outer totalistic

مسیریاب مورد نظر در مسیر حرکت جریان ترافیک قرار دارند) و دیگر همسایه‌هایی که در پایین جریان ترافیک قرار دارند.

Algorithm dynamic provisioning(i indicates router id and j indicates class)

- 1) Give violation in delay and throughput from destination node
- 2) Compute revenue of this interval

$$rev_i = \sum (c_j \times t_{i,j} - p_{loss,j} \times I_{i,j} - p_{dly,j} \times th_{i,j})$$
- 3) Compute average of revenue

$$avgrev_i = \gamma rev_i + (1-\gamma)avgrev_i$$
- 4) send its revenue and average revenue to its upstream cells
- 5) give revenue and average revenue from its down stream cells
- 6) $revn_i$ = sum of revenue own cell and down stream cells
- 7) $avgrevn_i$ = sum of average revenue own cell and down stream cells
- 8) for all class j
- 9) $revnc_{i,j}$ = sum of revenue of class j own cell and down stream cells
- 10) $avgrevnc_{i,j}$ = sum of average revenue class j own cell and down stream cells
- 11) ENDFOR
- 12) IF $avgrevn_i \leq revn_i$ THEN
- 13) $weight_s(t+1) = weight_s(t) + a[1 - weight_s(t)]$; s
 indicates class in previous interval that increase its weight
- 14) $weight_j(t+1) = (1-a)weight_j(t) \quad \forall j \neq s$
- 15) ELSE
- 16) $weight_j(t+1) = (1-\beta)weight_j(t) \quad j = s$
- 17) $weight_j(t+1) = (\beta/N-1) + (1-\beta)weight_j(t) \quad j \neq s$
- 18) $C_m = \min \{revnc_{i,j} / avgrevnc_{i,j} \quad \forall j \neq s\}$
- 19) $weight_m(t+1) = weight_m(t) + a[1 - weight_m(t)]$
- 20) $weight_j(t+1) = (1-a)weight_j(t) \quad \forall j \neq m$
- 21) ENDIF
- 22) RETURN

شکل (۱): شبکه‌کد الگوریتم تدارک پویا

در این مدل عامل‌های هر مسیریاب مشابه مدل [۱] عمل می‌کند با این تفاوت که در اینجا معیار تصمیم‌گیری مجموع درآمد خود سلول و سلول‌های همسایه پایین جریان هستند. دلیل آن این است که سعی شود مسیریاب‌ها با هم هماهنگ عمل بکنند. مثلاً ممکن است که در یک بازه زمانی (شکل ۲) مسیریاب C1 وزن کلاس EF را کاهش دهد در حالیکه مسیریاب C2 وزن کلاس EF خود را افزایش دهد. حال بسیاری از بسته‌های EF ممکن است در صفحه C1 از بین برond یا منتظر بمانند در حالیکه مسیریاب C2 اغلب اوقات صفحه EF آن خالی باشد یا از آن به خوبی استفاده نشود. بنابراین هدف این است که هر مسیریاب طوری

از پهنانی‌باند با این شرط که کیفیت سرویس از یک آستانه از پیش تعیین شده کمتر نشود، دارد. در این روش میزان هزینه قابل پرداخت توسط مشتری (میزان درآمد ارائه‌دهنده) بر اساس میزان استفاده و مطابق تابع درآمدی که در ادامه شرح داده می‌شود محاسبه می‌شود. در ادامه این قسمت ابتدا تابع درآمد مورد استفاده شرح داده می‌شود و سپس مدل پیشنهادی تدارک پویای پهنانی‌باند که در آن وزن کلاس‌ها با استفاده از اتماتاهای یادگیری‌سلولی تنظیم می‌شود ارائه می‌شود.

۱-۴ تابع درآمد

در این مدل قیمت بر اساس مقدار استفاده از پهنانی‌باند تعیین می‌شود و اگر کیفیت مورد نظر برآورده نشود یا بسته گم شود، ارائه‌دهنده به استفاده کننده جریمه پرداخت می‌نماید. ترافیک EF برای تاخیر و AF هم برای تاخیر و هم برای گذردگی جریمه می‌شود. میزان حساسیت یک پارامتر کیفیت سرویس برای کلاس‌های مختلف را می‌توان با تنظیم میزان جریمه آن پارامتر تعیین کرد.

یکی از دلایل به کارگیری قیمت‌گذاری بر اساس استفاده، عدم نیاز کاربران به دانستن خصوصیات ترافیک خود از قبل می‌باشد. با قیمت‌گذاری بر اساس استفاده، ارائه‌دهنده برای میزان ترافیکی که کیفیت سرویس برای آن طبق قرارداد توافق شده نیست جریمه پرداخت می‌کند. این روش هم برای ارائه‌دهنده و هم برای کاربر مناسب است زیرا منجر به افزایش میزان استفاده از پهنانی‌باند و در نتیجه درآمد بیشتر می‌شود و از طرفی در هزینه‌های کاربر صرفه‌جویی می‌شود زیرا بر اساس میزان استفاده پول پرداخت می‌کند.

میزان درآمد مسیریاب ۱ طبق [۱۸] به صورت محاسبه می‌شود.

$$r_i = \sum (c_j \times t_{i,j} - p_{loss,j} \times I_{i,j} - p_{dly,j} \times d_{i,j} - p_{thr,j} \times th_{i,j}) \quad (1)$$

که برای هر کلاس j ، c_j هزینه ارسال هر بیت ترافیک، $t_{i,j}$ مقدار ترافیک فرستاده شده به وسیله مسیریاب i ، $I_{i,j}$ تعداد بسته‌های گم شده در مسیریاب i ، $d_{i,j}$ مقدار ترافیکی که از طریق مسیریاب ۱ ارسال شده و دارای تاخیر بوده است و $th_{i,j}$ تعداد بازه‌هایی که گذردگی مورد نظر برای ترافیک ارسال شده از طریق مسیریاب ۱ برآورده نشده است می‌باشد. $p_{loss,j}$ مقدار جریمه برای گم شدن هر بسته، $p_{dly,j}$ جریمه برای هر بسته کلاس j که دارای تاخیر بوده است و $p_{thr,j}$ جریمه بازه‌هایی که برای کلاس j گذردگی برآورده نشده است، می‌باشد.

۲-۴ مدل مبتنی بر اتماتاهای یادگیر سلولی

هر مسیریاب در دامنه سرویس متمایز یک سلول در نظر گرفته می‌شود. از آنجائیکه سرویس متمایز یک طرفه لست دو نوع همسایگی برای هر سلول وجود دارد: یکی همسایه‌هایی که در بالای جریان ترافیک قرار دارند (مسیریاب‌هایی که به مسیریاب مورد نظر متصل هستند) و قبل از

متمايز، ترکيبي از هر سه کلاس می باشد. مشخصات ترافيك منابع S1 تا S6 در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱): خصوصيات منابع ترافيك

نرخ (Kbps)	زمان بین ورود (s)	off on زمان (ms)	نوع ترافيك	منبع
۴۰۰	۱/۸۷۵	۵۰۰	EF	S1,S4
۵۰۰	۰/۷۵	-	BE	S2,S5
۵۰۰	۴/۵	۵۰۰	AF	S3,S6

منبع ترافيك EF است که به تاخیر حساس می باشد. S3 منبع ترافيك AF است که حساسیت به تاخیر آن کمتر از EF است ولی نیاز به گذردهی بالا دارد. منابع S1 تا S6 دارای مقاصد D1 تا D6 می باشند. بسته های ارسالی از همه منابع ترافيك ۱۰۰۰ بیتی هستند.

جدول (۲): وزن های WFQ برای استراتژی های مختلف تدارک

وزن های (EF:AF:BE) WFQ	استراتژی تدارک
۱:۲:۳	Under-Provisioning
۳:۴:۵	On-Provisioning
۱:۱:۱	Over-Provisioning

جدول (۳): برنامه ریزی قیمت گذاری

P _{thr}	P _{dly}	P _{loss}	هزینه	نوع ترافيك
۰	۰/۴	۰/۸	۰/۰۰۰۱	EF
۱۰۰	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۰۰۰۰۴	AF
۰	۰	۰/۰۸	۰/۰۰۰۰۱	BE

جزئیات شبیه سازی: زمان شبیه سازی ۳۰۰۰ ثانیه، بازه های بروز کردن وزن ها ۲۵۰ ثانیه و بازه های اندازه گیری گذردهی برابر ۵۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. مدل پیشنهادی با هر سه استراتژی اولیه (جدول ۲) آزمایش شده است. جدول (۳) برنامه ریزی قیمت گذاری مورد استفاده را نشان می دهد.

مقدار تاخیر مطلوب برای کلاس EF ۳۵ms و برای کلاس AF برابر ۴۵ms می باشد. اگر تاخیر بیشتر از میزان مطلوب باشد ارائه دهنده جریمه می شود. گذردهی مطلوب برای کلاس AF برابر ۲۰۰ kbps می باشد. اگر گذردهی کمتر از حد مطلوب باشد ارائه دهنده جریمه می شود. در همه شبیه سازی های انجام شده پارامتر پاداش α برابر $0/2$ و پارامتر جریمه β برابر $0/3$ است.

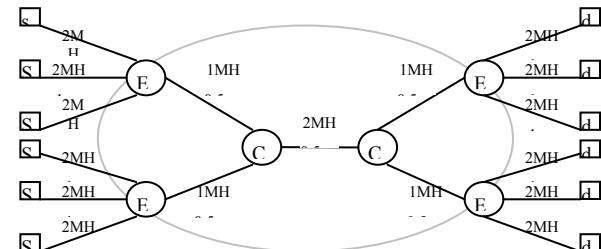
نتایج شبیه سازی: مدل پیشنهادی برای هر سه استراتژی جدول ۲ شبیه سازی شده است ولی در اینجا نتایج به صورت متوسط برای سه استراتژی بیان شده است. نتایج شبیه سازی ها به طور مفصل در [۳] آمده است. جدول (۴) میزان بهبود را در هر یک از پارامترهای کیفیت سرویس به تفکیک کلاس برای مدل ارائه شده در [۲،۱۸] و مدل

وزن های خود را تغییر دهد که باعث افزایش درآمد همسایه های پایینی نیز بشود. پس مجموع درآمد هر سلول و سلول های پایینی معیار تصمیم گیری است.

این مدل دارای دو نوع عامل، عامل یادگیر و عامل حسابرسی می باشد. که شبه کد مربوط به عملکرد آنها در شکل (۱) آمده است. عامل های یادگیر بر روی هر یک از مسیریاب های دامنه سرویس متمایز قرار دارند. این عامل ها در بازه های زمانی مشخصی که توسط مدیر شبکه تعیین می شود فعال شده و بر اساس میزان درآمد خود سلول (rev_i) و سلول های پایین جریان در بازه قبل (باخورد محیط)، وزن های کلاس های سرویس را برای صفات مسیریاب مربوط به خود تنظیم می کنند (خط ۱۲). عامل های یادگیر در حین ارسال داده ها، تعداد بیت های ارسال شده از آن مسیریاب و تعداد بسته هایی که در صفات آن مسیریاب حذف شده اند را اندازه گیری می کنند. در پایان هر بازه پس از محاسبه میزان درآمد بازه قبل، اطلاعات درآمد هر گروه را برای همسایه های بالای جریان درآمد بازه خود می فرستد. عامل های حسابرسی ^۱ که در گره های مقصد قرار دارند، برای هر مسیریاب دامنه تعداد بسته هایی که از مسیریاب عبور کرده اند و تاخیر مورد نظر رعایت نشده و تعداد بازه هایی که گذردهی کلاس AF کمتر از حد مقرر بوده است را اندازه گیری می کند. در پایان هر بازه، عامل های حسابرسی گزارش تخلفات را برای عامل هایی یادگیر مسیریاب های مربوطه ارسال می کنند.

۴- شبیه سازی

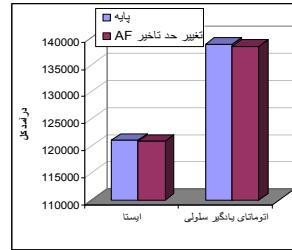
توبولوژی شکل (۲) و مدل پیشنهادی با استفاده از ns2 [۲۲] شبیه سازی شده است. توبولوژی مورد نظر دارای ۶ منبع ترافیک و ۶ مقصد ترافیک می باشد. زمان بندی بافرها با صفات WFQ مدل شده است که با افزودن بسته نرم افزاری [۲۳] به ns2 شبیه سازی گردیده است. اندازه بافر برای کلاس های AF و BE برابر ۱۰۰ و برای کلاس EF در حالت ایستا برابر ۲ (برای داشتن تاخیر پایین) و برای روش پیشنهادی برابر ۱ در نظر گرفته شده است تا با نگاه داشتن بسته های بیشتر در صفحه در عین پایین آوردن نرخ گم شدن، تاخیر افزایش نیابد.



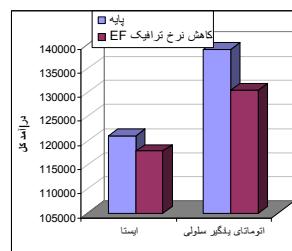
شکل (۲): توبولوژی سرویس متمایز

مشخصات ترافیک: در این شبیه سازی سه نوع سرویس AF, EF, BE به مشتریان ارائه می شود. ترافیک روی هر لینک دامنه سرویس

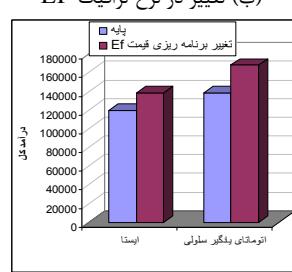
بالای تاخیر متوسط تاخیر کلاس AF با مدل پیشنهادی اندکی کاهش یافته است.



(الف) تغییر در حد تاخیر AF



(ب) تغییر در نرخ ترافیک EF



(ج) تغییر در قیمت‌گذاری EF

شکل (۳): مقایسه درآمد کل با تغییر در نیازمندی کیفیت سرویس و خصوصیات ترافیک و برنامه‌ریزی قیمت

در آزمایش بعدی، واکنش مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات در ترافیک ارزیابی می‌شود. در این آزمایش در زمان ۱۵۰۰ ثانیه نرخ ترافیک گره SI از شکل (۲) که منبع ترافیک EF است نصف می‌شود. شکل (۳-ب) میزان درآمد حاصل در حالت بدون تغییر و حالت تغییر در نرخ ترافیک EF را نشان می‌دهد. باز هم مدل پیشنهادی بهتر از ایستا عمل کرده است.

در آزمایش بعدی، واکنش مدل پیشنهادی در مقابل تغییرات در برنامه‌ریزی قیمت بررسی می‌شود. در زمان ۱۵۰۰ ثانیه برنامه‌ریزی قیمت (هزینه و جریمه‌ها) کلاس EF که در جدول (۳) ذکر شد دو برابر می‌شود. شکل (۳-ج) میزان درآمد حاصل در حالت بدون تغییر و حالت تغییر در قیمت EF را نشان می‌دهد. باز هم مدل پیشنهادی بهتر از ایستا عمل کرده است.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روشی پویا برای تدارک پهنانی باند بر مبنای WFQ و با استفاده از اتماتیک پنککر سلولی ارائه گردید. در این روش هر

پیشنهادی نسبت به مدل ایستا نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که برای همه مدل‌ها میزان پیشرفت نسبت به حالت ایستا براساس میانگین با استراتژی‌های مختلف سنجیده شده است. مشاهده می‌شود که روش پیشنهادی برای کلاس‌های AF و EF بهتر از دومدل تدارک پویای دیگر کیفیت سرویس را ارائه می‌دهد. با مدل پیشنهادی به طور متوسط گذردهی کلاس EF ۸/۹٪ افزایش یافته است.

جدول (۴): میزان بهبود پارامترهای کیفیت سرویس در مدل‌های مختلف

مدل	BE			AF			EF			درآمد
	گذردهی	تاخیر	خرابی	گذردهی	تاخیر	خرابی	گذردهی	تاخیر	خرابی	
[۱۸]	۰/۹۹۹۶	۰/۸۳۷	۰/۷۰۶	۰/۹۹۹۸	۱/۰۵۹	۰/۹۵۸	۱/۰۵۷۳	۰/۶۹۵	۲/۸۵۴	۱/۰۶۶
[۲]	۱/۰۰۰۳	۲/۱۶۳	۴/۷۵۵	۰/۹۹۷۳	۰/۷۱۹	۰/۱۲۹	۱/۰۵۹۳	۰/۷۲۵	۲/۹۶۰	۱/۰۵۹
پیشنهادی	۰/۹۹۹۱	۰/۵۸۶	۰/۳۶۴	۱/۰۰۰۲	۱/۳۳۸	۲/۷۰۱	۱/۰۸۹۱	۱/۱۴۹	۱۵/۷	۱/۱۵۸

معکوس نرخ خرابی مدل پیشنهادی در دو کلاس EF و AF به ترتیب ۱۵/۷۴ و ۲/۷۴ برابر حالت ایستا است. در هر سه استراتژی تعداد بسته‌های گم شده کلاس BE در مدل پیشنهادی افزایش یافته است ولی در عوض تعداد بسته‌های گم شده کلاس EF و AF کاهش یافته است. بنابراین نشان می‌دهد چون جریمه این دو کلاس بیشتر بوده است، خود را به استراتژی بهینه نزدیک کرده و نسبت به برنامه‌ریزی قیمت تعیین شده واکنش نشان داده است.

با توجه به جدول (۴) مشاهده می‌شود در مدل پیشنهادی متوسط تاخیر دو کلاس EF و AF کمتر از ایستا است. ولی در عوض متوسط تاخیر کلاس BE افزایش یافته است. از آنجا که تاخیر کلاس BE برای آن جریمه مشخص نشده است. بنابراین مدل پیشنهادی کیفیت کلاس BE را فدای کیفیت سایر کلاس‌ها کرده است. بنابراین به طور متوسط تاخیر کلاس EF و AF به ترتیب ۱۵٪ و ۳۴٪ نسبت به حالت ایستا بهبود یافته است.

مشاهده می‌شود برای هر استراتژی درآمد با مدل پیشنهادی بیشتر از ایستا است. از آنجا که قیمت‌گذاری بر اساس استفاده است و به ازای هر تخلف ارائه‌دهنده جریمه می‌شود بنابراین افزایش درآمد به معنی استفاده بهتر از پهنانی باند و کیفیت سرویس بهتر است. با به کارگیری مدل پیشنهادی به طور متوسط ۱۶ درصد سود افزایش یافته است. آزمایش‌ها نشان داده است که مدل پیشنهادی مستقل از وزن‌های اولیه به استراتژی بهینه همگرا می‌شود

برای تست میزان واکنش به تغییر در نیازمندی‌های سرویس، نیازمندی تاخیر کلاس AF در زمان ۱۵۰۰ ثانیه از ۴۵ms به ۴۲ms تغییر می‌کند. شکل (۳-الف) میزان درآمد کل را در دو حالت بدون تغییر و با تغییر نیازمندی تاخیر AF نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مدل پیشنهادی همچنان بیشترین میزان درآمد را دارد. و با تغییر در حد

IP Network, Proc. IEEE TENCON 2001, Singapore, Aug 2001.

[14] C-C. Li, S. Tsao, M. Chen, Y. Sun, Y. Huang, *Proportional Delay Differentiation Service Based on Weighted Fair Queueing*, Proc. IEEE ICCCN 2000, October 2000.

[15] R. F. Liao and A. T. Campbell, *Dynamic Core Provisioning for Quantitative Differentiated Service*, IEEE/ACM Transaction on Networking, Vol. 12, No. 3, pp. 429- 442, June 2004 .

[16] A. Parekh and R. Gallagher, *A Generalized Processor Sharing Approach to Flow Control in Integrated Services Network: The Single node Case*, IEEE/ACM Transaction on networking, Vol. 1, No. 3, pp 334-357, June 1993.

[17] R. F. Liao, A. T. Campbell, *Dynamic Core Provisioning for Quantitative Differentiated Service*, Proc. IEEE IWQoS 2001, June 2001.

[18] T. C. K. Hui and C. K. Tham, *Adaptive Provisioning of Differentiated Services Networks based on Reinforcement Learning*, IEEE Transactions on Systems, Man& Cybernetics - Part C Applications. pp. 492-501, Autumn 2003.

[19] P. Mars, J. R. Chen and R. Nambir, *Learning Algorithms: Theory and Applications in Signal Processing, Control and Communications*, CRC Press, Inc., pp. 5-24, 1996.

[20] K. S. Narendra and, M. A. Thathachar, *Learning Automata: An Introduction*, Prentice Hall, Inc., 1989.

[21] M. R. Meybodi, H. Beigy, *Cellular Learning Automata and Its Application*, Technical Report, Computer Eng. Dept., Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran, March 2000.

[22] UCB/LBNL/VINT, *Network Simulator*, ns-2, 1997. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

[23] Package WFO, <http://www.cc.jyu.fi/~sayenko/src/wfq-1.2.2.tar.gz>

مسیریاب دائمی سرویس متمایز به عنوان یک سلول در نظر گرفته می شود که مجذب به یک اتماتا یادگیر است. هر مسیریاب بر اساس درآمد خود و سلولهای همسایه پایین جریان با انجام عملیاتی ساده وزن های صفت خود را بروز می کند. تبادل اطلاعات بین عناصر شبکه اندک می باشد. فقط در پایان هر بازه میزان درآمد خود را به همسایه های بالایی خود که عموما از یک یا دو مسیریاب بیشتر نیست می فرستد. این مدل باعث ۱۶ درصد سود بیشتر و ۱۵٪ کیفیت بهتر در تاخیر EF و ۳۴٪ کیفیت بهتر در تاخیر AF و بهبود ۱۵/۷۴ برابری نرخ خرابی EF و ۲/۷ برابری نرخ خرابی AF شده است.

۶- مراجع

- [۱] م. رجایی، م. ر. میبدی، تدارک پویای پهنهای باند در شبکه های سرویس متمایز با استفاده از اتماتا های یادگیر، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، تهران، اردیبهشت ۱۳۸۶
- [۲] م. رجایی، م. ر. میبدی، یک روش تدارک پویای پهنهای باند در شبکه های سرویس متمایز به کمک اتماتا های یادگیر با معیار خبرگی اقدام ها، گزارش فنی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۴
- [۳] م. رجایی، تدارک و قیمت گذاری پهنهای باند در شبکه های سرویس متمایز با استفاده از اتماتا های یادگیر، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴
- [۴] S. Shenker, C. Partridge and R. Guerin, *Specification of Guaranteed Quality of Service*, IETF RFC 2212, September 1996.
- [۵] Y. Bernet, J. Binder, S. Blake, *A Framework for Differentiated Services*, IETF Internet Draft, February, 1999.
- [۶] S. Blake, D. Black, *An Architecture for Differentiated Services*, IETF RFC 2475, December 1998.
- [۷] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski, *Assured Forwarding PHB Group*, IETF RFC 2597, June 1999
- [۸] V. Jacobsen, et al, *An Expedited Forwarding PHB*, IETF RFC 2598, June 1999.
- [۹] C. Partridge, *Weighted Fair Queueing*, Gigabit Networking, pp 276, Addison Wesley Publishing, 1994.
- [۱۰] U. Fiedler, *Porting a WFQ Scheduler into Ns-2's DiffServ Environment*, Student Thesis, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Institute of Technology Zurich, 2001. <http://www.simon.trinHall.cam.ac.uk/ukasyncforum15/forum15.pdf>
- [۱۱] H. Wang, C. Shen and K. Shin, *Adaptive-Weighted Packet Scheduling for Premium Service*, Proc.IEEE ICC 2001, Jun 2001.
- [۱۲] D. Hang, H. Shao, W. Zhu and Y. Zhang, *TD²FQ: An Integrated Traffic Scheduling and Shaping Scheme for DiffServ Networks*, Proc. IEEE HPSR 2001, May 2001.
- [۱۳] M. F. Horng, W. Lee, K. Lee and Y. Kuo, *An Adaptive Approach to Weighted Fair Queue with QoS Enhanced on*