

تدارک پویای پهنای باند در شبکه‌های سرویس متمایز با استفاده از اتوماتای یادگیر سلولی

محمد رضا میبیدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر 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

متمایز، 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^۴ (AF) [۷] و ارسال سریع (EF)^۵ [۸] در سرویس متمایز 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 پهنای باند می‌باشد. تدارک پهنای باند در شبکه‌های سرویس متمایز شامل تخصیص پهنای باند هر اتصال به کلاس‌های مختلف سرویس می‌باشد. این کار غالباً توسط مسیریاب‌ها در حین زمانبندی ارسال بسته‌ها انجام می‌شود. چگونگی تخصیص پهنای 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 پهنای 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 پهنای باند به صورت پویا می‌باشد. با توجه به اینکه ترافیک شبکه در طی زمان تغییر می‌کند روش‌های تخصیص ایستای پهنای باند کارایی و انعطاف‌پذیری لازم را ندارند و منجر به کاهش درصد استفاده از پهنای باند می‌گردد. به همین دلیل روش‌های مختلفی برای تدارک پویای پهنای باند گزارش شده است. برخی روش‌های گزارش شده برای تدارک پویای پهنای 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 اتوماتای یادگیر سلولی برای تدارک پویای پهنای باند ارائه می‌شود. روش پیشنهادی سعی در ماکزیمم کردن استفاده از پهنای باند با این شرط که کیفیت سرویس از یک آستانه از پیش تعیین شده کمتر نشود، می‌کند. میزان تدارک پهنای باند برای هر کلاس سرویس به طور پویا در بازه‌های مشخصی از زمان براساس بازخوردی که از خود مسیریاب و مسیریاب‌های 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 گزردگی فراهم نمود. همچنین نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات قیمت، تغییرات ترافیک و نیازمندی کیفیت سرویس واکنش نشان می‌دهد و با سرعت بالایی به سمت استراتژی تدارک بهینه همگرا می‌شود.

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

۱- مقدمه

با پیشرفت سریع اینترنت و مطرح شدن کاربردهای جدیدی که نیاز به تضمین کیفیت سرویس دارند، IETF^۱ دو روش سرویس مجتمع^۲ [۴] و سرویس متمایز^۳ [۵، ۶] 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. مرز 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 بر خلاف معماری سرویس مجتمع که برای هر جریان ترافیک انجام می‌گیرد، برای هر گروه انجام می‌گیرد. در داخل دامنه سرویس

^۴ Assured Forwarding (AF)

^۵ Expedited Forwarding (EF)

^۶ Service Level Agreement (SLA)

^۱ Internet Engineering Task Force

^۲ IntServ

^۳ DiffServ

ارسال مطمئن، نسبت به تدارک ایستا شده است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات برنامه ریزی قیمت، نرخ ترافیک، نیازمندی کیفیت سرویس واکنش نشان می دهد و با سرعت خوبی به سمت استراتژی تدارک بهینه همگرا می شود.

ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ اتوماتای یادگیر سولوی مورد استفاده در مقاله به اختصار شرح داده می شود. در بخش ۳ روش تدارک پویای پهنای باند مبتنی بر اتوماتای یادگیر سولوی ارائه می شود و در بخش ۴ نتایج شبیه سازی ها ارائه می گردد. بخش نهایی نتیجه گیری می باشد.

۲- اتوماتای یادگیر سولوی

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

اتوماتای یادگیر سولوی [۲۱]، مدلی برای سیستم هایی است که از اجزاء ساده ای تشکیل شده اند و رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگانش و نیز تجربیات گذشته اش تعیین و اصلاح می شود. اجزاء ساده تشکیل دهنده این مدل، از طریق کنش و واکنش با یکدیگر می توانند رفتار پیچیده ای از خود نشان دهند. هر اتوماتای یادگیر سولوی، از یک اتوماتای سولوی تشکیل شده است که هر سلول آن به یک یا چند اتوماتای یادگیر مجهز می باشد که وضعیت این سلول را مشخص می سازد. در اتوماتای سولوی قانون محلی در محیط حاکم است و این قانون تعیین می کند که آیا عمل انتخاب شده توسط یک اتوماتان در یک سلول بایستی پاداش داده شود و یا جریمه شود. عمل دادن پاداش و یا جریمه منجر به بروز در آوردن ساختار اتوماتای یادگیر سولوی بمنظور نیل به یک هدف مشخص می گردد. برای مطالعه بیشتر درباره اتوماتای یادگیر سولوی و کاربردهای آن می توان به [۲۱] مراجعه کرد. قوانین در اتوماتای یادگیر سولوی به سه دسته عمومی، کلی، کلی خارجی تقسیم می گردند [۱۹]. در قوانین کلی خارجی مقدار یک سلول در مرحله بعدی هم به مقادیر همسایه های آن سلول و هم به خود سلول بستگی دارد.

۳- مدل پیشنهادی

در مدل پیشنهادی، فرایند تنظیم وزن های کلاس ها در بازه های زمانی مشخصی که توسط مدیر شبکه تعیین می شود، فعال شده و وزن ها را بر اساس بازخوردی که از محیط می گیرد تعیین می کند. این روش، از طریق تغییر تطبیقی وزن های کلاس ها سعی در ماکزیمم کردن استفاده

در روش های [۱۱،۱۵،۱۶] بروزرسانی وزن های کلاس ها در هنگام شروع جریان ترافیک یا ارسال بسته صورت می گیرد، که با افزایش جریان های ترافیک مشتریان تعداد بروزرسانی ها افزایش می یابد. بعد از هر بروزرسانی، کلیه مسیر یاب های دامنه سرویس متمایز بایستی دوباره پیکربندی شوند و اگر تعداد بروزرسانی ها بالا باشد پیاده سازی این روش ها غیرممکن می شود.

در روش های گزارش شده در [۱۱،۱۵،۱۷] وزن های کلاس ها را در هنگام رخ دادن تخلف در کیفیت سرویس و تغییرات الگوی ترافیک کلاس ها تنظیم می کند. در [۱۸] روشی مبتنی بر یادگیری تقویتی برای تنظیم وزن ها ارائه شده است که با مشاهده واکنش محیط سعی در ماکزیمم کردن میزان درآمد در بلند مدت می کند. برای هر سه روش فوق تنظیم وزن بر اساس پاسخ محیط صورت می گیرد. در این روش ها سرعت همگرایی به سیاست بهینه تنظیم وزن ها، معیاری برای مقایسه و کارایی روش می باشد.

در [۱،۲] دو روش پویا که مسئله تدارک پهنای باند را با استفاده از اتوماتای یادگیر حل می کند بیان شده است. در این مقاله روشی مبتنی بر اتوماتای یادگیر سولوی ارائه می شود که قوانین آن به صورت کلی خارجی^۷ است. در این مدل، مدل یادگیری مشابه [۱] است ولی در اینجا معیار تصمیم گیری فقط درآمد همان اتصال نیست بلکه درآمد همسایه ها نیز بر تصمیم گیری تاثیر می گذارد. خصوصیات روش پیشنهادی عبارتست از:

- وزن های صف های WFQ با استفاده از اتوماتای یادگیر سولوی تنظیم می گردد.
- تنظیم وزن صف های مسیر یاب ها به صورت غیرمتمرکز در هر مسیر یاب انجام می گیرد.
- برخلاف بسیاری از روش هایی که بروزرسانی به ازای هر تقاضای جدید یا هر تخلف انجام می گیرد. در روش پیشنهادی بروزرسانی در بازه های مشخصی از زمان که توسط مدیر سیستم تعیین می شود انجام می شود.
- قیمت گذاری بر اساس میزان استفاده از پهنای باند می باشد و هر تخلف مشمول جریمه می باشد.

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

$$rev_i = \sum (c_j \times t_{i,j} - p_{loss,j} \times I_{i,j} - p_{dly,j} - p_{thr,j} \times th_{i,j})$$
- 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): شبه‌کد 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 نکنند. 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 صف C1 از بین بروند یا منتظر بمانند در حالیکه مسیریاب C2 اغلب اوقات صف EF آن خالی باشد یا از آن به خوبی استفاده نشود. بنابراین هدف این است که هر مسیریاب طوری

از پهنای‌بند 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 پهنای‌بند که در آن وزن کلاس‌ها با استفاده از اتوماتاهای یادگیر سلولی تنظیم می‌شود ارائه می‌شود.

۱-۴ تابع درآمد

در این مدل قیمت بر اساس مقدار استفاده از پهنای‌بند 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 گذردهی 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 پهنای‌بند 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 i طبق [۱۸] به صورت محاسبه می‌شود.

$$r_i = \sum (c_j \times t_{i,j} - p_{loss,j} \times I_{i,j} - p_{dly,j} \times d_{i,j} - p_{thr,j} \times th_{i,j}) \quad (۱)$$

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 i ارسال شده و دارای تاخیر بوده است و $th_{i,j}$ تعداد بازه‌هایی که گذردهی مورد نظر برای ترافیک ارسال شده از طریق مسیریاب i 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 گذردهی برآورده نشده است، می‌باشد.

۲-۴ مدل مبتنی بر اتوماتای یادگیر سلولی

هر مسیریاب در دامنه سرویس متمایز یک سلول در نظر گرفته می‌شود. از آنجائیکه سرویس متمایز یکطرفه است 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

متمایز، ترکیبی از هر سه کلاس می باشد. مشخصات ترافیک منابع S1 تا S6 در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱): خصوصیات منابع ترافیک

منبع	نوع ترافیک	زمان on و off (ms)	زمان بین ورود (s)	نرخ (Kbps)
S1, S4	EF	۵۰۰	۱/۸۷۵	۳۰۰
S2, S5	BE	-	۰/۷۵	۵۰۰
S3, S6	AF	۵۰۰	۴/۵	۵۰۰

S1 منبع ترافیک EF است که به تاخیر حساس می باشد. S3 منبع ترافیک 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 ترافیک ۱۰۰۰ بیتی هستند.

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

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

جدول (۳): برنامه ریزی قیمت گذاری

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

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 ۰/۲ و پارامتر جریمه β برابر ۰/۳ است.

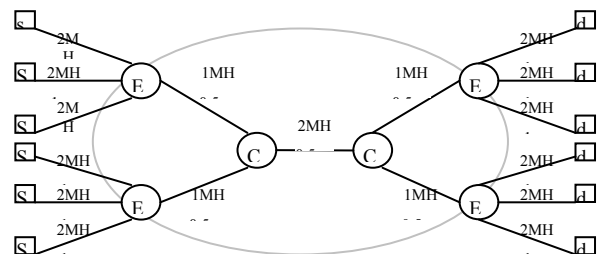
نتایج شبیه سازی: مدل پیشنهادی برای هر سه استراتژی جدول ۲ شبیه سازی شده است ولی در اینجا نتایج به صورت متوسط برای سه استراتژی بیان شده است. نتایج شبیه سازی ها به طور مفصل در [۳] آمده است. جدول (۴) میزان بهبود را در هر یک از پارامترهای کیفیت سرویس به تفکیک کلاس برای مدل ارائه شده در [۲، ۱۸] و مدل

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 هریک از مسیرهای 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 (بازخورد محیط)، وزن های کلاس های سرویس را برای صف های مسیرهای مربوط به خود تنظیم می کنند (خط ۱۲). عامل های یادگیر در حین ارسال داده ها، تعداد بیت های ارسال شده از آن مسیرهای و تعداد بسته هایی که در صف های آن مسیرهای 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 خود می فرستد. عامل های حسابرسی^۸ که در گروه های مقصد قرار دارند، برای هر مسیرهای دامنه بسته هایی که از مسیرهای 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 مسیرهای مربوطه ارسال می کنند.

۴- شبیه سازی

توپولوژی شکل (۲) و مدل پیشنهادی با استفاده از ns2 [۲۲] شبیه سازی شده است. توپولوژی مورد نظر دارای ۶ منبع ترافیک و ۶ مقصد ترافیک می باشد. زمان بندی بافرها با صف های 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 پایینی) و برای روش پیشنهادی برابر ۱۰ در نظر گرفته شده است تا با نگاه داشتن بسته های بیشتر در صف در عین پایین آوردن نرخ گم شدن، تاخیر افزایش نیابد

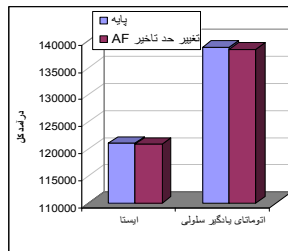


شکل (۲): توپولوژی سرویس متمایز

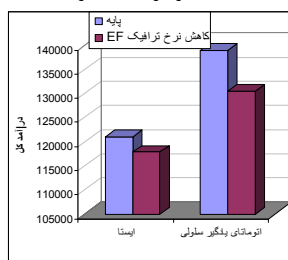
مشخصات ترافیک: در این شبیه سازی سه نوع سرویس EF، AF و BE به مشتریان ارائه می شود. ترافیک روی هر لینک دامنه سرویس

⁸ Accounting

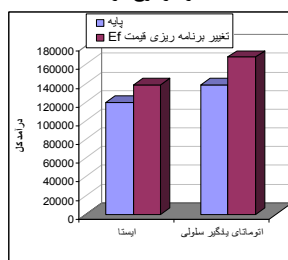
بالای تاخیر متوسط تاخیر کلاس AF با مدل پیشنهادی اندکی کاهش یافته است.



(الف) تغییر در حد تاخیر AF



(ب) تغییر در نرخ ترافیک EF



(ج) تغییر در قیمت گذاری EF

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

در آزمایش بعدی، واکنش مدل پیشنهادی نسبت به تغییرات در ترافیک ارزیابی می شود. در این آزمایش در زمان ۱۵۰۰ ثانیه نرخ ترافیک گره S1 از شکل (۲) که منبع ترافیک EF است نصف می شود. شکل (۳) - (ب) میزان درآمد حاصل در حالت بدون تغییر و حالت تغییر در نرخ ترافیک EF را نشان می دهد. باز هم مدل پیشنهادی بهتر از ایستا عمل کرده است.

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

۵- نتیجه گیری

در این مقاله روشی پویا برای تدارک پهنای باند بر مبنای WFQ و با استفاده از اتوماتای یادگیر سلولی ارائه گردید. در این روش هر

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

جدول (۴): میزان بهبود پارامترهای کیفیت سرویس در مدل های 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	۱/۰۰۰۰۲	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 ۲/۷ برابر حالت ایستا است. در هر سه استراتژی تعداد بسته های گم شده کلاس BE در مدل پیشنهادی افزایش یافته است ولی در عوض تعداد بسته های گم شده کلاس EF و AF کاهش یافته است. بنابراین نشان می دهد چون جریمه این دو کلاس بیشتر بوده است، خود را به استراتژی بهینه نزدیک کرده و نسبت به برنامه ریزی قیمت تعیین شده واکنش نشان داده است.

با توجه به جدول (۴) مشاهده می شود 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 کلاس ها کرده است. بنابراین به طور متوسط تاخیر کلاس EF و AF به ترتیب ۱۵٪ و ۳۴٪ نسبت به حالت ایستا بهبود یافته است.

مشاهده می شود برای هر استراتژی درآمد با مدل پیشنهادی بیشتر از ایستا است. از آنجا که قیمت گذاری بر اساس استفاده است و به ازای هر تخلف ارائه دهنده جریمه می شود بنابراین افزایش درآمد به معنی استفاده بهتر از پهنای باند و کیفیت سرویس بهتر است. با به کارگیری مدل پیشنهادی به طور متوسط ۱۶ درصد سود افزایش یافته است. آزمایش ها نشان داده است که مدل پیشنهادی مستقل از وزن های اولیه به استراتژی بهینه همگرا می شود

برای تست میزان واکنش به تغییر در نیازمندی های سرویس، نیازمندی تاخیر کلاس AF در زمان ۱۵۰۰ ثانیه از ۴۵ms به ۴۲ms تغییر می کند. شکل (۳) - (الف) میزان درآمد کل را در دو حالت بدون تغییر و با تغییر نیازمندی تاخیر AF نشان می دهد. مشاهده می شود 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 Queuing*, 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. Gallager, *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 WFQ, <http://www.cc.jyu.fi/~sayenko/src/wfq-1.2.2.tar.gz>

مسیریاب دامنه سرویس متمایز به عنوان یک سلول در نظر گرفته می شود که مجهز به یک اتوماتای یادگیر است. هر مسیریاب بر اساس درآمد خود و سلولهای همسایه پایین جریان با انجام عملیاتی ساده وزن های صف 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 عموماً 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. مبینی، تدارک پویای پهنای باند در شبکه های سرویس متمایز با استفاده از اتوماتاهای یادگیر، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، تهران، اردیبهشت ۱۳۸۶.
- [۲] م. رجایی، م. ر. مبینی، یک روش تدارک پویای پهنای باند در شبکه های سرویس متمایز به کمک اتوماتاهای یادگیر با معیار خبرگی اقدام-ها، گزارش فنی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ۱۳۸۴.
- [۳] م. رجایی، تدارک و قیمت گذاری پهنای باند در شبکه های سرویس متمایز با استفاده از اتوماتاهای یادگیر، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴.
- [4] S. Shenker, C. Patridge and R. Guerin, *Specification of Guaranteed Quality of Service*, IETF RFC 2212, September 1996.
- [5] Y. Bernet, J. Binder, S. Blake, *A Framework for Differentiated Services*, IETF Internet Draft, February, 1999.
- [6] S. Blake, D. Black, *An Architecture for Differentiated Services*, IETF RFC 2475, December 1998.
- [7] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski, *Assured Forwarding PHB Group*, IETF RFC 2597, June 1999
- [8] V. Jacobsen, et al, *An Expedited Forwarding PHB*, IETF RFC 2598, June 1999.
- [9] C. Partridge, *Weighted Fair Queuing*, Gigabit Networking, pp 276, Addison Wesley Publishing, 1994.
- [10] 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>
- [11] H. Wang, C. Shen and K. Shin, *Adaptive-Weighted Packet Scheduling for Premium Service*, Proc. IEEE ICC 2001, Jun 2001.
- [12] 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.
- [13] M. F. Horng, W. Lee, K. Lee and Y. Kuo, *An Adaptive Approach to Weighted Fair Queue with QoS Enhanced on*