

پروتکل یکپارچه مسیریابی و قیمت‌گذاری پویا در شبکه‌های مبتنی بر کیفیت سرویس

حمید مراقی^{*}، مسعود صباei[†]

چکیده

این مقاله به بررسی موضوع قیمت‌گذاری و ارتباط آن با مسیریابی می‌پردازد. در این مقاله ایده ترکیب عملیات قیمت‌گذاری و مسیریابی برای اولین بار مطرح شده است و براساس آن پروتکلی ارائه شده است که علاوه بر مسیریابی قیمت‌گذاری را نیز برعهده دارد. در این پروتکل از BGP برای مسیریابی استفاده شده است و آن را به گونه‌ای اصلاح نموده‌ایم که ضمن عملکرد قبلی خود قادر به تبادل اطلاعات قیمت‌گذاری نیز باشد. این تغییرات به نحوی اعمال شده است که در روند BGP خللی وارد نشود و پروتکل تغییر یافته با ویژگی قیمت‌گذاری بتواند در کنار پروتکل اصلی BGP به کار خود ادامه دهد، این امر باعث می‌شود بتوان پروتکل جدید را به‌مرور جانشین پروتکل BGP نمود. برای قیمت‌گذاری نیز از مدل فروشگاه استفاده شده است. پروتکل حاصل باعث می‌شود تا سربار قیمت‌گذاری کاهش یافته و زمان به‌روز شدن قیمت‌ها با تغییر بار پیوندها کمتر شود.

کلمات کلیدی

قیمت‌گذاری اینترنت، حسابداری اینترنت، مسیریابی، کیفیت سرویس و سرویس متمایز.

Integrated Routing and Dynamic Pricing Protocol for Quality of Service Enabled Networks

H. Maraghi, M. Sabaei

Abstract

In this paper, some concepts in field of pricing and their relations with routing are presented. With this direction a new method is proposed which is used for both routing and pricing. In this research protocol BGP is used as well. We modify this protocol such that in addition to function as previous, can interchange pricing information too. Market model is also used for pricing. Use of this protocol leads to reduce pricing overhead. In addition, updating time considering link load is reduced. Similarly, the proposed method is able to function in parallel with protocol BGP. This capability leads to substitute the proposed method for the protocol BGP gradually.

Keywords

Internet Pricing, Internet Accounting, Routing, Quality of Service, Differentiated Service.

^{*} دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، دانشکده برق، رایانه و فن‌آوری اطلاعات، maraghi@qazviniau.ac.ir

[†] دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن‌آوری اطلاعات، sabaei@ce.aut.ac.ir

۱- مقدمه

قیمت‌گذاری اینترنت یکی از فرآیندهای حسابداری در بحث مدیریت شبکه می‌باشد [۱]. قیمت‌گذاری فرآیند تعیین هزینه هر واحد از حجم یا زمان اطلاعات تبادل شده می‌باشد که بر اساس آن حسابداری صورت می‌گیرد، که این هزینه می‌تواند ثابت و یا متغیر باشد. با توجه به رشد اینترنت و ارائه سرویس‌های مختلف، قیمت‌گذاری به سمت قیمت‌گذاری با نرخ متغیر در حال تغییر است که اصطلاحاً قیمت‌گذاری پویا نامیده می‌شود. تاکنون مدل‌های قیمت‌گذاری پویای زیادی برای اینترنت ارائه شده است [۶-۱۳]. در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم.

متروی پاریس: این مدل [۶] که توسط اولدیزکو پیشنهاد شده است، بسیار ساده می‌باشد که در آن برای کلاس‌های مختلف سرویس قیمت‌های متفاوتی در نظر گرفته می‌شود. در واقع می‌توان این مدل قیمت‌گذاری را نوعی قیمت‌گذاری با نرخ یکسان ولی با تعرفه‌های متفاوت برای کلاس‌های سرویس مختلف دانست. مزیت عمده این روش، سادگی و ارائه سرویس متمایز می‌باشد.

فروشگاه زیرک: مک‌کی‌سون و وارین [۹] مفهوم قیمت‌گذاری حساس به ازدحام را در طرحی به نام فروشگاه زیرک مطرح نمودند. در مدلی که آن‌ها معرفی کردند قیمت هر بسته وابسته به حالت جاری و ازدحام شبکه می‌باشد. کاربر با توجه به پیش‌بینی‌اش قیمتی برای بسته‌هایش پیشنهاد می‌کند و آن‌ها را ارسال می‌کند. بسته‌های با مقدار پیشنهاد شده بیشتر از یک مقدار (وابسته به وضعیت ترافیک شبکه) عبور داده می‌شوند و بقیه بسته‌ها حذف می‌شوند. سربار این روش بسیار زیاد است. بنابراین پیاده‌سازی این روش عملی نمی‌باشد، ولی با تغییراتی می‌توان آن را قابل پیاده‌سازی نمود. همچنین در این مدل کیفیت سرویس تضمین نمی‌شود.

تخصیص ظرفیت پیش‌بینی شده: کلارک [۱۲] یک مدل شارژ مبتنی بر قرارداد بین کاربر و ارائه‌دهنده سرویس برای یک پهنای باند مشخص (ظرفیت پیش‌بینی شده) ارائه کرده است که بر مبنای پیش‌بینی استفاده کاربر است و نه استفاده واقعی. در این روش قبل از شروع هر جلسه، توافقی بین کاربر و ارائه دهنده صورت می‌گیرد و کاربر باید حجم ترافیک را پیش‌بینی کند. با توجه به نوع سرویس درخواستی کاربر، در مورد قیمت مذاکره‌ای بین دو طرف صورت می‌گیرد و پس از آن ارسال ترافیک آغاز می‌شود. تضمین کیفیت سرویس در این مدل قطعی است. ولی در برابر ازدحام شبکه دیر واکنش می‌دهد، زیرا مدت قرار دادها نسبتاً طولانی است.

ظرفیت قراردادی پویا: [۱۳] که توسط سینگ و همکارانش ارائه شده است، همانند مدل تخصیص ظرفیت پیش‌بینی شده می‌توان کیفیت سرویس را تضمین نمود و تفاوت آن با مدل تخصیص ظرفیت پیش‌بینی شده این است که در این مدل دوره‌های قرارداد بین کاربر و ارائه دهنده کوتاه‌تر بوده و بصورت پویا با

تغییرات وضعیت شبکه تنظیم می‌شود که در واقع مدلی است که مزایای مدل فروشگاه زیرک را که حساس بودن به ازدحام است و همچنین تضمین کیفیت سرویس را که مزیت مدل تخصیص ظرفیت پیش‌بینی شده است، باهم دارد. ولی سربار آن از روش تخصیص ظرفیت پیش‌بینی شده بیشتر و حساسیت آن به ازدحام نیز از روش فروشگاه زیرک کم‌تر است.

مدل‌هایی که اخیراً ارائه شده‌اند به وضعیت شبکه حساس می‌باشند و قیمت را بر اساس وضعیت جاری شبکه تنظیم می‌کنند [۲] و [۳]. ارتباط بسیار نزدیکی بین این مدل‌های قیمت‌گذاری و مسیریابی وجود دارد که به شرح زیر می‌باشند.

- بسیاری از مدل‌های قیمت‌گذاری به منظور بدست آوردن قیمت پیوندها، نیازمند جمع‌آوری اطلاعات وضعیت شبکه می‌باشند، که بسیاری از این اطلاعات در مسیریابی‌ها نیز استفاده می‌شوند و در واقع اطلاعات زیادی وجود دارد که هم در مسیریابی و هم در قیمت‌گذاری مورد نیاز می‌باشد.

- در مدل‌های قیمت‌گذاری پویا قیمت دائماً در حال تغییر است و برای محاسبه قیمت جدید بین مبدأ و مقصد خاص، نیاز به دانستن برخی اطلاعات مسیریابی می‌باشد که در این مواقع برای انجام قیمت‌گذاری و یافتن قیمت جدید باید به جداول مسیریابی مراجعه نمود و این امر مستلزم تبادل اطلاعات بین مدل قیمت‌گذاری و پروتکل مسیریابی می‌باشد که این مبادله اطلاعات نیازمند صرف زمان و نیز ارسال بسته‌های اطلاعاتی و سربار قابل توجه می‌باشد.

- در قیمت‌گذاری پویا با هر تغییر مسیری در شبکه قیمت‌ها مجدداً باید محاسبه شوند. برای این منظور ابتدا مدل قیمت‌گذاری به نحوی باید از تغییر مسیر مطلع شود، پس از آن باید اطلاعات مسیر جدید را از طریق تبادل اطلاعات با پروتکل مسیریابی بدست آورد و با توجه به آن، اطلاعات قیمت مسیر جدید را محاسبه کند و به سایر مؤلفه‌های قیمت‌گذاری اعلام کند که انجام آن نیازمند صرف زمان قابل توجهی می‌باشد که باعث می‌شود کاربران مدت زیادی از قیمت‌هایی استفاده کنند که واقعی نمی‌باشند.

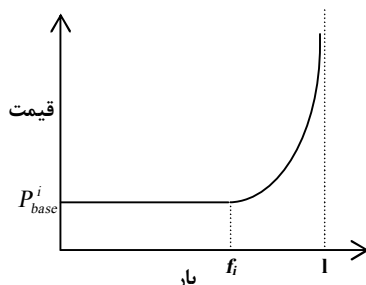
- رویدادهای بسیاری در شبکه وجود دارند که ممکن است باعث فعال‌سازی هم قیمت‌گذاری و هم مسیریابی شوند. مانند خرابی پیوندها، اضافه شدن مسیرهای جدید به شبکه و بسیاری از رویدادهای دیگر. وقوع این رویدادها باعث می‌شود که همزمان مسیریابی و قیمت‌گذاری فعال شوند که اجرای هر کدام ممکن است روی دیگری تأثیر داشته باشد.

- بسیاری از عمل‌ها و روال‌هایی که در مسیریابی و قیمت‌گذاری استفاده می‌شوند، مشترک می‌باشند و با وقوع رویدادی در شبکه ممکن است عملیات یکسانی به‌طور جداگانه در مسیریابی و قیمت‌گذاری اجرا شود که باعث انجام عملیات تکراری می‌شود.

با توجه به مطالب گفته شده، به این نتیجه می‌رسیم که وابستگی زیادی بین قیمت‌گذاری و مسیریابی وجود دارد و به عبارتی می‌توان

۲-۱- تابع عرضه

قیمت‌گذاری بهینه معمولاً نیاز به دانش قطعی در مورد استفاده یا نیاز کاربر به منظور یافتن قیمت بهینه دارد تا میزان استفاده کاربر (مبتنی بر تابع استفاده کاربر) یا درآمد ارائه دهنده (مبتنی بر تابع نیاز) حداکثر شود. هرچند همان‌طوری که قبلاً ذکر شد، بیشتر طرح‌های قیمت‌گذاری بهینه نیاز به یک معماری متمرکز دارند، که قابل گسترش نمی‌باشند و پیاده‌سازی آن در محیط‌های بزرگی مانند اینترنت غیر ممکن می‌باشد. بنابراین استراتژی تنظیم قیمت پویای توزیع شده در این حالت معقول‌تر می‌باشد. به‌جای تلاش برای یافتن یک قیمت بهینه ما از روش مبتنی بر فروشگاه استفاده می‌کنیم که عامل فروشگاه قیمت را براساس عرضه و تقاضا تنظیم می‌کند. در این مدل ما فرض می‌کنیم هر مؤلفه شبکه یک مانیتور بار دارد و قیمت می‌تواند براساس سطح بار فعلی هر پیوند تنظیم شود. ما از یک روش مستقیم^۲ برای تنظیم قیمت استفاده کرده‌ایم که استراتژی تنظیم قیمت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. استراتژی قیمت‌گذاری عمومی

در شکل ۱، P_{base}^i به معنی قیمت پایه سرویس کلاس i است. این قیمت پایه هزینه‌های تجهیزات و درآمد مورد انتظار برای یک مؤلفه شبکه را مشخص می‌کند. وقتی بار سرویس کلاس i کمتر از $fill$ factor باشد، از قیمت‌گذاری استاتیک استفاده می‌شود. در این حالت قیمت ساده است و قیمت پایه P_{base}^i برای سرویس کلاس i در نظر گرفته می‌شود. وقتی بار آن از این مقدار تجاوز کند قیمت به سرعت افزایش می‌یابد. ما در این حالت تنظیم قیمت را با رشد هاپربولیک منطبق می‌کنیم. وقتی مؤلفه شبکه دارای بار سنگین باشد قیمت به سرعت بالا رفته و تنها کاربران اندکی مایل به پذیرفتن این قیمت خواهند بود.

فرض کنیم $P_j^i(t)$ قیمت در زمان t برای سرویس کلاس i در پیوند j باشد:

$$P_j^i(t) = \begin{cases} P_{base}^i & \text{اگر } I_j^i(t) \leq f_j^i \\ P_{base}^i \times \left(\frac{1 - f_j^i}{1 - I_j^i(t)} \right)^n & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (1)$$

که $I_j^i(t)$ بار سرویس کلاس i در زمان t برای پیوند j می‌باشد. n نیز یک فاکتور برای کنترل منحنی قیمت است و $n \geq 1$.

گفت که این دو مبحث در واقع یکی هستند و استفاده از آن‌ها در یک پروتکل واحد مزایای بسیاری خواهد داشت. در پروتکل ارائه شده از مدل قیمت‌گذاری بهبود داده شده توسط لی و همکارانش [۲] استفاده شده است. این مدل قابلیت استفاده در شبکه‌های مبتنی بر کیفیت سرویس را دارد و به گونه‌ای طراحی شده که قادر است قیمت‌ها را برای چندین کلاس سرویس بدست آورد. همچنین یکی از ویژگی‌های این مدل قیمت‌گذاری قابلیت گسترش آن می‌باشد که با توجه به حجم اطلاعات تبادل شده‌ی مناسب، قابل پیاده‌سازی در شبکه‌های بزرگ مانند اینترنت می‌باشد که بسیاری از طرح‌های قیمت‌گذاری چنین قابلیت‌هایی را ندارند. علاوه بر آن در این مدل، قیمت با توجه به ترافیک جاری شبکه محاسبه می‌شود و با این استراتژی قیمت‌گذاری می‌توان ازدحام را در شبکه کنترل نمود و از انگیزه اقتصادی کاربران برای کاهش ترافیک استفاده نمود. جزئیات بیشتر این مدل قیمت‌گذاری را در [۲] می‌توان بدست آورد.

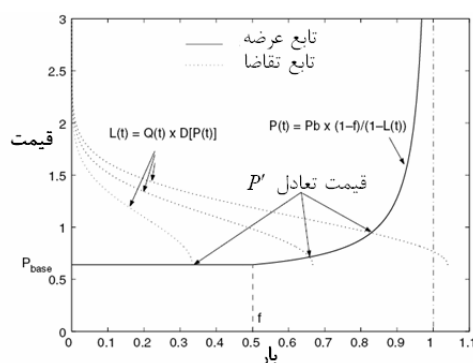
در بخش ۲ این مقاله مدل قیمت‌گذاری فروشگاه را شرح داده‌ایم، زیرا از این مدل در پروتکل یکپارچه مسیریابی و قیمت‌گذاری استفاده شده است. بخش ۳ به شرح پروتکل یکپارچه مسیریابی و قیمت‌گذاری اختصاص دارد که در ۳-۱ رویدادهای اضافه شده به پروتکل، در ۳-۲ مشخصات پیغام اضافه شده، در ۳-۳ عملیات اضافه شده و در ۳-۴ ماشین حالت متناهی مربوط به پروتکل پیشنهادی شرح داده شده‌اند. بخش ۴ نیز به ارزیابی و نتایج شبیه‌سازی اختصاص دارد. در بخش ۵ نیز نتایج حاصل از پروتکل ارائه شده بیان شده است.

۲- مدل قیمت‌گذاری

تاکنون طرح‌های قیمت‌گذاری زیادی برای شبکه‌های ارائه‌دهنده سرویس اینترنت معرفی شده است. در سال‌های اخیر توجه این‌گونه طرح‌ها به شبکه‌های مبتنی بر کیفیت سرویس معطوف شده است. طرح‌های قیمت‌گذاری‌ای که اخیراً در شبکه‌های مبتنی بر کیفیت سرویس ارائه می‌شوند، اغلب کنترل ازدحام یا کنترل ورود و یا هردو را مدنظر قرار می‌دهند. از آنجایی که قیمت‌گذاری در شبکه‌هایی که کیفیت سرویس را لحاظ می‌کنند پیچیده می‌باشد، بنابراین در نظر گرفتن تمام موضوعات در یک طرح مشکل می‌باشد. در این بخش مدل قیمت‌گذاری استفاده شده در پروتکل خود را توضیح می‌دهیم. در مدل قیمت‌گذاری فروشگاه یک استراتژی قیمت‌گذاری (تابع عرضه) داریم که بر اساس بار فعلی یک پیوند برای هر کلاس سرویس، قیمت را محاسبه می‌کند که کاربران با توجه به قیمت ممکن است قیمت را بپذیرند و یا حاضر به برقراری اتصال با این قیمت نشوند که ما رفتار کاربران را با استفاده از مدل عکس‌العمل کاربر (تابع تقاضا) پیش‌بینی می‌کنیم و با توجه به آن به بررسی پروتکل خود می‌پردازیم.

۲-۳- مدل فروشگاه

اکنون با داشتن تابع عرضه (تأمین) (۲) و تابع تقاضا (نیاز) (۴) می‌توانیم سیستم را به صورت یک فروشگاه به طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است مدل کنیم. در شکل ۲ مثالی از تابع عرضه و تقاضا دیده می‌شود. در این مثال با وقوع بار $Q(t)$ می‌توانیم ببینیم که وقتی عرضه به تقاضا می‌رسد یک تعادل قیمت P' به وجود می‌آید. در محیط واقعی شبکه، بار تحمیل شده به شبکه در زمان تغییر می‌کند. شکل ۲ نشان می‌دهد که بارهای تحمیل شده متفاوت به شبکه موجب انتقال تابع تقاضا می‌شوند و بنابراین مجموعه‌ای از قیمت‌ها و بارهای تعادل برای یک کلاس سرویس تولید می‌شود.



شکل ۲. توابع عرضه و تقاضا در مدل فروشگاه

هرچند هدف ما یافتن یک راه‌حل قیمت‌گذاری بهینه نیست ولی روش ما مانع احتمال استفاده از یک مدل قیمت‌گذاری برای تنظیم قیمت پایه P_{base}^i نمی‌شود. در مدل ما ظرفیت پیوند استفاده شده مانند مدل بهینه سازی، ظرفیت کل (C) نخواهد بود بلکه برابر با $C * f^i$ می‌باشد.

دو پارامتر دیگر نیز وجود دارند، زمان پاسخ و فاصله^۵، که به طور ضمنی در مدل تعریف شده‌اند. مقدار این دو پارامتر در پایداری سیستم مؤثر است. زمان پاسخ زمان دست‌یافتن به بازگرداندن سیگنال قیمت به کاربر به علاوه زمان لازم برای عکس‌العمل کاربران به این سیگنال‌ها است. فاصله قیمت‌گذاری نشان می‌دهد که چگونه یک قیمت به روز یا دوباره محاسبه می‌شود. اگر زمان پاسخ بزرگ باشد آن‌گاه ممکن است در صورت تغییر قیمت، قیمتی استفاده شود که معتبر نباشد. همچنین اگر فاصله قیمت‌گذاری تا حدودی بزرگ باشد، آن‌گاه مدل قیمت‌گذاری قادر به بازگرداندن وضعیت شبکه نخواهد بود.

۳- پروتکل یکپارچه مسیریابی و قیمت‌گذاری

ما از پروتکل BGP به عنوان مبنا استفاده کرده‌ایم و آن را تغییر داده‌ایم تا قادر به انجام قیمت‌گذاری نیز باشد. سعی شده است که به عملکرد عادی BGP خللی وارد نشود و به همان نحو به کار خود ادامه دهد و علاوه بر آن قیمت‌گذاری را نیز انجام دهد تا پروتکل جدید

همان طور که مشاهده می‌شود مخرج کسر درواقع ظرفیت باقیمانده می‌باشد. برای یک مسیر تجزیه پذیر در شبکه، قیمت کل $P_{total}^i(t)$ برای عبور از این مسیر برابر مجموع قیمت‌های تمام پیوندهای آن مسیر است:

$$P_{total}^i(t) = \sum_j P_j^i(t) \quad (2)$$

$$= \sum_g P_{base}^i + \sum_k P_{base}^i \times \left(\frac{i - f_k^i}{1 - f_k^i(t)} \right)^n; \quad f_g^i(t) \leq f_g^i \text{ \& } f_k^i(t) > f_k^i$$

$P_{total}^i(t)$ می‌تواند به صورت دو بخش در نظر گرفته شود، بخش اول مجموع تمام قیمت‌های پایه پیوندهایی که دارای بار کمی هستند و بخش دوم مجموع تمام قیمت پیوندهایی که بار سنگین دارند. اگر یک پیوند دارای بار سنگین باشد و منابع در دسترس نباشند، آن‌گاه معادل آن است که بگوئیم کل مسیر غیرقابل دسترس است.

ارائه دهندگان سرویس می‌توانند با رسیدن بار یا قیمت به یک حد آستانه، قیمت را بی‌نهایت تنظیم کنند که نشان می‌دهد منابع غیرقابل ارائه هستند.

۲-۲- تابع تقاضا

برای بررسی مدل قیمت‌گذاری خود باید عکس‌العمل کاربران را در برابر قیمت بدانیم. مطالعات بسیاری درمورد رفتار کاربران روی تغییر قیمت انجام شده‌است. این موضوع معمولاً با عنوان تابع تقاضا^۶ در متون استفاده شده است. برای مثال در [۴] عکس‌العمل کاربر به صورت تابع احتمال مدل شده است که در آن احتمال پذیرش یک قیمت معین توسط کاربر برای یک کلاس سرویس معین، یک تابع از قیمت جاری در برابر قیمت نرمال است. به عبارتی دیگر درصد کاربرانی است که یک قیمت معین برای یک کلاس سرویس بخش‌بندی شده را خواهند پذیرفت. همچنین در [۲] این مدل کمی تغییر داده شده است که ما از آن برای تحلیل کار خود استفاده می‌کنیم:

$$D[P_{total}^i(t)] = e^{-\alpha_i \times (P_{total}^i(t) / P_{total_base}^i - 1)^m}, \quad m \geq 1, \quad \alpha_i > 0, \quad (3)$$

$$P_{total_base}^i = \sum P_{base}^i, \quad P_{total}^i(t) \geq P_{total_base}^i$$

که $P_{total_base}^i$ مجموع تمام قیمت‌های پایه برای کلاس‌های i روی مسیر می‌باشد و m فاکتوری است برای کنترل شیب^۴ منحنی نیاز. α_i یک ثابت است که حساسیت قیمت برای سرویس کلاس i را نشان می‌دهد. توجه کنید که وقتی $P_{total}^i(t)$ برابر $P_{total_base}^i$ باشد آن‌گاه احتمال $D[P_{total}^i(t)]$ برای پذیرفتن قیمت ۱ می‌شود.

بنابراین بار ترافیکی واقعی یک کلاس سرویس فقط نتیجه‌ی رخداد بار $Q_i(t)$ از کلاس سرویس i می‌باشد و احتمال $D[P_{total}^i(t)]$ از پذیرش قیمت $P_{total}^i(t)$ از معادله زیر بدست می‌آید:

$$L_i(t) = D[P_{total}^i(t)] Q_i(t). \quad (4)$$

ارسال کنیم باید اطلاعات قیمت‌گذاری را نیز بفرستیم. بنابراین با قرار دادن آن در پیغام UPDATE ضمن کاهش سربار، تعداد پیغام‌ها نیز کمتر خواهد شد و نیازی به ارسال همزمان دو پیغام نخواهد بود.

در حالت‌هایی که قیمت‌ها بدون تغییر مسیر تغییر می‌کنند (با تغییر بار پیوندها)، ما نیاز به ارسال قیمت‌های جدید داریم. از آنجایی که در این گونه مواقع نیاز به ارسال اطلاعات مسیریابی نمی‌باشد، می‌توان اطلاعات قیمت‌گذاری را به تنهایی ارسال نمود. برای ارسال این اطلاعات از پیغام UPDATE می‌توان مجدداً استفاده نمود، ولی از آنجایی که دریافت پیغام UPDATE باعث فعال ساختن برخی عملیات مسیریابی می‌شود و همچنین برای کاهش حجم پیغام، بهتر است که پیغام دیگری برای این منظور در نظر گرفته شود تا ضمن کاهش سربار، مسیریابی در پروتکل جدید دچار اختلال نشود و همچنین عملیاتی که انجام آن بیهوده می‌باشد اجرا نشوند. به عبارتی دیگر با دریافت پیغام UPDATE عملیات مسیریابی و قیمت‌گذاری باهم فعال می‌شوند ولی با دریافت پیغام NEWPRICE تنها عملیات قیمت‌گذاری باید انجام شود و این امر به این دلیل است که هر تغییر مسیریابی باعث تغییر قیمت‌ها می‌شود ولی هر تغییر قیمتی به دلیل تغییر مسیر نمی‌باشد. غالب پیغام NEWPRICE را در شکل ۳ مشاهده می‌کنید.

2 Bytes	Variable
Total Path Prices Length	Path Prices

شکل ۳. غالب پیغام NEWPRICE

۳-۳- عمل‌های اضافه شده در پروتکل پیشنهادی

در بخش ۱-۳ دو رویداد را برای اضافه شدن به پروتکل پیشنهادی معرفی کردیم. این رویدادها هرکدام باعث فعال شدن عملیاتی می‌شوند که در این بخش آن‌ها را معرفی می‌کنیم.

اولین عملی که به پروتکل پیشنهادی اضافه شده است، در پاسخ به رویداد ارسال اطلاعات قیمت‌گذاری است که باید پیغام NEWPRICE ساخته شده و در شبکه منتشر گردد. در پیغام ساخته شده باید قیمت جدید مسیریابی که قیمت آن‌ها تغییر کرده قرار بگیرد که غالب این پیغام را در بخش ۲-۳ شرح دادیم. این پیغام به مؤلفه‌های همسایه ارسال می‌گردد.

رویداد دیگری که به پروتکل پیشنهادی اضافه شده بود، دریافت پیغام NEWPRICE می‌باشد. مؤلفه‌های مسیریابی و قیمت‌گذاری باید با دریافت هر پیغام NEWPRICE آن را به سایر مؤلفه‌های مسیریابی و قیمت‌گذاری همسایه خود که آن پیغام را تابه‌حال دریافت نکرده‌اند بفرستند. البته باید ابتدا این مؤلفه‌ها را (مؤلفه‌های را که تاکنون این پیغام را دریافت نکرده‌اند) شناسایی نمود.

بتواند در کنار پروتکل BGP کار خود را انجام دهد و مؤلفه‌های BGP که قیمت‌گذاری را انجام نمی‌دهند بتوانند با آن کار کنند. بنابراین قابلیت‌هایی به BGP اضافه کرده‌ایم بدون این که در عملکرد عادی آن (مسیریابی) تغییری داده باشیم. به منظور انجام قیمت‌گذاری ما ماشین حالت متناهی BGP را کمی تغییر داده‌ایم و رویدادهای جدیدی به آن اضافه نموده‌ایم و همچنین یک پیغام جدید نیز به آن اضافه کرده‌ایم. این تغییرات را در ادامه این بخش ملاحظه می‌فرمائید.

۳-۱- رویدادهای اضافه شده در پروتکل پیشنهادی

BGP در صورت موفقیت در برقراری اتصال به حالت «مستقر» می‌رود که در این حالت BGP آماده انجام مسیریابی و تبادل اطلاعات با سایر مؤلفه‌ها می‌باشد. در این حالت رویدادهایی مانند دریافت برخی پیغام‌ها، انقضای تایمرها و یا درخواست اطلاعات مسیریابی روی می‌دهند که با توجه به آن‌ها BGP قادر به انجام عملیات مسیریابی می‌شود. در پروتکل پیشنهادی تعدادی رویداد جدید برای قیمت‌گذاری اضافه شده‌است تا بتوان قیمت‌ها را به‌روز کرده و اطلاعات قیمت‌گذاری را تبادل نمود. رویدادهایی که ما اضافه کرده‌ایم، یکی درخواست ارسال اطلاعات قیمت‌گذاری و دیگری دریافت پیغام NEWPRICE است.

با توجه به مدل قیمت‌گذاری‌ای که در پروتکل پیشنهادی استفاده شده است با تغییرات بار در هر پیوند قیمت‌ها تغییر می‌کنند و با تغییر قیمت یک پیوند بیشتر از یک مقدار معین این تغییر قیمت باید به اطلاع سایر مؤلفه‌های قیمت‌گذاری برسد که رویداد درخواست ارسال اطلاعات قیمت‌گذاری به همین منظور ایجاد شده است و باعث ارسال این اطلاعات خواهد شد. البته تغییر قیمت ممکن است با تغییر مسیر نیز روی دهد که در این حالت اطلاعات جدید قیمت‌گذاری از طریق پیغام UPDATE ارسال خواهد شد.

همچنین وقتی که اطلاعات تغییر قیمت از طریق پیغام NEWPRICE دریافت شد باید این اطلاعات به سایر مؤلفه‌ها نیز ارسال گردد. بنابراین با دریافت هر پیغام NEWPRICE رویدادی فعال می‌گردد تا این پیغام به دیگر مؤلفه‌ها نیز ارسال گردد (پیغام NEWPRICE در بخش ۲-۳ توضیح داده شده است).

با استفاده از این دو رویداد پروتکل پیشنهادی قادر به قیمت‌گذاری می‌گردد و می‌توان از تغییر قیمت آگاهی یافت و آن را در شبکه منتشر نمود.

۳-۲- پیغام اضافه شده در پروتکل پیشنهادی

همان‌گونه که در بخش ۱-۳ اشاره شد ما نیازمند پیغامی هستیم تا بتوانیم تغییرات قیمت را به مؤلفه‌های شبکه ارسال کنیم. البته در هنگام تغییر مسیر این اطلاعات به همراه اطلاعات مسیریابی و با استفاده از پیغام UPDATE ارسال می‌شود که در آن فیلدی برای قیمت اضافه شده است و با توجه به این که با هر تغییر مسیریابی نیز تغییر می‌کنند بنابراین هر وقت که بخواهیم اطلاعات مسیریابی را

۳-۴- ماشین حالت متناهی پروتکل پیشنهادی

در این بخش، ماشین حالت متناهی پروتکل پیشنهادی را با توجه به تغییراتی که داده شده است به طور کامل شرح می‌دهیم. ماشین حالت جدید همان حالت‌های پروتکل BGP را دارد که رویدادها و عملیاتی به آن اضافه گردیده است. باید توجه نمود که سعی بر این بوده است که به عملکرد اصلی BGP لطمه‌ای وارد نشود. بنابراین ما رویدادها و عملیات اصلی BGP را دستکاری نکرده‌ایم و تنها رویدادها و عملیات جدیدی به آن اضافه کرده‌ایم.

ماشین حالت متناهی پروتکل یک پارچه مسیریابی و قیمت‌گذاری در شکل ۴ نشان داده شده است. در جدول ۱ رویدادها و در جدول ۲ نیز عمل‌های مربوط به آن مشخص شده‌اند. این ماشین شامل ۶ حالت است که تمامی حالات آن مانند پروتکل BGP می‌باشد [۵]، به غیر از حالت مستقر که حالت اصلی BGP است و تمام عملیات در این حالت انجام می‌شوند و سایر حالت‌ها حالت ناپایدار هستند تا سیستم به حالت مستقر برسد. حالت مستقر را در ادامه شرح می‌دهیم و سایر حالت‌ها را در [۵] می‌توان مشاهده نمود.

- در حالت مستقر، پروتکل پیشنهادی می‌تواند پیغام‌های UPDATE، NEWPRICE، NOTIFICATION و KEEPALIVE را با زوج خود تبادل کند.

- اگر سیستم محلی پیغام UPDATE، KEEPALIVE یا NEWPRICE دریافت کند و در صورتی که مقدار زمان Hold توافق شده صفر نباشد تایمر Hold خود را دوباره راه‌اندازی می‌کند.

- اگر سیستم محلی پیغام NOTIFICATION دریافت کند به حالت بی‌کار می‌رود.

- اگر سیستم محلی پیغام UPDATE دریافت کند و در آن یک خطا تشخیص داده شود، سیستم محلی یک پیغام NOTIFICATION ارسال می‌کند و به حالت بی‌کار می‌رود.

- اگر سیستم محلی پیغام UPDATE دریافت کند و در آن خطایی وجود نداشته باشد، سیستم محلی آن پیغام را به سایر همسایه‌هایش ارسال می‌کند و در حالت مستقر می‌ماند.

- اگر سیستم محلی پیغام NEWPRICE دریافت کند و در آن یک خطا تشخیص داده شود، سیستم محلی یک پیغام NOTIFICATION ارسال می‌کند و به حالت بی‌کار می‌رود.

- اگر سیستم محلی پیغام NEWPRICE دریافت کند و در آن خطایی وجود نداشته باشد، سیستم محلی آن پیغام را به سایر همسایه‌هایش ارسال می‌کند و در حالت مستقر می‌ماند.

- اگر سیستم محلی درخواست ارسال پیغام UPDATE و یا NEWPRICE را داشته باشد آن‌ها را ارسال می‌کند و در حالت مستقر می‌ماند.

- اگر اطلاع قطع اتصال از پروتکل زیری دریافت شود، سیستم محلی به حالت بی‌کار می‌رود.

- اگر زمان تایمر Hold به پایان برسد، سیستم محلی یک پیغام NOTIFICATION با کد خطای انقضای تایمر Hold می‌فرستد و به حالت بی‌کار می‌رود.

- اگر زمان تایمر KeepAlive به پایان برسد، سیستم محلی یک پیغام KEEPALIVE می‌فرستد و تایمر KeepAlive خود را دوباره راه‌اندازی می‌کند.

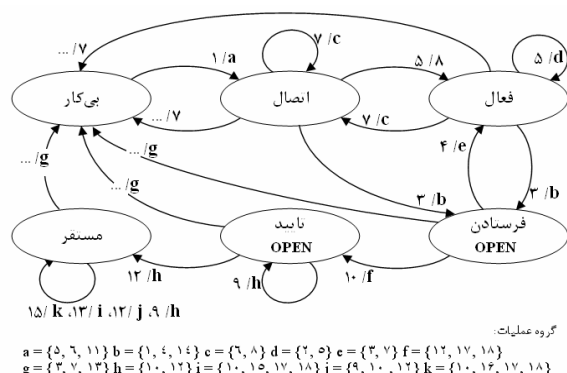
- هرگاه سیستم محلی یک پیغام UPDATE، KEEPALIVE یا NEWPRICE فرستاد، تایمر KeepAlive خود را دوباره راه‌اندازی می‌کند مگر اینکه زمان Hold توافق شده صفر باشد.

- در پاسخ به رویداد خاتمه (تولید شده توسط هر سیستم یا عملگری)، سیستم محلی پیغام NOTIFICATION با کد خطای Cease می‌فرستد و به حالت بی‌کار می‌رود.

- رویداد شروع در حالت مستقر پیش‌بینی نشده است.

- در پاسخ به سایر رویدادها سیستم محلی پیغام NOTIFICATION با کد خطای Finite State Machine Error می‌فرستد و به حالت بی‌کار می‌رود.

- وقتی سیستم حالت خود را از مستقر به بی‌کار تغییر دهد، اتصال را می‌بندد و تمام منابع اختصاص داده شده به آن اتصال را آزاد می‌کند و تمام مسیرهای حاصل از آن اتصال را پاک می‌کند.



شکل ۴. ماشین حالت پروتکل پیشنهادی

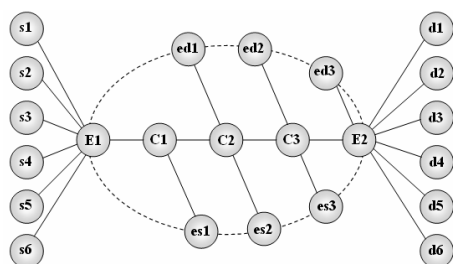
جدول ۱. رویدادهای پروتکل پیشنهادی

دریافت موفق پیغام OPEN	۱۰	شروع
دریافت ناموفق پیغام OPEN	۱۱	خاتمه
دریافت پیغام KEEPALIVE	۱۲	باز شدن اتصال انتقال
دریافت موفق پیغام UPDATE	۱۳	بسته شدن اتصال انتقال
دریافت ناموفق پیغام UPDATE	۱۴	خطا در باز شدن اتصال
دریافت موفق پیغام NEWPRICE	۱۵	خطای مهلک انتقال
دریافت ناموفق پیغام NEWPRICE	۱۶	انقضای زمان سنج ConnectRetry
دریافت پیغام NOTIFICATION	۱۷	انقضای زمان سنج Hold
		انقضای زمان سنج KeepAlive

کاهش سربار قیمت‌گذاری یک دیگر از مزایای پروتکل پیشنهادی است. در بسیاری از موارد تغییر قیمت با تغییر مسیر روی می‌دهد که لازم است اطلاعات قیمت‌گذاری ارسال شوند.

۴-۲- نتایج شبیه‌سازی

برای بررسی پروتکل پیشنهادی، یک محیط شبکه با قابلیت سرویس متمایز با استفاده از شبیه‌ساز ns-2 طراحی شده است شکل ۵ توپولوژی شبکه استفاده شده در شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.



قیمت‌گذاری نشان داده شده است و مشاهده می‌شود که سربار قیمت‌گذاری در مدل یکپارچه بسیار ناچیز می‌باشد.

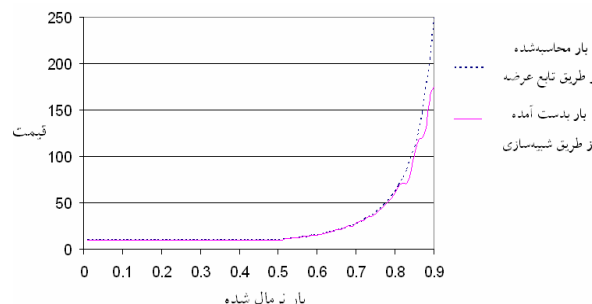
قیمت‌گذاری انجام می‌شود، تأخیر کل قیمت‌گذاری کم شده است و در نتیجه قیمت‌ها سریعتر به‌روز می‌شوند و این موضوع علاوه بر افزایش کارایی قیمت‌گذاری، باعث پایدارتر شدن سیستم در مدل فروشگاه می‌شود.

مراجع

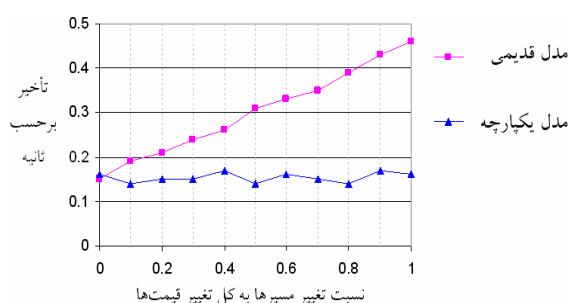
- [1] Mani Subramanian. "Network Management: Principles and Practice". Wesley Longman, Inc, 2000.
- [2] T. Li, Y. Iraqi, R. Boutaba. "Pricing and Admission Control for QoS-enabled Internet", Elsevier, Computer Networks 46, pp. 87-110, 2004.
- [3] T. Li, Y. Iraqi, R. Boutaba, "Tariff-based pricing and admission control for DiffServ networks", Proceedings of the 8th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM'2003), pp. 73-86, 2003.
- [4] Hakju Kim. "Charging & Accounting System Design for the Multi-Service Internet". In: Proceeding of the IEEE, 2002.
- [5] Y. Rekhter, T. Li. "A Border Gateway Protocol 4", Internet RFC 1771, Networking Group, March 1995.
- [6] A.M. Odlyzko. "Paris metro pricing for the Internet", Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce, pp. 140-147, 1999.
- [7] J. MacKie-Mason, L. Murphy, J. Murphy. "Responsive pricing in the Internet", L.W. McKnight, J.P. Bailey (Eds.), Internet Economics, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 279-303, 1997.
- [8] F.P. Kelly, A. Maulloo, D. Tan, "Rate control for communication networks: shadow prices, proportional fairness and stability", Journal of the Operational Research Society 49, pp. 237-252, 1998.
- [9] J.K. MacKie-Mason, H.R. Varian. "Pricing congestible network resources", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 13, pp. 1141-1149, 1995.
- [10] N. Semret, R.R.-F. Liao, A.T. Campbell, A.A. Lazar. "Pricing, provisioning and peering: dynamic markets for differentiated Internet services and implications for network interconnections", IEEE Journal on Selected Areas in Communications 18 (12), pp. 2499-2513, 2000.
- [11] S. Shenker, D. Clark, D. Estrin, S. Herzog. "Pricing in computer networks: reshaping the research agenda", ACM Computer Communication Review, Vol 26, pp. 19-43, 1996.
- [12] D. Clark, "A Model for Cost Allocation and Pricing in Internet", MIT workshop on Internet Economics, 1995.
- [13] Rajeeta Sing, Murat Yuksel, Shivkumar Kalyanaraman, T. Ravichandran, "A Comparative Evaluation of Internet Pricing Models: Smart Market and Dynamic Capacity Contraction", Internal Report, Rensselaer Polytechnic Institute, 2002.

زیر نویس‌ها

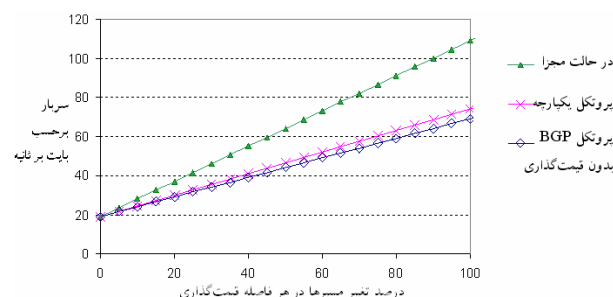
- ¹ Links
- ² Intuitive
- ³ Demand function
- ⁴ steepness
- ⁵ interval



شکل ۶. میانگین قیمت مشاهده شده در شبیه‌سازی نسبت به بار



شکل ۷. تأخیر قیمت‌گذاری مشاهده شده در شبیه‌سازی



شکل ۸. مجموع سربار مسیریابی و قیمت‌گذاری

۵- نتیجه

با توجه به وابستگی‌ای که بین قیمت‌گذاری و مسیریابی وجود دارد، پروتکلی ارائه دادیم که منجر به کاهش برخی عملیات گردید. این عملیات، عملیاتی هستند که در صورت جدا بودن این دو مؤلفه باید در هرکدام تکرار شوند و همچنین عملیاتی که به‌منظور برقراری ارتباط بین آن‌ها باید انجام شود. با حذف این عملیات زمان قیمت‌گذاری تا حد قابل قبولی کم شد و سرباری که قبلاً در قیمت‌گذاری در این رابطه وجود داشت کاملاً حذف شده و در نتیجه سربار کلی آن کاهش یافته است. این امر موجب برطرف شدن مشکل سربار زیاد می‌شود که مانعی برای قابلیت گسترش قیمت‌گذاری است و باعث می‌شود که نتوان از آن در شبکه بزرگی مانند اینترنت استفاده نمود. در پروتکل ارائه شده در این مقاله به‌دلیل نبودن برخی مذاکرات که قبلاً باید با پروتکل