

## یک روش قیمت گذاری پویا برای معماری سرویس متمایز

مهری رجایی

محمد رضا میبدی

آزمایشگاه سیستمهای نرم افزاری  
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات  
دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
تهران ایران

[mevbodi@ce.aut.ac.ir](mailto:mevbodi@ce.aut.ac.ir), [rajavi@ce.aut.ac.ir](mailto:rajavi@ce.aut.ac.ir)

با توجه به اینکه امروزه بازار اینترنت تبدیل به یک بازار رقابتی در زمینه دادن سرویسهای بهتر به مشتریان شده است، مسئله قیمت گذاری و ارائه سرویس با کیفیت بهتر برای ارائه دهندگان سرویس اینترنت<sup>۵</sup> اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. مدل قیمت گذاری تخت<sup>۶</sup> 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 کلاسهای سرویس را توسط مشتریان ایجاد کند. سیلست قیمت گذاری باید به گونه ای 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 قیمت گذاری در شبکه های سنتی تاثیر گذاشته است. سیلستهای قیمت گذاری بر اساس دسترسی با هزینه ثابت و پرداخت برای هر اتصال به سمت سیلستهای قیمت گذاری بر اساس میزان استفاده<sup>۷</sup> 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] 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 مکانیزیم کارا برای استفاده از منابع نمی باشد. در [۸] بستن قراردادهای بلند مدت بین مشتری و ارائه دهنده که در آن ظرفیت مورد انتظار مشتری مشخص شده است را پیشنهاد می کند. در [۹] [۱۰] دو روش قیمت گذاری سازگار پذیر برای هزینه جریان هایی که خصوصیات ترافیک آن از SLA پیروی می کنند، بر اساس پهنای باند موثر ارائه می شود. روشهای قیمت گذاری پویا

**چکیده:** در این مقاله روشی بر اساس میزان استفاده از پهنای باند برای قیمت گذاری پویا در معماری سرویس متمایز پیشنهاد می شود. قیمت ها به طور پویا در بازه های مشخصی از زمان بر اساس باز خوردی که از محیط گرفته می شود تغییر می کند. این روش در صورت تشخیص ازدحام قیمت ها را افزایش و در صورت تشخیص کاهش بار قیمت ها را کاهش می دهد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با استفاده از مکانیزیم عرضه و تقاضا می توان کیفیت سرویس بهتری در مقایسه با روش قیمت گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرابی و تاخیر فراهم نمود و در نتیجه افزایش درآمد را باعث شد.

**واژه های کلیدی:** قیمت گذاری پویا، شبکه های کامپیوتری، سرویس متمایز، عرضه و تقاضا، کیفیت سرویس

### ۱- مقدمه

معماری سرویس متمایز [۱] [۲] به عنوان یک مدل سرویس برای ارائه کیفیت سرویس بر روی شبکه های 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، 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<sup>۳</sup> [۳] و ارسال سریع<sup>۴</sup> [۴] در سرویس متمایز پیشنهاد شده است. در این مدل برای تضمین کیفیت سرویس قراردادی تحت نام توافق سطح سرویس<sup>۴</sup> (SLA) بین مشتری و ارائه دهنده سرویس منعقد می شود. در این قرارداد پارامترهای کیفیت سرویس، موارد تخلف و مسائل مالی به دقت مشخص می شود. چگونگی بیان مسائل مالی و جریمه های تخلف مسئله سیلست قیمت گذاری را مطرح می کند. که نقش مهمی در مدیریت توافق سطح سرویس دارد.

<sup>1</sup> DiffServ

<sup>2</sup> Assured Forwarding (AF)

<sup>3</sup> Expedited Forwarding (EF)

<sup>4</sup> Service Level Agreement (SLA)

<sup>5</sup> Internet Service Provider (ISP)

<sup>6</sup> Flat Pricing

<sup>7</sup> 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 تا حدودی تخمین بزند. ۳) مشتری با تعیین پارامتر توانایی 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 قابل پرداخت توسط مشتری بر اساس مدل قیمت‌گذاری بر اساس میزان 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.

### ۲-۱ 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 پهنای‌بند 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، نباشد 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 انگیزه‌ای 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 [۱۱]، روش قیمت‌گذاری نسبتاً منصفانه<sup>۸</sup> [۱۲]، قیمت‌گذاری اولویت [۱۳] وضعیت شبکه را در نظر دارد ولی پیاده‌سازی این روش‌ها به دلیل کوتاه بودن بازه‌ها غیر عملی می‌باشد. در [۱۴] روشی مبتنی بر مکانیزیم حراج "progressive second price" ارائه شده است. در روش ارائه شده در [۱۵] هنگام ازدحام از ورود بسته‌هایی که هیچ تضمین کیفیتی برای آن وجود ندارد<sup>۹</sup>، به شبکه جلوگیری می‌کند. فقط به بسته‌های کاربرانی که استطاعت پرداخت هزینه بیشتر به دلیل افزایش ازدحام را دارند، اجازه ورود داده می‌شود.

در [۱۶] 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 جریان در مسیریاب‌ها می‌باشد که گسترش‌پذیری روش را با مشکل مواجه می‌کند. در [۱۷] 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 توانایی 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 گسترش‌پذیری روش را کاهش می‌دهد.

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 پهنای‌بند 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

<sup>8</sup> Proportional Fair Pricing Schemes

<sup>9</sup> Best-effort (BE)

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:

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

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.  $p_{dly,j}$  و  $p_{loss,j}$  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 کنترل بار، حساسی و مرکزی 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 عامل مرکزی پیشنهاد می‌کنند. طول بازه‌ها توسط مدیر شبکه تعیین می‌شود. عامل کنترل بار با توجه به میزان ازدحام ضریب قیمت جدید را محاسبه می‌کند. عامل کنترل بار ازدحام را با استفاده از 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 ازدحام رخ داده است.  $bw_i$  نشان‌دهنده 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 تنها عملیاتی که بایستی 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:

$$\begin{cases} \frac{totalbit_i}{T} > u_{max} \times bw_i & ; \text{overload} \\ \frac{totalbit_i}{T} < u_{min} \times bw_i & ; \text{underload} \end{cases} \quad (۲)$$

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:

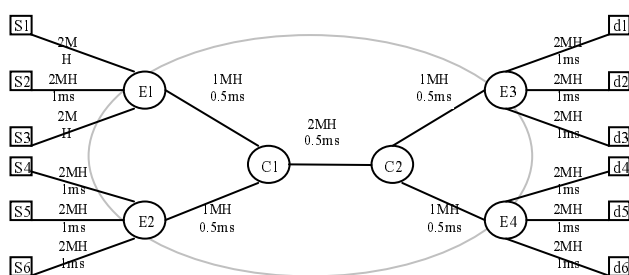
$$\begin{cases} c_i(t+1) = \lambda C(t) \frac{totalbit_i}{T \times u_{max} \times bw_i} & ; \text{overload} \\ c_i(t+1) = \eta C(t) \frac{totalbit_i}{T \times u_{min} \times bw_i} & ; \text{underload} \end{cases} \quad (۳)$$

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).  $\lambda$  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  $\eta$  یک عدد ثابت کوچکتر از یک است که هر چه به یک نزدیکتر باشد قیمت‌ها به آرامی کاهش می‌یابد.  $\lambda$  و  $\eta$  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

### ۳- شبیه‌سازی

توپولوژی شکل ۱ و مدل پیشنهادی با ns2 [۱۹] شبیه‌سازی شده است. توپولوژی 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. زمان‌بندی بافرها با صف‌های WFQ مدل شده است که با افزودن بسته نرم‌افزاری [۲۰] به ns2 شبیه‌سازی گردیده است. اندازه بافر برای کلاس‌های AF و BE برابر 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 نگاه‌داشتن بسته‌های بیشتر در صف در عین پایین آوردن نرخ گم شدن، تاخیر افزایش نیابد.



شکل ۱: توپولوژی سرویس متمایز

مشخصات ترافیک: در این شبیه‌سازی سه نوع سرویس EF, AF 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

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 و به تاخیر حساس می‌باشد. S3 منبع ترافیک AF است که حساسیت به تاخیر آن کمتر از EF است ولی نیاز به گذردهی بالا دارد. هر دو این منابع به صورت منابع نمایی on-off مدل می‌شوند. این دو نوع ترافیک بر روی UDP اجرا می‌شود. منبع S2 در ns بر روی TCP 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 حساسی<sup>۱۰</sup> 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 ۱.۳ باشد یعنی مشتری حداکثر تا ۱.۳ برابر هزینه قابل پرداخت با قیمت‌های پایه را می‌تواند بپردازد. در هر بازه میزان رشد هزینه با کیفیت سرویسی که مشتری در آخرین بازه دریافت کرده است سنجیده می‌شود. بعد از دریافت ضریب قیمت توسط عامل حساسی شرط زیر را چک می‌شود:

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

که  $\omega$  نشان‌دهنده کلاس،  $\omega$  نشان‌دهنده منبع ترافیک و پارامتر توانایی مالی می‌باشد.  $t_{i,j}(t)$  تعداد بیت‌های دریافتی کلاس  $j$  بازه قبلی در مقصد از منبع  $i$  می‌باشد.  $d_{i,j}(t)$  و  $th_{i,j}(t)$  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 حساسی که در طرف مشتری قرار دارد آخرین کیفیت سرویسی که مشتری دریافت کرده است را ثبت و حفظ می‌کند تا بر اساس آن و پارامتر توانایی مالی مشتری، توانایی پرداخت هزینه جدید را ارزیابی کند. از دادن سرویس به کاربری که توانایی پرداخت هزینه مورد نظر را نداشته باشد ممانعت می‌شود. این مشتری اگر مایل باشد می‌تواند در بازه‌هایی که قیمت مجدداً پایین آمده و در توان وی است، سرویس دریافت کند. در مدل پیشنهادی قیمت همه کلاس‌های سرویس به یک نسبت تغییر می‌کند. 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 حساسی اعلام می‌کند.
- عامل حساسی 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

<sup>10</sup> Accounting Agent

را مصرف می‌کند. منابع S1 تا S6 دارای مقاصد D1 تا D6 می‌باشند. بسته‌های ارسالی از همه منابع ترافیک ۱۰۰۰ بیتی می‌باشند.

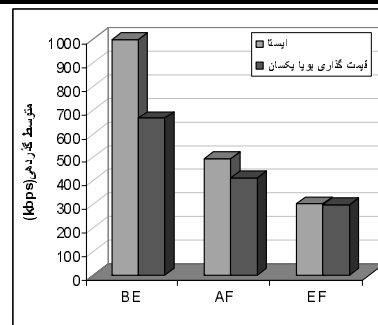
جدول ۲: برنامه‌ریزی قیمت‌گذاری

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

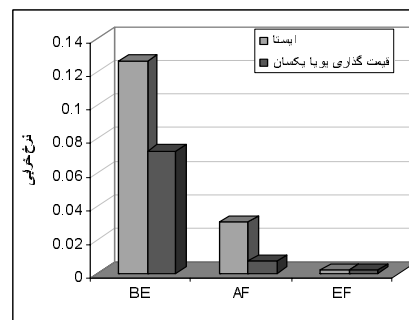
جزئیات شبیه‌سازی: زمان شبیه‌سازی، بازه تغییر قیمت و بازه اندازه‌گیری گذردهی به ترتیب ۳۰۰۰، ۲۵۰ و ۵۰ ثانیه می‌باشد. جدول ۲ برنامه‌ریزی قیمت‌گذاری مورد استفاده را نشان می‌دهد. هزینه بسته‌های EF و AF به ترتیب ۱۰ و ۴ برابر هزینه بسته BE است. جریمه گم شدن در هر سه کلاس ۸ برابر هزینه ارسال بسته است. جریمه تاخیر برای کلاس‌های EF و AF به ترتیب ۴ و ۲ برابر هزینه ارسال بسته است. حد بالای تاخیر کلاس‌های EF و AF به ترتیب ۳۵ms و ۴۵ms می‌باشد. حد پایین گذردهی مطلوب کلاس AF برابر با ۲۰۰ kbps می‌باشد. پارامترهای  $u_{min}$ ،  $u_{max}$ ،  $\lambda$  و  $\eta$  به ترتیب برابر با ۰.۹، ۰.۶، ۱.۸ و ۰.۸ است. پارامتر توانایی مالی مشتریان در جدول ۳ ذکر شده است.

جدول ۳: توانایی مالی مشتریان

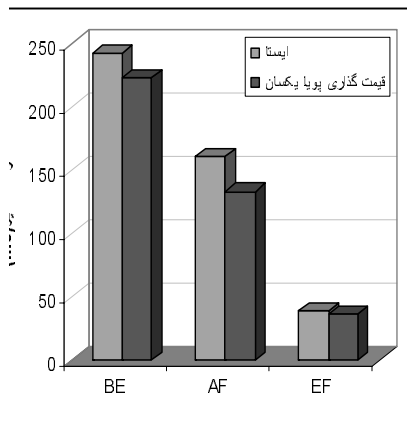
مشتری	S1	S2	S3	S4	S5	S6
توانایی مالی (w)	۱/۱۳	۱/۱	۱/۸	۱/۲۳	۱/۲۹	۱/۱۳



الف) متوسط گذردهی



ب) نرخ خرابی



ج) متوسط تاخیر

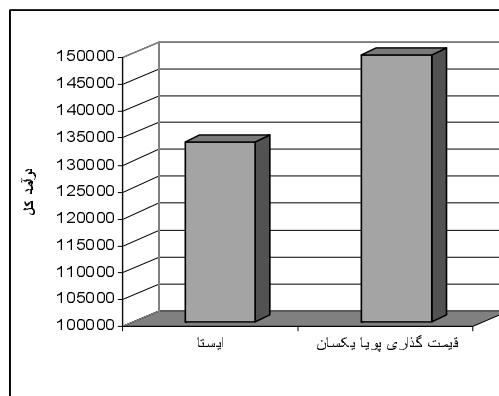
شکل ۲: مقایسه مدل پیشنهادی با مدل ایستا برای پارامترهای مختلف کیفیت سرویس

نتایج شبیه‌سازی: در این بخش مدل پیشنهادی با مدل قیمت‌گذاری ایستا مقایسه می‌شود. در شبیه‌سازی انجام شده وزن‌های صف WFQ 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 پهنای باند مدل ایستا و پیشنهادی به ترتیب ۹۰ و ۷۰ درصد است. شکل ۲-ب نرخ خرابی دو مدل را مقایسه می‌کند. نرخ خرابی کلاس‌های AF و BE برای مدل پیشنهادی کمتر از حالت ایستا و برای کلاس EF در دو مدل یکسان می‌باشد. با استفاده از مدل پیشنهادی معکوس نرخ خرابی 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 ۹، ۲۱ 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 پهنای باند 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, Printice 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", IEEE SMC2003, 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/~savenko/src/wfq-.tar>.



شکل ۳: مقایسه درآمد کل

#### ۴- نتیجه گیری

در این مقاله روشی مبتنی بر قیمت گذاری بر اساس میزان استفاده از پهنای باند برای قیمت گذاری پویای کلاس های معماری سرویس متمایز پیشنهاد گردید. روش پیشنهادی از طریق توزیع تقاضا در همه بازه ها باعث کاهش ازدحام در زمان اوج مصرف می گردد. نتایج شبیه سازی نشان داد که با استفاده از این روش می توان کیفیت سرویس بهتری را در مقایسه با روش قیمت گذاری ایستا از لحاظ نرخ خرابی و تاخیر فراهم نمود و باعث افزایش درآمد گردید. نشان داده شد بدلیل ارائه سرویس بهتر، درآمد ارائه دهنده حدود ۱۲ درصد افزایش می یابد.

#### 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, "TD<sup>2</sup>FQ: 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/jep/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. Brain Kahin and James