

یک روش قیمت‌گذاری پویا برای معماری سرویس متمایز

محمد رضا میبدی

مهری رجایی

آزمایشگاه سیستمهای نرم افزاری

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران ایران

meybodi@ce.aut.ac.ir و rajavi@ce.aut.ac.ir

با توجه به اینکه امروزه بازار اینترنت تبدیل به یک بازار رقبتی در زمینه دادن سرویس‌های بهتر به مشتریان شده است، مسئله قیمت‌گذاری و ارائه سرویس با کیفیت بهتر برای ارائه‌دهندگان سرویس اینترنت^۵ اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. مدل قیمت‌گذاری تخت^۶ 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 قیمت‌گذاری مناسب می‌تواند انگیزه استفاده از همه کلاس‌های سرویس را توسط مشتریان ایجاد کند. سیاست قیمت‌گذاری باید به گونه‌ای باشد که نه تنها نسبت به تغییرات ترافیک در شبکه واکنش نشان دهد بلکه نیاز محاسباتی پایین باشد. و از طرفی دیگر کاربر بتواند میزان قیمت پرداختی را تخمین بزند.

معرفی کیفیت سرویس و سرویس متمایز بر روی سیاست‌های قیمت‌گذاری در شبکه‌های سنتی تاثیر گذاشته است. سیاست‌های قیمت‌گذاری بر اساس دسترسی با هزینه ثابت و پرداخت برای هر اتصال به سمت سیاست‌های قیمت‌گذاری بر لساس میزان استفاده^۷ حرکت کرده است. پرداخت بر اساس میزان استفاده یک روش مناسب برای شبکه‌های IP امروزی می‌باشد^[۵]. قیمت‌گذاری به دو صورت ایستا و پویا انجام می‌شود. تاکنون قیمت‌گذاری ایستا مانند قیمت‌گذاری بازه‌های روز^{[۶][۷]} استفاده می‌شود. بر خلاف راحتی پیاده‌سازی آن، این روش نسبت به وضعیت جاری شبکه واکنش نشان نمی‌دهد و به همین دلیل یک مکانیزم کارا برای استفاده از منابع نمی‌باشد. در [۸] بستن قراردادهای بلند مدت بین مشتری و ارائه‌دهنده که در آن ظرفیت مورد انتظار مشتری مشخص شده است را پیشنهاد می‌کند. در [۹][۱۰] دو روش قیمت‌گذاری سازگار پذیر برای هزینه جریان‌هایی که خصوصیات ترافیک آن از SLA پیروی می‌کنند، بر اساس پهنانی‌باند موثر ارائه می‌شود. روش‌های قیمت‌گذاری پویا

چکیده: در این مقاله روشی بر لساس میزان استفاده از پهنانی‌باند برای قیمت‌گذاری پویا در معماری سرویس متمایز پیشنهاد می‌شود. قیمت‌ها به طور پویا در بازه‌های مشخصی از زمان براساس بازخورده که از محیط گرفته می‌شود تغییر می‌کند. این روش در صورت تشخیص از دحام قیمت‌ها را افزایش و در صورت تشخیص کاهش بار قیمت‌ها را کاهش می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با استفاده از مکانیزم عرضه و تقاضا می‌توان کیفیت سرویس بهتری در مقایسه با روش قیمت‌گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرابی و تاخیر فراهم نمود و در نتیجه افزایش درآمد را باعث شد.

واژه‌های کلیدی: قیمت‌گذاری پویا، شبکه‌های کامپیوتری، سرویس متمایز، عرضه و تقاضا، کیفیت سرویس

۱- مقدمه

معماری سرویس متمایز^۱ [۱][۲] به عنوان یک مدل سرویس برای ارائه کیفیت سرویس بر روی شبکه‌های IP نسل بعد پذیرفته شده است یک دامنه در سرویس متمایز گروهی از مسیریاب‌ها هستند که سطوح سرویس مشابه و سیاست‌های یکسانی دارند. در داخل دامنه سرویس 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^۲ [۳] و ارسال سریع^۳ [۴] در سرویس متمایز پیشنهاد شده است. در این مدل برای تضمین کیفیت سرویس قراردادی تحت نام توافق سطح سرویس^۴ (SLA) بین مشتری و ارائه‌دهنده سرویس منعقد می‌شود. در این قرارداد پارامترهای کیفیت سرویس، موارد تخلف و مسائل مالی به دقت مشخص می‌شود. چگونگی بیان مسائل مالی و جریمه‌های تخلف مسئله سیاست قیمت‌گذاری را مطرح می‌کند. که نقش مهمی در مدیریت توافق سطح سرویس دارد.

¹ DiffServ

² Assured Forwarding (AF)

³ Expedited Forwarding (EF)

⁴ Service Level Agreement (SLA)

⁵ Internet Service Provider (ISP)

⁶ Flat Pricing

⁷ Usage-based

دارای خصوصیات زیر می‌باشد: ۱) محاسبات مورد نیاز پایین می‌باشد. ۲) بازه‌های زمانی توسط مدیر شبکه می‌تواند به گونه‌ای تعیین شود که مشتری با تغییرات شدید قیمت مواجه نشود و بتواند هزینه پرداختی خود را ت حدودی تخمین بزنند.^۳ ۳) مشتری با تعیین پارامتر توائی مالی خود مطمئن می‌شود که هزینه او از یک حد مشخص بیشتر نخواهد شد.

ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ روش پیشنهادی ارائه می‌شود. در بخش ۳ نتایج شبیه‌سازی مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش پایانی مقاله نتیجه‌گیری می‌باشد.

۲- مدل پیشنهادی

در این قسمت یک مدل قیمت‌گذاری پویا 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 تعیین می‌کند. در این روش میزان هزینه قبل پرداخت توسط مشتری بر اساس مدل قیمت‌گذاری بر اساس استفاده و مطابق تابع درآمدی که در ادامه شرح داده می‌شود محاسبه می‌شود. در این قسمت ابتدا تابع درآمد مورد استفاده شرح داده می‌شود و سپس مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد.

۱-۲ تابع درآمد

قیمت‌گذاری بر اساس یکی از روش‌های قیمت‌گذاری است که در آن کاربران فقط بر اساس میزان ترافیک ارسالی هزینه پرداخت می‌کنند. در این مدل قیمت بر اساس مقدار استفاده از پهنای باند تعیین می‌شود و اگر کیفیت مورد نظر برآورده نشود، ارائه‌دهنده جریمه می‌گردد. 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، مثلاً اگر قرار باشد تاخیر بسته‌های کلاس ۱ دارای حساسیت بیشتری نسبت به بسته‌های کلاس ۲ باشد می‌توان جریمه تاخیر بسته کلاس ۱ و ۲ را به ترتیب ۶ و ۳ برابر هزینه ارسال آنها قرار داد.

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 آن طبق قرارداد توافق شده، نباید جریمه پرداخت می‌کند. در این روش با وجود جریمه دیگر لازم نیست که به طور مطلق کیفیت سرویس همه بسته‌های ارسالی تضمین شود زیرا به دلیل وجود جریمه لگیزه‌ای برای ارائه دهنده به منظور تخطی از سطح سرویس وجود نخواهد داشت و از طرفی دیگر پرداخت جریمه توسط ارائه دهنده سرویس، موارد تخطی از سطح سرویس را در مشتری به

مانند Smart Market^۸، روش قیمت‌گذاری نسبتاً منصفانه^۹، قیمت‌گذاری اولویت^{۱۰} وضعیت شبکه را در نظر دارد ولی پیاده‌سازی این روش‌ها به دلیل کوتاه بودن بازه‌ها غیر عملی می‌باشد. در^{۱۱} روشی مبتنی بر مکانیزم حراج "progressive second price" ارائه شده است. در روش ارائه شده در^{۱۲} هنگام ازدحام از ورود بسته‌هایی که هیچ تضمین کیفیتی برای آن وجود ندارد، به شبکه جلوگیری می‌کند. فقط به بسته‌های کاربرانی که استطاعت پرداخت هزینه بیشتر به دلیل افزایش ازدحام را دارند، اجازه ورود داده می‌شود.

در^{۱۳} در زمان‌های مشخص، براساس آمارهایی که در مسیریابها نگهداری می‌شود با مشتری مذاکره مجدد می‌کند. در این مدل مشتری نیازی به اینکه از ابتدا به طور دقیق مشخصات ترافیک خود را بداند، ندارد. یکی از مشکلات این روش نگهداری مشخصات هر جایی در مسیریابها می‌باشد که گسترش پذیری روش را با مشکل مواجه می‌کند. در^{۱۴} روش قیمت‌گذاری دو مولفه‌ای ارائه می‌دهد که نرخ خرابی را تضمین می‌کند.

اغلب روش‌های پویایی که به آنها اشاره شد دارای مشکلاتی می‌باشند که عبارتند از: ۱) بازه‌های تغییر قیمت کوچک هستند که این باعث نارضایتی مشتری به دلیل تغییر سریع قیمت و عدم توائی تخمین هزینه توسط مشتری می‌شود. همچنین پیاده‌سازی با بازه‌های کوچک غیر عملی می‌باشد. ۲) حجم محاسبات مورد نیاز زیاد است و به دلیل این که محاسبات در زمان ارسال بسته‌ها انجام می‌گیرد باعث افزایش تاخیر می‌شود. ۳) قیمت‌گذاری بر اساس هر مشتری می‌باشد و در نتیجه در مسیریابها بایستی جریان هر مشتری به طور مجزا مانیتور شود که این قابلیت گسترش پذیری روش را کاهش می‌دهد.

هدف از این مقاله افزایش کیفیت سرویس و درنتیجه 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. قیمت‌ها به طور پویا در بازه‌های مشخصی از زمان براساس بازخوردی که از محیط گرفته می‌شود تغییر می‌کند. این روش در صورت تشخیص ازدحام، قیمت‌ها را افزایش و در صورت کاهش بار، قیمت‌ها را کاهش می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که با استفاده از این مدل می‌توان تقاضا را در همه بازه‌ها توزیع کرد و ازدحام را در زمان اوج مصرف کاهش داد و از این طریق کیفیت سرویس بهتری نسبت به قیمت‌گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرابی و تاخیر دست یافت و در نتیجه میزان درآمد را افزایش داد. در این روش معیار تغییر قیمت میزان بار گذرنده از هر اتصال در بازه قبل می‌باشد. روش پیشنهادی در این مقاله

⁸ Proportional Fair Pricing Schemes

⁹ Best-effort (BE)

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 روش هنگام افزایش قیمت که ضریب جدید بزرگتر از ضریب قبلی است، جریمه‌های تخلف سخت‌تر 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:

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

در صورت ازدحام از رابطه اول در (۳) و در صورت بار کم از رابطه دوم در (۳) استفاده می‌شود. $C_i(t+1)$ ضریبی است که مسیریاب i برای بازه بعد پیشنهاد می‌کند، $C(t)$ ضریبی است که در بازه قبلی برای همه مشتریان به کار گرفته شده است و توسط عامل مرکزی تعیین می‌شود (در ادامه توضیح داده خواهد شد). 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 ضریب جدید خود را به عامل مرکزی اعلام می‌کند. عامل مرکزی ضریب نهایی را محاسبه و به مشتریانی که در حال استفاده از شبکه هستند یا مشتریانی که در بازه مربوطه می‌خواهند به شبکه متصل شوند اعلام می‌کند. عامل مرکزی ماکزیمم ضرایب اعلام شده از طرف مسیریاب‌ها را بدست می‌آورد. برای کنترل اینکه قیمت‌ها از یک مقدار آستانه ماکزیمم بیشتر و از یک مقدار 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 مرکزی با تعدیل ضریب آن را بین این دو آستانه قرار می‌دهد. اگر ضریب قیمت بدست آمده کمتر از آستانه مینیمم باشد آن را برابر آستانه مینیمم و اگر ضریب قیمت بدست آمده بیشتر از آستانه ماکزیمم باشد آن را برابر آستانه ماکزیمم قرار می‌دهد. سپس

فراموشی می‌سپارد. بنابراین این روش هم برای ارائه‌دهنده و هم برای مشتری مناسب است

میزان درآمد مسیریاب i طبق [۱۸] به صورت زیر 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. $p_{loss,j}$ و $p_{dly,j}$ به ترتیب مقدار جریمه گم شدن و تاخیر هر بسته از کلاس j می‌باشد. $p_{thr,j}$ جریمه بازه‌هایی که برای کلاس j گذردهی برآورده نشده است، می‌باشد.

۲-۲ مدل قیمت‌گذاری پویای پیشنهادی

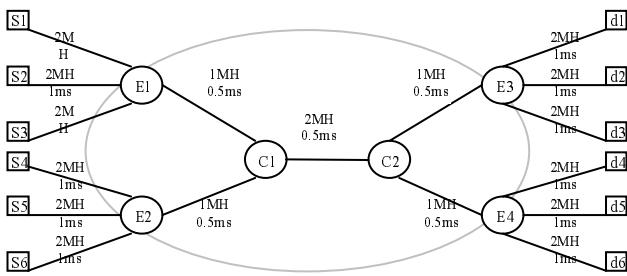
این مدل دارای سه نوع عامل کنترل‌بار، حسابرسی و مرکزی می‌باشد. عامل‌های کنترل‌بار بر روی هریک از مسیریاب‌های دامنه سرویس متمایز قرار دارند. این عامل‌ها در بازه‌های منظمی بر لاس میزان ترافیک گذرنده از هر اتصال در بازه قبلی، ضریب قیمت جدیدی را به عامل مرکزی پیشنهاد می‌کنند. طول بازه‌ها توسط مدیر شبکه تعیین می‌شود. عامل کنترل‌بار با توجه به میزان ازدحام ضریب قیمت جدید را محاسبه می‌کند. عامل کنترل‌بار ازدحام را با استفاده از پارامتری به نام $u_{\max} < 1$ که توسط مدیر شبکه قبل تنظیم است تشخیص می‌دهد. هرگاه متوسط تعداد بیت‌های گذرنده بیشتر از $u_{\max} * bw_i$ باشد ازدحام رخ داده است. عامل کنترل‌بار، بار کم را با استفاده از پارامتر $u_{\min} < 1$ 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 تنها عملیاتی که باقیستی انجام دهد این است که یک شمارنده داشته باشد و تعداد بیت‌های گذرنده از هر پورت خروجی مسیریاب را محاسبه کند. در ابتدای هر بازه هر مسیریاب براساس تعداد بیت‌های گذرنده در بازه قبل، 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:

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

-۳ شبیه‌سازی

توبولوژی شکل ۱ و مدل پیشنهادی با ns2 [۱۹] شبیه‌سازی شده است. توبولوژی مورد نظر دارای ۶ منبع و ۶ مقصد ترافیک می‌باشد. دامنه سرویس متمایز دارای ۶ گره می‌باشد. سرویس متمایز در حال حاضر به صورت یک‌طرفه است و به همین دلیل کیفیت سرویس ارسال داده‌ها در یک جهت تضمین شده است. زمان بندی بافرها با صفحه‌ای WFQ مدل شده است که با افزودن بسته نرمافزاری [۲۰] به ns2 BE برابر شبیه‌سازی گردیده است. اندازه بافر برای کلاس‌های AF و ۱۰۰ و برای کلاس EF در حالت ایستا برابر ۲ (تاخیر پایین) و برای روش پیشنهادی برابر ۱۰ در نظر گرفته شده است تا با نگاه داشتن بسته‌های بیشتر در صفحه در عین پایین آوردن نرخ گم شدن، تاخیر افزایش نیلدد.



شکل ۱: توبولوژی سرویس متمایز

مشخصات ترافیک: در این شبیه‌سازی سه نوع سرویس AF، EF و BE به مشتریان ارائه می‌شود. ترافیک روی هر اتصال 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 در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: خصوصیات منابع ترافیک

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

منبع ترافیک EF و به تاخیر حساس می‌باشد. S3 منبع ترافیک AF است که حساسیت به تاخیر آن کمتر از EF است ولی نیاز به on-off کندردهی بالا دارد. هر دو این منابع به صورت منابع نمایی UDP مدل می‌شوند. این دو نوع ترافیک بر روی TCP اجرا می‌شود. منبع S2 در ns2 بر روی CBR اجرا می‌شود که منبع ترافیک BE است و به تاخیر حساس نیست. S2 منبع CBR است که فضای باقی‌مانده اتصال

ضریب تعیین شده به عامل‌های حسابرسی^{۱۰} که در طرف مشتری قرار دارند اعلام می‌شود.

پارامتر توانایی مالی هر مشتری که عددی بزرگتر از یک است نشان‌دهنده میزان تحمل مشتری در مقابل رشد هزینه قابل پرداخت می‌باشد. مثلاً اگر این پارامتر برابر ۱ باشد یعنی مشتری حداقل تا ۱.۳ برابر هزینه قابل پرداخت با قیمت‌های پایه را می‌تواند بپردازد. در هر بازه میزان رشد هزینه با کیفیت سرویسی که مشتری در آخرین بازه دریافت کرده است سنجیده می‌شود. بعد از دریافت ضریب قیمت توسعه عامل حسابرسی شرط زیر را چک می‌شود:

$$\begin{aligned} & C(t+1) \times c_j \times t_{i,j}(t) - (C(t+1))^2 \times p_{loss,j} \times I_{i,j}(T) \\ & - (C(t+1))^2 \times p_{dly,j} \times d_{i,j}(t) - (C(t+1))^2 \times p_{thr,j} \\ & \times th_{i,j}(t) < \omega_i (c_j \times t_{i,j}(t) - p_{loss,j} \times I_{i,j}(t) - p_{dly,j} \\ & \times d_{i,j}(t) - p_{thr,j} \times th_{i,j}(t)) \end{aligned} \quad (4)$$

که i نشان‌دهنده کلاس، j نشان‌دهنده منبع ترافیک و پارامتر ω_i توانایی مالی می‌باشد. $t_{i,j}(t)$ تعداد بیت‌های دریافتی کلاس j بازه قابلی در مقصد از منبع i می‌باشد. c_j به ترتیب برابر تعداد بسته‌هایی ارسالی از منبع i و از کلاس j است که دارای تاخیر نامطلوب بوده‌اند و یا گم شده‌اند. در اینجا منظور از (t) آخرین بازه‌ای است که مشتری در حال ارسال اطلاعات بوده‌است. بنابراین همیشه عامل حسابرسی که در طرف مشتری قرار دارد آخرین کیفیت سرویسی که مشتری دریافت کرده است را ثبت و حفظ می‌کند تا بررسی آن و پارامتر توانایی مالی مشتری، توانایی پرداخت هزینه جدید را ارزیابی کند. از دادن سرویس به کاربری که توانایی پرداخت هزینه موردنظر را نداشته باشد ممانعت می‌شود. این مشتری اگر مایل باشد می‌تواند در بازه‌هایی که قیمت مجدد پایین آمده و در توان وی است، سرویس دریافت کند. در مدل پیشنهادی سه نوع عامل وجود دارد که وظایف هر کدام از آنها بطور خلاصه به قرار زیر می‌باشد.

- عامل‌های کنترل بار در ابتدای هر بازه به طور همزمان فعال می‌شوند و ضرایب قیمت را محاسبه می‌کنند، سپس این ضرایب را به عامل مرکزی ارسال می‌کنند.
- عامل مرکزی بر طبق ضرایب قیمت دریافت کرده، ضریب نهایی را محاسبه و به عامل‌های حسابرسی اعلام می‌کند.

- عامل حسابرسی مقدار هزینه پرداختی مشتری را بر اساس آخرین کیفیت سرویس دریافتی محاسبه می‌کند، اگر بیشتر از توانایی مالی مشتری باشد از دادن سرویس به وی ممانعت می‌شود

¹⁰ Accounting Agent

را مصرف می‌کند. منابع S1 تا S6 دارای مقاصد D1 تا D6 می‌باشند.

بسته‌های ارسالی از همه منابع ترافیک ۱۰۰۰ بیتی می‌باشند.

جدول ۲: برنامه‌ریزی قیمت‌گذاری

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

جزئیات شبیه‌سازی: زمان شبیه‌سازی، بازه تغییر قیمت و بازه

اندازه‌گیری گذردهی به ترتیب ۳۰۰۰، ۲۵۰ و ۵۰ ثانیه می‌باشد. جدول

۲ برنامه‌ریزی قیمت‌گذاری مورد استفاده را نشان می‌دهد. هزینه بسته‌های AF و EF به ترتیب ۱۰ و ۴ برابر هزینه بسته BE است.

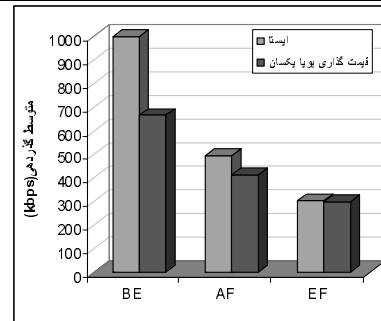
جریمه گم شدن در هر سه کلاس ۸ برابر هزینه ارسال بسته است.

جریمه تاخیر برای کلاس‌های AF و EF به ترتیب ۴ و ۲ برابر هزینه ارسال بسته است. حد بالای تاخیر کلاس‌های AF و EF به ترتیب

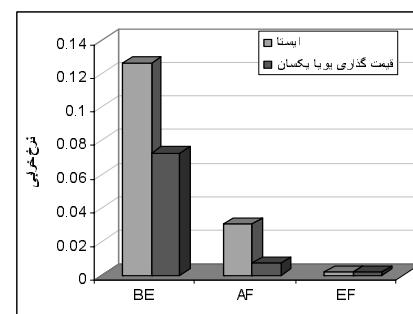
۳۵ms و ۴۵ms می‌باشد. حد پایین گذردهی مطلوب کلاس AF برابر ۲۰۰ kbps می‌باشد. پارامترهای u_{min} ، u_{max} ، λ و η به ترتیب برابر با ۰.۶، ۰.۷، ۰.۸ و ۰.۹ است. پارامتر توانایی مالی مشتریان در جدول ۳ ذکر شده است.

جدول ۳: توانایی مالی مشتریان

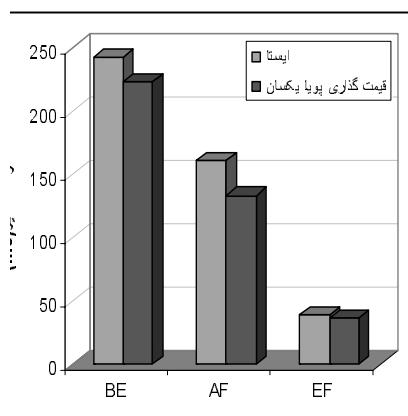
S6	S5	S4	S3	S2	S1	مشتری
۱/۱۳	۱/۲۹	۱/۲۳	۱/۸	۱/۱	۱/۱۳	توانایی مالی (۳)



(الف) متوسط گذردهی



(ب) نرخ خرلي



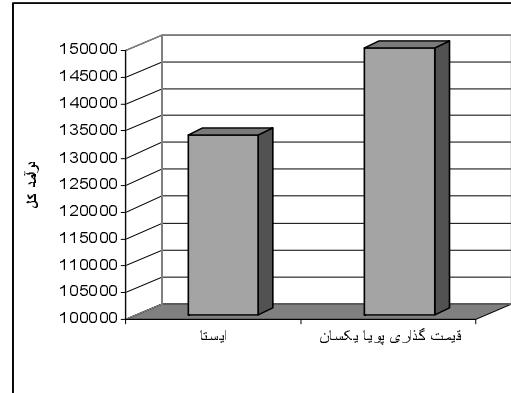
(ج) متوسط تاخیر

شکل ۲: مقایسه مدل پیشنهادی با مدل ایستا برای پارامترهای مختلف کیفیت سرویس

نتایج شبیه‌سازی: در این بخش مدل پیشنهادی با مدل قیمت‌گذاری WFQ ایستا مقایسه می‌شود. در شبیه‌سازی انجام شده وزن‌های صف BE و AF با هم برابر است. شکل ۲-الف متوسط گذردهی هر دو مدل را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که برای هر سه کلاس سرویس، گذردهی مدل پیشنهادی کمتر است. در این مدل سعی شده با کاهش ازدحام، کیفیت سرویس بهتری ارائه شود. درصد استفاده از پهنانی‌باند مدل ایستا و پیشنهادی به ترتیب ۹۰ و ۷۰ درصد است. شکل ۲-ب نرخ خرایی دو مدل را مقایسه می‌کند. نرخ خرایی کلاس‌های BE و AF در دو برای مدل پیشنهادی کمتر از حالت ایستا و برای کلاس EF در دو مدل یکسان می‌باشد. با استفاده از مدل پیشنهادی معکوس نرخ خرایی در مقایسه با مدل ایستا برای کلاس‌های AF و BE به ترتیب ۴.۳ و ۱.۷۴ برابر شده است. شکل ۲-ج متوسط تاخیر دو مدل را به تفکیک کلاس نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از مدل پیشنهادی متوسط تاخیر در هر سه کلاس سرویس کاهش یافته است. متوسط تاخیر در مدل پیشنهادی برای کلاس‌های BE، AF و EF به ترتیب ۲۱.۹ و ۷ درصد بهبود یافته است.

شکل ۳ درآمد حاصل برای هر دو مدل پیشنهادی و ایستا را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که با استفاده از مدل پیشنهادی درآمد به میزان ۱۲ درصد در مقایسه با روش ایستا افزایش یافته است. با اینکه درصد استفاده از پهنانی‌باند در مقایسه با روش ایستا کاهش یافت ولی میزان سود حاصل به دلیل پویا بودن قیمت‌ها و جلوگیری از ازدحام و ارائه کیفیت سرویس بهتر افزایش یافته است.

- Keller, Prentice Hall, New Jersey, 1995.
- [12] F. P. Kelly, A. K. Maulloo and 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 and 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 and A. A. Lazar, "Market Pricing of Differentiated Internet Services", Proc. IEEE/IFIP IWQOS'99, June 1999.
- [15] L. J. Camp and C. Gideon, "Certainty in Bandwidth or Price", Proc. of the 29th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy, Washington, D.C. October 2000
- [16] C. Bouras and 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 and L. Zhang, "A Two-Component Spot Pricing Framework for Loss-Rate Guaranteed Internet Service Contracts", Proc. of the Winter Simulation Conference, pp. 372-380, 2003
- [18] T. C. K. Hui, C. K. Tham, "Adaptive Provisioning of Differentiated Services Networks based on reinforcement Learning", IEEEESMC2003, Part C, Vol. 33, No. 4, pp 492-501, November 2003.
- [19] UCB/LBNL/VINT, "Network Simulator", ns-2, 1997. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [20] Package WFQ, <http://www.cc.jyu.fi/~sayenko/src/wfq-.tar>.



شکل ۳: مقایسه درآمد کل

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله روشی مبتنی بر قیمت‌گذاری بر اساس میزان لستفاده از پهنه‌باند برای قیمت‌گذاری پویای کلاس‌های معماری سرویس متمایز پیشنهاد گردید. روش پیشنهادی از طریق توزیع تقاضا در همه بازدهها باعث کاهش ازدحام در زمان اوج مصرف می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با لستفاده از این روش می‌توان کیفیت سرویس بهتری را در مقایسه با روش قیمت‌گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرایی و تاخیر فراهم نمود و باعث افزایش درآمد گردید. نشان داده شد بدلیل ارائه سرویس بهتر، درآمد ارائه‌دهنده حدود ۱۲ درصد افزایش می‌یابد.

۵- مراجع

- [1] Y. Bernet et al, "A Framework for differentiated Services", IETF Internet Draft, February, 1999.
- [2] S. Blake et al, "An Architecture for Differentiated Services", IETF RFC 2475, December 1998.
- [3] D. Hang, H. Shao, W. Zhu and Y. Zhang, "TD²FQ: An Integrated Traffic Scheduling and Shaping Scheme for DiffServ Networks", In Proc. IEEE HPSR 2001, May 2001.
- [4] V. Jacobsen, et al, "An Expedited Forwarding PHB", IETF RFC 2598, Jun 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] A. M. Odlyzko, "Internet pricing and history of communications", Technical Report, AT&T labs, 2000.
- [7] E. W. Fulp and D. S. Reeves, "Optimal Provisioning and Pricing of Internet Differentiated Services in Hierarchical Markets", Proc. of the IEEE ICN(1), pp. 409-418, 2001.
- [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/iep/works/ClarkModel.html>
- [9] 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.
- [10] C. Courcoubetis, F. P. Kelly, and R. Weber, "Measurement-based charging in communications networks", Technical Report 1997-19, Statistical Laboratory, University of Cambridge, 1997. <http://www.statslab.cam.ac.uk/Reports/1997/1997-19.html>
- [11] J. Mackie-Mason and H. Varian, "Pricing the Internet", in Public access to the Internet, editors. Brian Kahin and James