

یک مدل قیمت گذاری پویا و متمایز در شبکه های سرویس متمایز

نیک محمد بلوچ زهی

دانشکده مهندسی شهید نیکبخت
دانشگاه سیستان و بلوچستان

baluchzahi@hamoon.usb.ac.ir

محمدرضا مبیندی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی امیرکبیر

mmeibodi@aut.ac.ir

مهری رجائی

دانشکده مهندسی شهید نیکبخت
دانشگاه سیستان و بلوچستان

rajayi@ece.usb.ac.ir

مدل برای تضمین کیفیت سرویس قراردادی با نام توافق سطح سرویس^۶ بین مشتری و ارائه دهنده سرویس منعقد می شود. در این قرارداد پارامترهای کیفیت سرویس، موارد تخلف و مسائل مادی به دقت مشخص می شود. چگونگی بیان مسائل مالی و موارد تخلف مساله سیاست قیمت گذاری را مطرح می کند که نقش مهمی در مدیریت توافق سطح سرویس دارد.

با توجه به اینکه امروزه بازار اینترنت تبدیل به یک بازار رقابتی در زمینه دادن سرویس های بهتر به مشتریان شده است، مسئله قیمت گذاری و ارائه سرویس با کیفیت بهتر برای ارائه دهندگان سرویس اینترنت اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. مدل قیمت گذاری تخت برای اینترنت روشی مفید بود ولی به دلیل عدم دادن انگیزه به کاربران برای استفاده منطقی از منابع، برای اهداف امروزی کاربرد ندارد. یک مدل قیمت گذاری مناسب می تواند انگیزه استفاده از همه کلاس های سرویس را توسط مشتریان ایجاد کند. سیاست قیمت گذاری باید به گونه ای باشد که نه تنها نسبت به تغییرات ترافیک در شبکه واکنش نشان دهد بلکه نیاز به محاسبات اندکی باشد. و از طرفی دیگر کاربر بتواند میزان قیمت پرداختی را تخمین بزند.

معرفی کیفیت سرویس و سرویس متمایز بر روی سیاست های قیمت گذاری در شبکه های سنتی تاثیر گذاشته است. سیاست های قیمت گذاری بر اساس دسترسی با هزینه ثابت و پرداخت برای هر اتصال به سمت سیاست های قیمت گذاری بر اساس میزان استفاده^۷ حرکت کرده است. پرداخت بر اساس میزان استفاده یک روش مناسب برای شبکه های IP امروزی می باشد [۵]. قیمت گذاری به دو صورت ایستا و پویا انجام می شود. تاکنون قیمت گذاری ایستا مانند قیمت گذاری بازه های روز [۶،۷] توسط ارائه دهندگان استفاده می شد. بر خلاف راحتی پیاده سازی آن، این روش نسبت به وضعیت جاری شبکه واکنش نشان نمی دهد و به همین دلیل یک مکانیزم کارا برای استفاده از منابع نمی باشد. در [۸] بستن قراردادهای بلند مدت بین مشتری و ارائه دهنده را پیشنهاد می کند. در [۹،۱۰] دو روش قیمت گذاری

چکیده: در این مقاله روشی بر اساس میزان استفاده از پهنای باند برای قیمت گذاری پویای کلاس های سرویس متمایز پیشنهاد می شود. قیمت ها به طور پویا در بازه های مشخصی از زمان بر اساس بازخوردی که از محیط می گیرد و با توجه به عرضه و تقاضا تغییر می کند. این روش در صورت تشخیص ازدحام در یک اتصال قیمت ها را برای مشتریانی که ترافیک خود را از طریق آن اتصال منتقل می کنند، افزایش می دهد و در صورت تشخیص کاهش بار در یک اتصال قیمت ها را برای مشتریانی که ترافیک خود را از طریق آن اتصال منتقل می کنند، کاهش می دهد. در این روش قیمت ها در یک زمان برای همه مشتریان یکسان نمی باشد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با استفاده از این روش می توان تقاضا را در همه بازه های زمانی توزیع کرد و ازدحام را در نقاط اوج مصرف کم کرد و کیفیت سرویس بهتری در مقایسه با روش قیمت گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرابی و تاخیر فراهم نمود و در نتیجه باعث افزایش درآمد و سودآوری شد.

واژه های کلیدی: قیمت گذاری پویا، سرویس متمایز، عرضه و تقاضا، کیفیت سرویس.

۱- مقدمه

سرویس متمایز^۱ [۱،۲] مدلی برای ارائه کیفیت سرویس است که توسط IETF^۲ پیشنهاد شده است. یک دامنه در سرویس متمایز گروهی از مسیر یاب ها هستند که سطوح سرویس مشابه و سیاست های یکسانی دارند. رمز یک دامنه سرویس متمایز^۳ توسط مسیر یاب های ورودی و خروجی تعیین می شود. در داخل دامنه سرویس متمایز، جریان هایی که متعلق به کلاس یکسانی هستند با هم در یک گروه قرار گرفته و به صورت یک جریان واحد با آنها رفتار می شود. دو گروه، ارسال مطمئن^۴ [۳] و ارسال سریع^۵ [۴] در سرویس متمایز پیشنهاد شده است. در این

¹ Differentiated Service

² Internet Engineering Task Force

³ Differentiated Services Domain

⁴ Assured Forwarding (AF)

⁵ Expedited Forwarding (EF)

⁶ Service Level Agreement (SLA)

⁷ Usage-based

بهرتر ارائه داد، یک راه کاهش ازدحام بالا بردن قیمت در زمان تقاضای زیاد می‌باشد.

هدف از این مقاله افزایش کیفیت سرویس و در نتیجه افزایش درآمد از طریق قیمت‌گذاری بر اساس قانون عرضه و تقاضا می‌باشد. در این مقاله روشی مبتنی بر قیمت‌گذاری بر اساس میزان استفاده از پهنای باند برای قیمت‌گذاری پویا در معماری سرویس متمایز پیشنهاد می‌شود. روش پیشنهادی در این مقاله دارای خصوصیات زیر می‌باشد:

- محاسبات مورد نیاز اندک و ساده می‌باشد.
- بازه‌های زمانی توسط مدیر شبکه می‌تواند به گونه‌ای تعیین شود که مشتری با تغییرات سریع قیمت مواجه نشود و از این طریق بتواند هزینه پرداختی خود را تا حدودی تخمین بزند.
- مشتری با تعیین پارامتر توانایی مالی خود مطمئن می‌شود که هزینه او از یک حد مشخص بیشتر نخواهد

ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ روش پیشنهادی ارائه می‌شود. در بخش ۳ نتایج شبیه‌سازی مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. در پایان در بخش ۴ خلاصه و نتیجه‌ای از کار بیان می‌شود.

۲- مدل پیشنهادی

در این قسمت یک مدل قیمت‌گذاری پویا که نیاز به محاسبات اندکی دارد پیشنهاد می‌شود. در این مدل، فرایند قیمت‌گذاری در بازه‌های زمانی مشخصی که توسط مدیر شبکه تعیین می‌شود فعال شده و بر اساس میزان ازدحام در شبکه قیمت‌ها را برای هر مشتری تعیین می‌کند. در این روش میزان هزینه قابل پرداخت توسط مشتری با مدل قیمت‌گذاری 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 ارائه می‌گردد.

۱-۴ تابع درآمد

در این مدل قیمت بر اساس مقدار استفاده از پهنای باند 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 گزدردهی 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 نباشد، جریمه

سازگارپذیر برای هزینه جریان‌هایی که خصوصیات ترافیک آن از قرارداد (SLA) پیروی می‌کنند، بر اساس پهنای باند موثر ارائه می‌شود. روش‌های قیمت‌گذاری پویا مانند Smart Market [۱۱]، روش قیمت‌گذاری نسبتاً منصفانه^۸ [۱۲]، قیمت‌گذاری اولویت [۱۳] وضعیت شبکه را در تعیین قیمت در نظر دارد ولی پیاده سازی این روش‌ها به دلیل کوتاه بودن بازه‌ها غیر عملی می‌باشد. در [۱۴] روشی مبتنی بر مکانیزم حراج ارائه شده است. در [۱۵] در هنگام ازدحام از ورود بسته‌هایی که هیچ تضمین کیفیتی برای آن وجود ندارد^۹، به شبکه جلوگیری می‌کند و فقط به بسته‌های کاربرانی که استطاعت پرداخت هزینه‌های بالاتر به دلیل افزایش ازدحام را دارند، اجازه ورود داده می‌شود.

در روش ارائه شده در [۱۶] در زمان‌های مشخص، براساس آمارهایی که در مسیریاب‌ها نگهداری می‌شود با مشتری مذاکره مجدد می‌کند و به مشتری جهت شناسایی مشخصات ترافیک خود کمک می‌نماید. به همین دلیل یکی از مشکلات این روش نگهداری مشخصات هر جریان در مسیریاب‌ها می‌باشد که گسترش‌پذیری روش را با مشکل مواجه می‌کند. در [۱۷] روش قیمت‌گذاری دو مولفه‌ای برای قراردادهای پهنای باند را ارائه می‌دهد که نرخ خرابی را تضمین می‌کند.

اغلب روش‌های پویایی که در بالا به آنها اشاره شد دارای مشکلاتی می‌باشند که عبارتند از:

- بازه‌های تغییر قیمت کوچک هستند که این باعث نارضایتی مشتری به دلیل تغییر سریع قیمت و عدم توانایی تخمین هزینه توسط مشتری می‌شود. همچنین پیاده‌سازی با بازه‌های کوچک غیر عملی می‌باشد.
- حجم محاسبات مورد نیاز زیاد است و به دلیل این که محاسبات در زمان ارسال بسته‌ها انجام می‌گیرد باعث افزایش تاخیر می‌شود.
- قیمت‌گذاری بر اساس هر مشتری می‌باشد و در نتیجه در مسیریاب‌ها بایستی جریان هر مشتری به طور مجزا مانیتور شود که این قابلیت گسترش‌پذیری روش را کاهش می‌دهد.

در سرویس متمایز یک راه ارائه کیفیت سرویس بهتر سازگار کردن وزن‌های کلاس‌های سرویس بر اساس ترافیک است [۲۰، ۲۱]. در این مقاله نشان داده می‌شود که از طریق قیمت‌گذاری پویا نیز می‌توان به کیفیت سرویس بهتر و در عین حال درآمد بیشتر برای ارائه‌دهنده سرویس دست یافت. با سیاست مناسب برای قیمت‌گذاری می‌توان ازدحام را در زمان‌های اوج مصرف کم کرد و در نتیجه کیفیت سرویس

^۸ Proportional Fair Pricing Schemes

^۹ Best-effort (BE)

کنترل بار با توجه به میزان ازدحام ضریب قیمت جدیدی را محاسبه می‌کند. این عامل ازدحام را بوسیله پارامتری به نام $0.5 < u_{\max} < 1$ که توسط مدیر شبکه قابل تنظیم است تشخیص می‌دهد. هرگاه متوسط تعداد بیت‌های گذرنده بیشتر از $u_{\max} * bw_i$ باشد نشان‌دهنده ازدحام است. bw_i پهنای باند اتصال خروجی متصل به مسیریاب است. عامل کنترل بار، بار کم را با استفاده از پارامتر $0 < u_{\min} < 1$ که توسط مدیر شبکه تنظیم می‌شود تشخیص می‌دهد. هرگاه متوسط تعداد بیت‌های گذرنده کمتر از $u_{\min} * bw_i$ باشد بار در اتصال مورد نظر کم است.

هر مسیریاب در دامنه سرویس متمایز در طی هر بازه اعمال زیر را انجام می‌دهد: (۱) تعداد بیت‌های گذرنده از هر پورت خروجی مسیریاب را با یک شمارنده محاسبه کند. (۲) آدرس مشتریانی که در بازه قبل ترافیک آنها از طریق اتصال‌های مرتبط با آن مسیریاب منتقل شده است را نگهداری کند. در ابتدای هر بازه هر مسیریاب براساس تعداد بیت‌های گذرنده ($totalbit$) در بازه قبل (به طول T ثانیه)، ازدحام یا بار کم را در اتصال‌های خروجی خود تشخیص می‌دهد. بنابراین برای هر اتصال تشخیص ازدحام یا بار کم به صورت زیر انجام می‌شود:

$$\begin{cases} \frac{totalbit_i}{T} > u_{\max} \times bw_i & ; overload \\ \frac{totalbit_i}{T} < u_{\min} \times bw_i & ; underload \end{cases} \quad (2)$$

در صورت ازدحام یا بار کم در اتصال مورد نظر، مسیریاب به طور مستقل ضریب قیمت جدید خود را محاسبه می‌کند. یک برنامه‌ریزی قیمت پایه مانند جدول (۳) وجود دارد و هر بار برای معرفی قیمت جدید یک ضریب تعیین می‌شود. با ضریب جدید قیمت‌ها به این صورت تغییر می‌کند، که هزینه هر کلاس در ضریب و جریمه‌ها در مربع ضریب ضرب می‌شود. با این استدلال هنگام افزایش قیمت که ضریب جدید بزرگتر از ضریب قبلی است، جریمه‌های تخلف سخت‌تر می‌شود. مثلاً اگر ضریب مورد نظر برابر ۲ باشد هزینه ارسال هر بسته ۲ برابر می‌شود در عوض جریمه هر تخلف ارائه‌دهنده سرویس ۴ برابر می‌شود. بالعکس هنگام کاهش قیمت، جریمه تخلف‌ها راحت‌تر می‌شود. سخت‌تر شدن تخلف‌ها در هنگام افزایش قیمت به مشتری انگیزه پذیرش قیمت بالاتر را می‌دهد.

بنابراین هر مسیریاب به طور مستقل ضریب مورد نظر خود را به صورت زیر محاسبه می‌کند:

$$\begin{cases} c_i(t+1) = \lambda C_i(t) \frac{totalbit_i}{T \times u_{\max} \times bw_i} & ; overload \\ c_i(t+1) = \eta C_i(t) \frac{totalbit_i}{T \times u_{\min} \times bw_i} & ; underload \end{cases} \quad (3)$$

در صورت ازدحام از رابطه اول در (۳) و در صورت بار کم از رابطه دوم در فرمول (۳) استفاده می‌شود. $C_i(t+1)$ ضریبی است که مسیریاب i

پرداخت می‌کند. در این روش با وجود جریمه ارائه‌دهنده انگیزه‌ای به منظور تخطی از سطح کیفیت سرویس ندارد. از طرف دیگر با وجود جریمه مشتری تخلف‌ها را به فراموشی می‌سپارد. بنابراین این روش هم برای ارائه‌دهنده و هم برای کاربر مناسب است و منجر به افزایش میزان استفاده از پهنای باند و در نتیجه درآمد بیشتر می‌شود.

میزان درآمد مسیریاب i طبق [۲۱] 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 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 قیمت‌گذاری پویا

در این مدل قیمت‌ها برای همه مشتریان در یک لحظه از زمان یکسان نمی‌باشد. قیمت برای هر مشتری وابسته به این است که ترافیک وی از چه مسیری عبور می‌کند. دلیل تفاوت قیمت برای مشتریان نسبت به روش ارائه شده در [۲۲] در مثالی که در ادامه ذکر می‌شود بیان می‌شود. ممکن است در اتصالی ازدحام رخ دهد که مشتری x هیچ باری بر روی اتصال دارای ازدحام عبور نمی‌دهد و اگر قیمت به دلیل وقوع ازدحام در هر اتصال برای همه مشتریان به طور یکسان افزایش یابد، شاید مشتری x توانایی پذیرش افزایش قیمت را نداشته باشد و نتواند از سرویس استفاده کند. بنابراین منابعی از شبکه که مشتری x از آن استفاده می‌کرد و دارای ازدحام نیز نمی‌باشد، بلااستفاده بماند. بنابراین اگر یک اتصال دارای ازدحام است یا دارای بار کم است قیمت فقط برای مشتریانی تغییر می‌کند که از آن اتصال برای انتقال ترافیک خود استفاده می‌کنند. در این مدل هر مسیریاب بایستی آدرس منابعی که ترافیک خود را از طریق آن می‌فرستند را در هر بازه نگهداری کند. این امر نیاز به یک فضای حافظه در هر مسیریاب دارد. محاسبات مدل پیشنهادی بسیار ساده و در بازه‌های زمانی خاصی که توسط مدیر شبکه تنظیم می‌شود، انجام می‌گیرد.

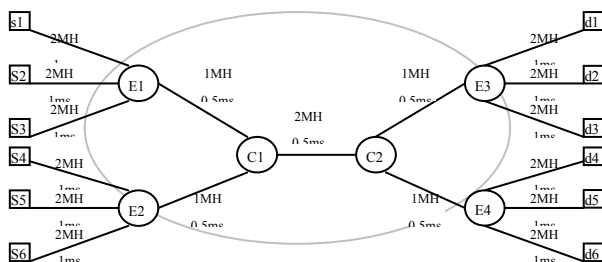
این مدل دارای دو نوع عامل کنترل بار و حسابرسی می‌باشد. عامل‌های کنترل بار بر روی هر یک از مسیریاب‌های دامنه سرویس متمایز قرار دارند. این عامل‌ها در بازه‌های منظمی بر اساس میزان ترافیک گذرنده از هر اتصال در بازه قبلی، ضریب قیمت جدیدی را به عوامل حسابرسی مربوط به مشتریانی که در بازه قبل از طریق آنها داده منتقل کرده‌اند، پیشنهاد می‌کنند. طول بازه‌ها توسط مدیر شبکه تعیین می‌شود. عامل

بیشتر از میزان مطلوب بوده اند و یا گم شده اند. در اینجا منظور از (t) آخرین بازه‌ای است که مشتری در حال ارسال اطلاعات بوده است.

بنابراین همیشه عامل حساسیتی که در طرف مشتری قرار دارد آخرین کیفیت سرویسی که مشتری دریافت کرده است را ثبت و حفظ می‌کند تا براساس آن و توانایی مالی مشتری بسنجد که آیا مشتری می‌تواند هزینه استفاده از سرویس را بپردازد یا خیر. از دادن سرویس به یک مشتری که توانایی پرداخت هزینه مورد نظر را نداشته باشد ممانعت می‌شود. این مشتری اگر مایل باشد می‌تواند در بازه‌هایی که قیمت مجدداً پایین آمده است و در توان مشتری می‌باشد، سرویس دریافت کند. در مدل پیشنهادی قیمت همه کلاس‌های سرویس به یک نسبت افزایش یا کاهش می‌یابند. هدف در این مدل بهره‌مندی بیشتر از پهنای باند و در عین حال کنترل ازدحام جهت رعایت کیفیت مطلوب می‌باشد.

۳- شبیه‌سازی

توپولوژی شکل (۱) و مدل پیشنهادی با استفاده از ns2 [۱۸] شبیه‌سازی شده است. توپولوژی مورد نظر دارای ۶ منبع ترافیک و ۶ مقصد ترافیک می‌باشد. دامنه سرویس متمایز دارای ۶ گره است که دو گره آن داخلی و ۴ گره آن مرزی می‌باشد. دو تا از گره‌های مرزی، گره ورودی و دو گره دیگر گره خروجی هستند. زمان‌بندی بافرها با صف‌های WFQ مدل شده است که با افزودن بسته نرم‌افزاری [۱۹] به ns2 شبیه‌سازی گردیده است. اندازه بافر برای کلاس‌های AF و BE برابر ۱۰۰ و برای کلاس EF در حالت ایستا برابر ۲ (برای داشتن تاخیر پایین) و برای روش پیشنهادی برابر ۱۰ در نظر گرفته شده است تا با نگاه داشتن بسته‌های بیشتر در صف در عین پایین آوردن نرخ گم شدن، تاخیر افزایش نیابد.



شکل (۲): توپولوژی سرویس متمایز

مشخصات ترافیک: در این شبیه‌سازی سه نوع سرویس EF، AF و BE به مشتریان ارائه می‌شود. ترافیک روی هر لینک دامنه سرویس متمایز، ترکیبی از هر سه کلاس می‌باشد. در هر لحظه میزان ترافیک روی هر اتصال دامنه، نزدیک به ظرفیت کامل اتصال است. مشخصات ترافیک منابع S1 تا S6 در جدول ۱ آمده است.

S1 منبع ترافیک EF است که به تاخیر حساس می‌باشد. S3 منبع ترافیک AF است که حساسیت به تاخیر آن کمتر از EF است ولی نیاز به گذردهی بالا دارد. منبع S2 در ns بر روی TCP اجرا می‌شود که

برای بازه بعد پیشنهاد می‌کند، $C_i(t)$ ضریب مسیریاب در بازه قبلی می‌باشد. λ یک عدد ثابت بزرگتر از یک است که میزان رشد قیمت را تعیین می‌کند. این ثابت هر چه به یک نزدیکتر باشد قیمت‌ها با شیب کمتری افزایش می‌یابد. ثابت η یک عدد ثابت کوچکتر از یک است که هر چه به یک نزدیکتر باشد قیمت‌ها به آرامی کاهش می‌یابد. λ و η توسط مدیر شبکه تنظیم می‌شود.

هر مسیریاب پس از محاسبه ضریب جدید آن را به تمام عامل‌های حساسرسی مشتریانی که بار آن‌ها از طریق مسیریاب مورد نظر در بازه قبل حمل شده است، می‌فرستد. هر عامل حساسرسی بایستی پس از دریافت قیمت‌های جدید مسیریاب‌های مسیر ترافیک مشتری، ضریب نهایی مربوط به مشتری مورد نظر را محاسبه کند. عامل حساسرسی ماکزیمم ضرایب اعلام شده از طرف مسیریاب‌ها را به عنوان ضریب نهایی در نظر می‌گیرد. برای کنترل اینکه قیمت‌ها از یک مقدار آستانه (آستانه ماکزیمم) بیشتر و از یک مقدار آستانه دیگر (آستانه مینیمم) کمتر نشود، بایستی چک شود که ضریب نهایی در این رنج باشد. این دو آستانه توسط مدیر شبکه بنا به فرمول‌های اقتصادی تعیین می‌گردد. در صورتیکه ماکزیمم ضریب قیمت بدست آمده بین دو آستانه ماکزیمم و مینیمم نباشد عامل حساسرسی با تعدیل ضریب آنرا بین این دو آستانه قرار می‌دهد. اگر ضریب قیمت بدست آمده کمتر از آستانه مینیمم باشد آن را برابر آستانه مینیمم قرار می‌دهد و اگر ضریب قیمت بدست آمده بیشتر از آستانه ماکزیمم باشد آن را برابر آستانه ماکزیمم قرار می‌دهد. سپس ضریب تعیین شده به عنوان ضریب قیمت نهایی آن مشتری برای بازه بعد در نظر گرفته می‌شود.

پارامتر توانایی مالی هر مشتری که عددی بزرگتر از یک است نشان دهنده میزان تحمل مشتری در مقابل رشد هزینه قابل پرداخت می‌باشد. این پارامتر در توافق سطح سرویس قید می‌شود. مثلاً اگر این پارامتر برابر ۱.۳ باشد یعنی مشتری حداکثر تا ۱.۳ برابر هزینه قابل پرداخت با قیمت‌های پایه را می‌تواند بپردازد. در هر بازه میزان رشد هزینه با توجه به کیفیت سرویسی که مشتری در آخرین بازه دریافت کرده است سنجیده می‌شود. پس از محاسبه ضریب قیمت نهایی هر مشتری توسط عامل حساسرسی مربوط به آن، عامل حساسرسی بایستی استطاعت مالی مشتری را چک کند. بنابراین عامل حساسرسی شرط زیر را بررسی می‌کند

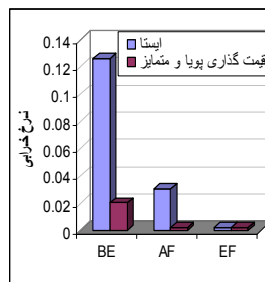
$$C_i(t+1) \times c_j \times t_{i,j}(t) - (C_i(t+1))^2 \times p_{loss,j} \times I_{i,j}(T) - (C_i(t+1))^2 \times p_{dly,j} \times d_{i,j}(t) - (C_i(t+1))^2 \times p_{thr,j} \times th_{i,j}(t) < \omega_i(c_j \times t_{i,j}(t) - p_{loss,j} \times I_{i,j}(t) - p_{dly,j} \times d_{i,j}(t) - p_{thr,j} \times th_{i,j}(t))$$

که j نشان دهنده کلاس، i نشان دهنده منبع ترافیک و پارامتر ω توانایی مالی می‌باشد. $t_i(t)$ برابر تعداد بیت‌های ارسالی از منبع i و رسیده شده به مقصد از کلاس j در بازه قبلی است، $d_{i,j}(t)$ و $I_{i,j}(t)$ به ترتیب برابر تعداد بسته‌هایی که از منبع i از کلاس j فرستاده شده و دارای تاخیر

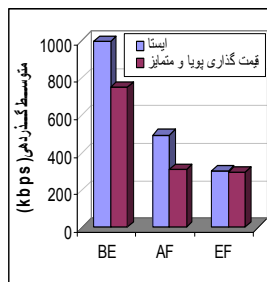
درصد است. ۶۸ درصد بین پارامترهای u_{min} و u_{max} است که توسط مدیر شبکه تعیین می شود پس استفاده از این دو پارامتر می توان درصد استفاده از پهنای باند را در حد مطلوب نگاه داشت.

شکل (۲-ب) نرخ خرابی دو مدل ایستا و پیشنهادی را نشان می دهد. با مدل پیشنهادی معکوس نرخ خرابی را برای کلاس AF ۱۷/۸۲ برابر و برای کلاس BE ۶/۲۳ برابر نسبت به تهیه ایستا بهبود یافته است.

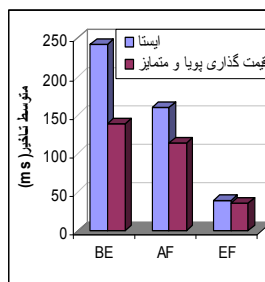
شکل (۲-ج) متوسط تاخیر را برای مدل پیشنهادی و ایستا به تفکیک کلاس نشان می دهد متوسط تاخیر در هر سه کلاس با مدل پیشنهادی کاهش یافته است. متوسط تاخیر برای کلاس های BE، AF و EF به ترتیب ۷۴٪، ۴۲٪ و ۹٪ بهبود یافته است.



(ب) نرخ خرابی

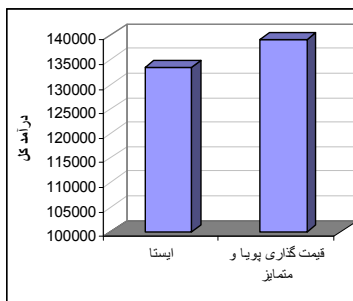


(الف) متوسط گذردهی



(ج) متوسط تاخیر

شکل (۲): مقایسه مدل پیشنهادی با حالت ایستا در پارامترهای مختلف کیفیت سرویس



شکل (۳): مقایسه درآمد کل

شکل (۳) درآمد حاصل برای هر دو مدل را نشان می دهد. در کل ۴٪ درصد افزایش درآمد حاصل شده است. با اینکه در صد استفاده از پهنای باند نسبت به حالت ایستا کاهش یافت ولی میزان سود حاصل به

منبع ترافیک BE است و به تاخیر حساس نیست. S2 منابع S1 تا S6 دارای مقاصد D1 تا D6 می باشند. بسته های ارسالی از همه منابع ترافیک ۱۰۰۰ بیتی هستند.

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

جزئیات شبیه سازی: زمان شبیه سازی برابر ۳۰۰۰ ثانیه است. بازه های بروز کردن وزن ها برابر ۲۵۰ ثانیه و بازه های اندازه گیری گذردهی برابر ۵۰ ثانیه می باشد. جدول (۲) برنامه ریزی قیمت گذاری پایه که استفاده می شود، را نشان می دهد.

جدول (۲): 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

مقدار تاخیر مطلوب برای کلاس EF ۳۵ms و برای کلاس AF برابر ۴۵ms می باشد. گذردهی مطلوب برای کلاس AF برابر ۲۰۰ kbps می باشد. اگر گذردهی کمتر از حد مطلوب باشد ارائه دهنده جریمه می شود. پارامترهای u_{min} ، λ و η به ترتیب برابر با ۰.۹، ۰.۶، ۰.۸ و ۰.۸ است. پارامتر توانایی مالی مشتریان در جدول (۳) ذکر شده است.

جدول (۳): توانایی مالی مشتریان

مشتری	توانایی مالی (ω)
S1	۱/۱۳
S2	۱/۱
S3	۱/۸
S4	۱/۲۳
S5	۱/۲۹
S6	۱/۱۳

نتایج شبیه سازی: در این بخش مدل پیشنهادی با مدل قیمت گذاری ایستا مقایسه می شود. زمان بندی صف ها با WFQ مدیریت می شود در شبیه سازی انجام شده وزن های کلاس های سرویس با هم برابر است. شکل (۲-الف) متوسط گذردهی به تفکیک کلاس برای دو مدل ایستا و مدل پیشنهادی را نشان می دهد. مشاهده می شود که برای هر سه کلاس سرویس گذردهی مدل پیشنهادی کمتر است در این مدل سعی شده است با کاهش ازدحام کیفیت سرویس بهتری ارائه شود. درصد استفاده از پهنای باند در حالت ایستا ۹۰ درصد و با مدل پیشنهادی ۶۸

- Laboratory, University of Cambridge, 1997.
<http://www.statslab.cam.ac.uk/Reports/1997/1997-19.html>
- [10] F.P. Kelly, *Charging and accounting for bursty connections*, in Internet Economics, editors. J. P. Bailey and L. McKnight, MIT Press, Massachusetts, pp. 253-278, 1996.
- [11] J. Mackie-Mason, H. Varian, *Pricing the Internet*, in Public access to the Internet, editors. Brain Kahin and James Keller, Printice Hall, New Jersey, 1995.
- [12] F. P. Kelly, A. K. Maulloo, D. K. H. Tan, *Rate control in communication networks: Shadow prices, proportional fairness and stability*, Journal of the Operational Research Society. Vol. 49, No. 3, pp. 237-252, 1998.
- [13] A. Gupta, D. O. Stahl, A. B. Whinston, *Internet Economics, chapter Priority pricing of Integrated Services networks*, pp. 323-352, Boston, MA: MIT Press, 1997.
- [14] N. Semret, R. R.-F. Liao, A. T. Campbell, A. A. Lazar, *Market Pricing of Differentiated Internet Services*, In Proc. 7th International Workshop on Quality of Service (IEEE/IFIP IWQOS'99), June 1999.
- [15] L. J. Camp, C. Gideon, *Certainty in Bandwidth or Price*, The 29th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy, Washington, D.C. October 2000.
- [16] C. Bouras, A. Sevasti, *A new pricing mechanism for a high-priority DiffServ-based service*, The 6th International Conference on Advanced Communication Technology, Phoenix Park, Republic of Korea, February 2004.
- [17] A. Gupta, L. Zhang, *A Two-Component Spot Pricing Framework for Loss-Rate Guaranteed Internet Service Contracts*, In Proc. Winter Simulation Conference, pp. 372-380, 2003
- [18] UCB/LBNL/VINT, *Network Simulator, ns-2*, 1997.
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [19] Package WFQ, <http://www.cc.jyu.fi/~sayenko/src/wfq-1.2.2.tar.gz>

[۲۰] م. رجایی، م. ر. میبدی، تدارک پویای پهنای باند در شبکه‌های

سرویس متمایز با استفاده از اتوماتای یادگیر سلولی، سیزدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، اسفند ۱۳۸۶.

[۲۱] م. رجایی، م. ر. میبدی، تدارک پویای پهنای باند در شبکه‌های

سرویس متمایز با استفاده از اتوماتاهای یادگیر، پانزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، تهران، اردیبهشت ۱۳۸۶.

[۲۲] مهری رجایی، محمدرضا میبدی، یک روش قیمت‌گذاری پویا

برای معماری سرویس متمایز، یازدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، بهمن ۱۳۸۴.

دلیل پویا بودن قیمت‌ها و جلوگیری از ازدحام و ارائه کیفیت سرویس بهتر، افزایش یافته است. در این روش نیز به دلیل تمایز قیمت‌ها، قیمت برای مشتریانی که ترافیک آن‌ها از لینک دارای ازدحام نمی‌گذرد، افزایش نمی‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله مدلی پویا برای قیمت‌گذاری کلاس‌های سرویس متمایز مبتنی بر قیمت‌گذاری بر اساس استفاده از پهنای باند و عرضه و تقاضا ارائه شد. از طریق شبیه‌سازی نشان داده شد که از طریق کنترل ازدحام و بکارگیری سیاست قیمت‌گذاری مناسب می‌توان کیفیت سرویس بهتری نسبت به قیمت‌گذاری ایستا ارائه داد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با بکارگیری روش پیشنهادی برای همه کلاس‌های سرویس بهبود قابل توجهی در نرخ خرابی و متوسط تاخیر نسبت به قیمت‌گذاری ایستا حاصل شده است و از این طریق باعث افزایش درآمد شده است. نشان داده شد که گرچه میزان استفاده از پهنای باند کاهش می‌یابد ولی بدلیل ارائه سرویس بهتر، درآمد ارائه‌دهنده حدود ۴ درصد افزایش می‌یابد. در این روش بازه‌های زمانی توسط مدیر شبکه می‌تواند به گونه‌ای تعیین شود که مشتری با تغییرات شدید قیمت مواجه نشود و از این طریق بتواند هزینه پرداختی خود را تا حدودی تخمین بزند. و در این روش قیمت‌ها برای همه مشتریان یکسان تغییر نمی‌کند. قیمت برای هر مشتری بر اساس میزان بار اتصال‌های مسیر انتقال ترافیک مربوط به مشتری، تعیین می‌شود و ازدحام در یک اتصال قیمت را برای مشتریانی که از آن اتصال استفاده نمی‌کنند، افزایش نمی‌دهد. این خصوصیت باعث استفاده بهتر در همه مواقع، از پهنای باند می‌شود.

۵- مراجع

- [1] Y. Bernet, J. Binder, S. Blake, *A Framework for differentiated Services*, IETF Internet Draft, <draft-ietf-diffservframework-02.txt>, February, 1999.
- [2] S. Blake, D. Black, M. Carlson, *An Architecture for Differentiated Services*, IETF RFC 2475, December 1998.
- [3] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, *Assured Forwarding PHB Group*, IETF RFC 2597, June 1999
- [4] V. Jacobsen, et al, *An Expedited Forwarding PHB*, IETF RFC 2598, June 1999.
- [5] L. A. DaSilva, *Pricing for QoS-Enabled Networks: A Survey*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 3, No. 2, pp. 2-8, 2nd Quarter, 2000.
- [6] E. W. Fulp, D. S. Reeves, *Optimal Provisioning and Pricing of Internet Differentiated Services in Hierarchical Markets*, In Proc. IEEE (ICN(1)), pp. 409-418, 2001.
- [7] A. M. Odlyzko, *Internet pricing and history of communications*, Technical Report, AT&T labs, 2000.
- [8] D. D. Clark, *A model for cost allocation and pricing in the Internet*, Presented at MIT Workshop on Internet Economics, March 1996.
<http://www.press.umich.edu/jep/works/ClarkModel.html>
- [9] C. Courcoubetis, F. P. Kelly, and R. Weber, *Measurement-based charging in communications networks*, Technical Report 1997-19, Statistical