دیدگاه نوین در بازسازی مطمئن روی شبکه‌های مبتنی بر MPLS

آرش دانا، احمد خادم‌زاده و محمد اسماعیل کلانتری

چکیده: تضمین کیفیت سرویسهای بلادرنگ بر روی شبکه‌های مبتنی بر پروتکلهای اینترنت مستلزم تضمین قابلیت پایداری با توانایی پوشش سریع اشکالات و نتیجتاً بازسازی مسیرهای مورد نظر می‌باشد. حال آنکه استفاده از روشهای موجود مسیر یابی جهت پوشش اشکال مستلزم صرف زمانی بیش از حد مناسب می باشد.

شبکه های مبتنی بر MPLS[1] با توجه به خواص ارتباطی مسیرنگر با بکارگیری روشهای بازیافت مناسب می‌توانند متضمن کیفیت سرویسها و زمان مناسب برای رفع اشکالات از سوی شبکه های IP باشند.

در این مقاله یک روش بازسازی[2] جدید جهت پشتیبانی از ارتباطات برقرار شده بر چسب دار بر اساس مسیرهای پشتیبانی از پیش تعیین شده ارائه شده است. در توزیع ترافیک دو مدل خود شبیه و پواسن، بصورت مجزا بکار گرفته شده، نتایج حاصله با هم مقایسه و عملکرد روش به کار گرفته شده با افزایش راندمان شبکه و قابلیت اطمینان تائید گردیده است.

***کلید واژه:* بازسازی، شبکه های MPLS و کیفیت سرویس.**

۱- مقدمه

شبکه‌های مبتنی بر ارتباطات غیر اتصال‌نگر نظیر شبکه های اینترنت دارای قابلیت اطمینان برقراری ارتباطی ذاتی می‌باشند زیرا برقراری ارتباط براساس روش مسیر یابی پویا انجام می‌گیرد. شبکه‌های مبتنی بر MPLS بصورت اتصال‌نگر عمل نموده و فاقد این قابلیت می‌باشند ولیکن با توجه به افزایش نیاز به برقراری ارتباطات چند منظوره با ظرفیت بسیار زیاد و جوابگویی به شبکه‌های مبتنی بر MPLS لازم است جهت حفظ کیفیت سرویسهای تضمین شده، ارتباطات برقرار شده از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند. بنابراین شبکه بایستی قادر باشد در مواجه با هر نوع اشکال که باعث قطع یک ارتباط و یا بطور کلی نقصان کیفیت سرویس تضمین شده ارتباط می گردد عکس العمل مناسب را نشان دهد.

بازسازی به قابلیتی از شبکه جهت پیکربندی مجدد مسیر مجازی خراب با سرعت و دقت بالا و حفظ کیفیت اطلاق می‌شود.

روشهای بازسازی که تاکنون برای شبکه‌های مبتنی بر ATM پیشنهاد گردیده غالباً گرفته شده از روشهای موجود برای شبکه‌های مبتنی بر STM به عنوان مثال Sonet/SDH بوده است که اکثراً به کارگیری آنها برای شبکه‌های مبتنی بر MPLS متضمن پیچیدگی و سربار زیاد و از نظر اقتصادی غیر قابل توجیه می‌باشد. با تکیه بر توانائیهای شبکه مبتنی بر MPLS می‌توان تکنیکهای سریع استقرار مجدد را برای شبکه‌های IP ارائه نمود [۱]. تحقیق بر روی روشهای بازسازی در شبکه‌های مخابراتی از سال ۱۹۸۷ میلادی آغاز و سپس روشهای متعددی برای شبکه‌های مبتنی بر STM و ATM پیشنهاد گردید که مهمترین آنها عبارتند از سوئیچینگ حفاظتی اتوماتیک[3] [۲]، روش سیل گونه[4] [۳] تا [۵]، روش بازسازی با جستجوی مضاعف[5] [۶]، روش بازسازی بر مبنای مسیر مجازی[6] [۷] و [۸].

شبکه‌های MPLS به علت طبیعت اتصال‌گرای آنها نسبت به شبکه‌های بی اتصال در برابر خرابی آسیب پذیرتر هستند. پوشش خرابی معمولاً از لایه فیزیکی آغاز گشته و اگر این پوشش ناموفق یا غیر ممکن گردد به سمت لایه‌های بالاتر صعود می‌نماید. لازم است پوشش خرابی در MPLS هیچگونه وابستگی به لایه فیزیکی نداشته باشد زیرا در غیر این صورت ممکن است مکانیزم تحمل خرابی جهت اجرا، بین شبکه‌های مختلف متفاوت باشد [۹]. تا به حال سه مکانیزم جهت بازیابی[7] LSPها هنگام بروز خرابی در دامنه MPLS به شرح ذیل ارائه گردیده است.

الف) روش بازسازی سریع[8] [۱۰]

ب) روش استفاده از تونلهای پشتیبان [۱۱]

ج) روش مسیر محافظتی [۱۲]

روش بازسازی سریع بر اساس ارسال مجدد ترافیک در جهت معکوس از محل وقوع خرابی مسیر بر چسب‌دار محافظت شده بوده به طوری که جریان ترافیک مجدداً می‌تواند از طریق یک مسیر برچسب‌دار موازی بین گره‌های مبدا و مقصد مسیر برچسب‌دار محافظت شده، مسیردهی گردد. از محاسن این روش، زمان بازسازی سریع و کاهش پیچیدگی محاسباتی مسیر پشتیبان بوده و از معایب آن استفاده غیر بهینه از منابع و افزایش طول مسیرهای محافظ می‌باشد. بعلاوه همانطوری که بسته‌ها از مسیر معکوس، مجدداً مسیردهی گشته و مطابق شکل ۱ با بسته‌های ورودی در گره[9] PSL مخلوط می‌گردند، نیاز به مرتب نمودن بسته‌های اطلاعاتی در گره[10] PML می‌باشد. در روش دوم گره مجاور محل خرابی به گره‌های بالایی، خرابی را اعلام می‌کند، سپس گره ورودی به محض دریافت سیگنال خرابی، ترافیک را مجدداً روی یک مسیر برقرار شده از قبل که هیچ مشترکاتی با مسیر خراب شده فعلی ندارند برقرار می‌نماید. مزیت این روش نسبت به روش قبلی، جلوگیری از انتقال ترافیک در جهت معکوس است که این موضوع از اتلاف منابع ممانعت بعمل می‌آورد.

این مقاله در تاریخ ۲۰ شهریور ماه ۱۳۸۱ دریافت و در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ماه ۱۳۸۲ بازنگری شد.

آرش دانا، گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران، (email: a1dana@yahoo.com).

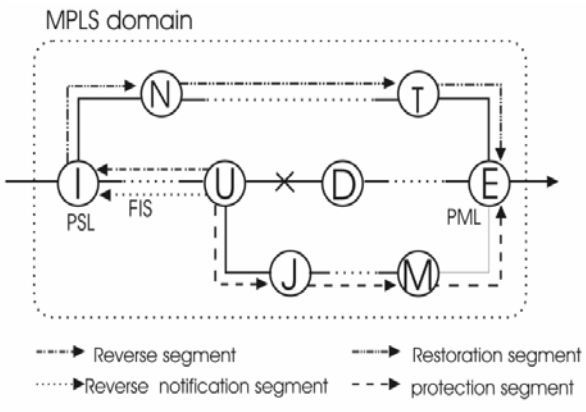
احمد خادم‌زاده، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، تهران، ایران.

محمد اسماعیل کلانتری، دانشکده برق، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

1. Multi Protocol Label Switching
2. Restoration
3. Automatic Protection Switching (APS)
4. Flooding
5. Double Search Self healing
6. Virtual Path Self Healing
7. Label Switch Path
8. Fast Reroute
9. Protection Switching LSR
10. Protection Merging LSR

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: بازسازی ترافیک در دامنه MPLS.

روش سوم براساس محافظت از کل دامنه شبکه و با هدف کاهش تعداد مسیرهای محافظ مورد نیاز جهت محافظت کامل از شبکه MPLS می‌باشد. مسیرهای محافظ دارای ساختاری دو مسیره بوده به این ترتیب که این مسیرها، مجزا از مسیر اصلی محافظت شده برقرار و در هر گره دو مسیر متناوب جهت رسیدن به گره خروجی وجود دارد. از آنجائی که بازسازی سریع ترافیک هنگام وقوع خرابی به عنوان یک عامل پراهمیت در روشهای بازسازی محسوب می‌گردد، لذا در روش پیشنهادی ما، جهت برطرف نمودن سریع خرابی، از قبل مسیر پشتیبان انتخاب، با این تفاوت که برای افزایش قابلیت اطمینان به جای یک مسیر از چندین مسیر پشتیبان استفاده نموده و همچنین جهت بالابردن حداکثر میزان استفاده از منابع شبکه، اجازه می‌دهیم چه قبل و چه بعد از وقوع خرابی، دیگر سرویسهای کلاسه‌بندی شده از مسیرهای پشتیبان استفاده نمایند.

در بخش ۲ مدل ترافیکی خودشبیه[1] بعنوان مدل منبع ترافیکی مورد استفاده، معرفی و صحت شبیه‌سازی آن بررسی می‌گردد.

در بخش ۳ برخی روشهای ایجاد قابلیت اطمینان و محافظت در برابر بروز خرابی در شبکه را مختصراً شرح داده و سپس به معرفی روش بازیافتی پیشنهادی مبتنی بر MPLS می‌پردازیم.

در بخش ۴، پیاده‌سازی روش بازسازی پیشنهادی شرح داده شده برای دو منبع ترافیکی مختلف فرآیندهای خود شبیه و پواسن انجام و نتایج حاصله با هم مقایسه شده است. نتایج شبیه‌سازی حاکی از آن است که این روش، ابزاری کارآمد جهت حفظ کیفیت سرویس دهی یک مسیر برچسبی پس از وقوع خرابی روی آن مسیر می‌باشد.

۲- مدلسازی منبع ترافیک خود شبیه

یکی از مسائل پراهمیت در طراحی شبکه‌های مخابراتی شناخت کامل از فرآیند ورود بسته‌های اطلاعاتی به گره‌های توزیع‌کننده ترافیک می‌باشد.

فرآیند ورود بسته‌های اطلاعاتی به یک محل توزیع از یک شبکه، به علت سادگی تحلیل و جذابیت تئوری پواسن اغلب با استفاده از فرآیند پواسن[2] مدلسازی می‌شدند [۱۳]. حال آنکه نشان داده شده است که مدل "خود شبیه" یک مدل واقعی‌تر برای شبکه‌های مخابراتی می‌باشد [۱۴] و [۱۵].

ترافیک شبکه‌های مبتنی بر پروتکل‌های اینترنت[3] نشان می‌دهد که تغییرات انبوه ترافیکی[4] در بازه‌های وسیع زمانی بوجود می‌آید و با توجه به این که فرآیند خود شبیه قادر به بوجود آوردن ترافیک انبوه در کلیه مقاطع مختلف زمانی بوده و مضافاً این که خاصیت همبستگی درباره زمانی طولانی[5] توسط این فرآیند موجود و قابل مدل‌سازی می‌باشد، نتیجتاً مقادیر ترافیک در هر بازه زمانی کوچکتر با مقادیر ترافیک در بازه‌های دیگرهمبستگی[6] دارند. این ویژگی، اصلی‌ترین وجه تمایز ترافیک خود شبیه با پواسن می‌باشد. از آنجائی که فرآیند پواسن جهت مدلسازی ترافیک telnet و انتقال فایل معتبر بوده و جهت ترافیک WAN استفاده از فرآیند خود شبیه مناسبتر می‌باشد، لذا به منظور ارزیابی روش پیشنهادی بازسازی ترافیک هنگام بروز خرابی، از دو مدل مذکور بصورت مجزا استفاده و نتایج را با هم مقایسه نمودیم.

چنانچه حتی مدل توزیع ترافیکی مبتنی بر فرآیند پواسن باشد در صورت وجود ارتباط پسخورد و ارسال مجدد بسته‌های از دست رفته، توزیع ترافیکی بصورت فرآیند خود شبیه در می‌آید [۱۶]. در این مقاله مدل ترافیکی خود شبیه براساس فرآیند "حرکت براونی مقطعی[7]" می‌باشد [۱۷] و بنابراین رابطه (۱) برقرار می‌باشد،

$$A(t) = mt + \sqrt{am}\, z(t) \qquad (۱)$$

که در این رابط A(t) برابر تجمع ترافیک وارده تا زمان t و Z(t) برابر با FBM نرمال شده با پارامتر خود شبیه H[8] که مشخص کننده کیفیت ترافیک است. $H \in [\frac{۱}{۲},۱),\ t \in (-\infty,+\infty)$ همچنین $m > ۰$ برابر متوسط نرخ ترافیک ورودی و $a > ۰$ برابر با ضریب تغییرات[9] می‌باشد.

$\delta(t)$، پراکندگی ورودیها با دو مقدار واقعی تعریف می‌شود

$$\underset{real}{\delta(t)} = \frac{Variance\ A(t)}{mean\ A(t)}, \qquad (۲)$$

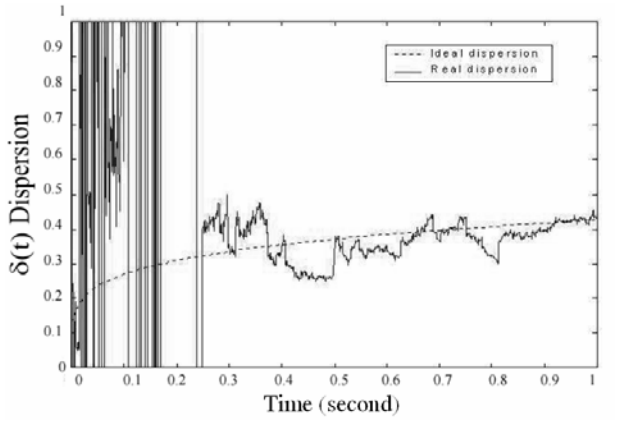
$$\underset{ideal}{\delta(t)} = at^{b}\ , \qquad (۳)$$

با توجه به این که $b = ۲H - ۱$ می‌باشد، اگر مقدار $H = ۱/۲$ را اختیار نمائیم در رابطه (۳)، $\delta(t)$ برابر مقدار ثابت گردیده و ترافیک از نوع پواسن می‌گردد. چنانچه H به سمت عدد یک میل نماید $\delta(t)$ به سمت خطی بودن میل نموده و $\underset{real}{\delta(t)}$ به سمت $\underset{ideal}{\delta(t)}$

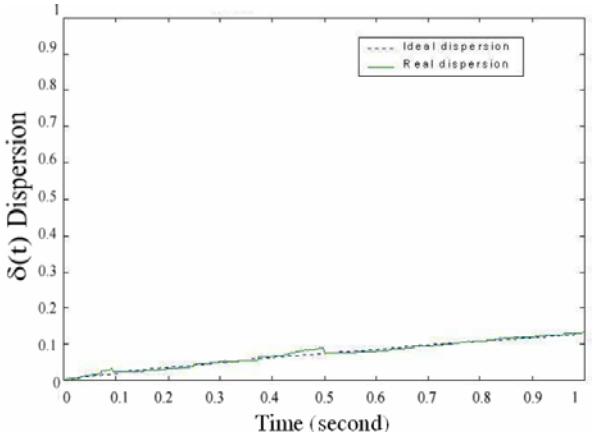
1. Self- similar
2. Markov Modulated Poisson Process
3. Internet Protocol
4. Burstiness
5. Long Rang Dependency (LRD)
6. Correlation
7. Fractional Browning Motion (FBM)
8. Hurst Parameter
9. Variance Coefficient

Archive of SID

www.SID.ir

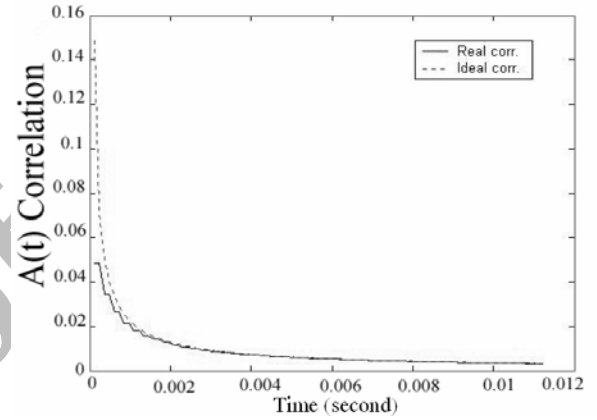


(الف)

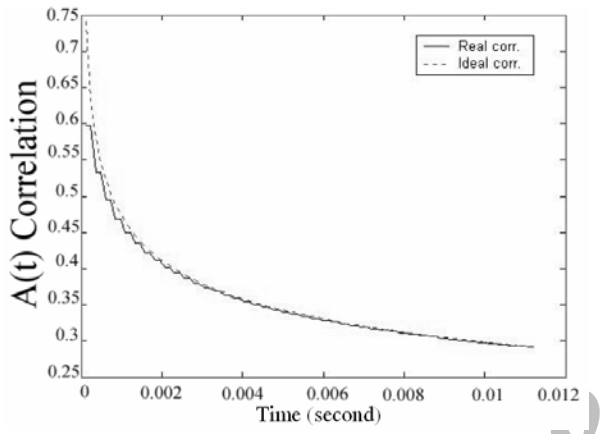


(ب)

شکل ۲: تغییرات پراکندگی نسبت به زمان، (الف) $H=۰/۵$، (ب) $H=۰/۹$.



(الف)



(ب)

شکل ۳: تغییرات همبستگی A(t) نسبت به زمان، (الف) $H=۰/۵$، (ب) $H=۰/۹$.

نزدیک شده و ترافیک از نوع فرآیند خود شبیه و بصورت شکل ۲ در می‌آید.

جهت بررسی همبستگی در یک بازه زمانی طولانی که شاخص ترافیک خود شبیه می‌باشد، لازم است تابع همبستگی A(t) را بدست آورده و نتایج را بررسی نمائیم.

با توجه به دو مقدار واقعی و ایده‌آل برای تابع $\delta(t)$ برای همبستگی نیز دو مقدار متفاوت بدست می‌آید بنابراین

$$r(t)=\underset{real}{correlation}\left(A(\alpha),A((t+۱)\alpha)-A(t\alpha)\right)$$
$$=\frac{\frac{۱}{۲}\left[\mathrm{var}\,A((t+۱)\alpha)-۲\,\mathrm{var}\,A(t\alpha)+\mathrm{var}\,A(t-۱)\alpha\right]}{\sqrt{\mathrm{var}\,A(\alpha)}\sqrt{\mathrm{var}\left(A(t+۱)\alpha-A(t\alpha)\right)}}, \qquad (۴)$$

که در آن α ضریب ضریب رزولوشن است و همچنین

$$r(t)=\underset{ideal}{\frac{t^{b+۱}}{۲}\left(۱+\frac{۱}{t}\right)^{b+۱}+\left((۱-\frac{۱}{t})^{b+۱}-۲\right)} \qquad (۵)$$

در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد به ازای $m=۵$ و $a=۱$ با افزایش H، خودشبیهی بیشتر، تابع کرولیشن به آرامی به سمت صفر میل می‌کند.

۳- روش بازسازی پیشنهادی

MPLS عاملی بر همگرایی شبکه‌های اتصال‌گرا[1] و بی اتصال[2] می‌باشد. زمانی که یک مسیر برچسب دار از خرابی ناشی از پیوند یا مسیریاب و یا هر علت دیگر غیر قابل استفاده می‌گردد، ترافیک موجود بر روی مسیر برچسبی نیاز به یک مسیر و یا چند مسیر جدید دارد. مسیرهای انتخابی می‌توانند به عنوان مسیرهای پشتیبان از قبل تعیین شده و یا بعد از وقوع خرابی تعیین شوند. با توجه به این که در مورد دوم یافتن مسیرها و انتقال ترافیک بر روی آنها نیاز به زمان دارد، مورد اول دارای قابلیتهای بیشتری می‌باشد. زیرا زمان جستجو برای مسیریابی در این حالت نزدیک به صفر است. مسیر پشتیبان از قبل تعیین شده در سرویسهایی که از دست دادن بسته‌ها پذیرفته نیست موضوعی با اهمیت می‌باشد. از طرفی اختصاص منابع مورد نیاز جهت مسیر برچسبی پشتیبان سبب کاهش راندمان شبکه می‌گردد، زیرا در مواقع عادی مسیرهای پشتیبان بلااستفاده باقی می‌ماند [۱۰].

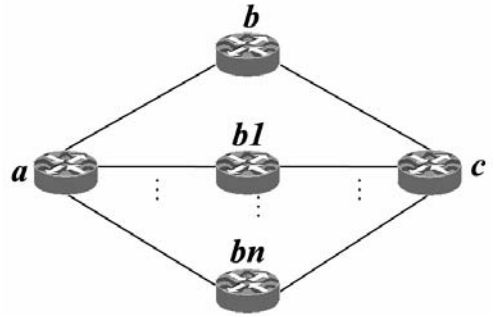
روش بازسازی پیشنهادی، مبتنی بر افزایش راندمان بوده به طوری که اگر مسیر اصلی دچار خرابی گردید، ترافیک آن روی مسیر پشتیبان سوئیچ شده و در مواقعی که خرابی وجود ندارد، دیگر ترافیکهایی که دارای اولویت کیفیت سرویس پائین‌تر هستند می‌توانند از مسیرهای برچسب‌دار

1. Connection oriented
2. Connectionless

Archive of SID

www.SID.ir

پشتیبان استفاده نمایند [۱۸]. از آنجائی که سرویسهای موجود در شبکه



شکل ۴: مسیر برچسبی abc مسیر محافظت شده و مسیرهای $ab_nc,\ldots,ab_2c,ab_1c$ مسیرهای پشتیبان می‌باشند.

IP مانند ارسال داده، تصویر، صدا نیاز به تضمین کیفیت سرویس دارند، بنابراین روش پیشنهادی بازسازی سریع خرابی مبتنی بر MPLS باید همواره بر تضمین کیفیت سرویس استوار باشد. جریان اینترنت فقط یک سطح سرویس را که حاصل بهترین تلاش است فراهم نموده، لذا طبقه‌بندی سرویس، راندمان استفاده بهینه از منابع شبکه را افزایش می‌دهد. به همین دلیل سرویسها را بطورکلی به سه دسته طلا، نقره و برنز طبقه‌بندی نموده و بسته به نوع کلاس، می‌توان برخی از سرویسها را روی مسیرهای پشتیبان، در مواقع عادی شبکه که خرابی رخ نداده است برقرار نمود.

هنگامی که ظرفیت کافی جهت بازسازی مسیر خراب شده موجود نباشد سرویسهای با اولویت پائین روی مسیر پشتیبان که دارای پهنای باند مورد نیاز مسیر برچسبی خراب می‌باشند حذف و در نهایت ترافیک مسیر خراب شده بازسازی می‌گردد.

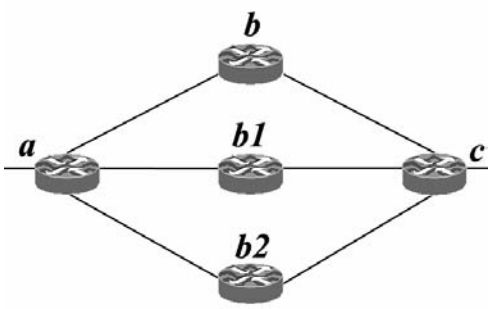
بنابراین برای هر مسیر برچسبی که بایستی دارای قابلیت بازسازی باشد، تعداد n مسیر پشتیبان معین می‌شود بطوری که اگر WML_i پهنای باند iامین کاربر از N کاربر روی مسیر اصلی و WPL_j پهنای باند jامین کاربر از m کاربر بر روی مسیر پشتیبان و W_T کل پهنای باند مسیر پشتیبان باشد، بایستی جهت انتقال ترافیک موجود مسیر اصلی بر روی مسیر پشتیبان رابطه زیر همواره برقرار باشد .

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{N} WML_i \le W_T - \sum_{j=1}^{m} WPL_j \\ QoS_M \quad satisfied\ by\ LSP\ protector \end{cases} \qquad (۶)$$

با توجه به شکل ۴ هنگام بروز خرابی بر روی مسیر برچسبی اصلی abc ابتدا اولین مسیر پشتیبان بررسی و در صورت برقراری رابطه (۶) و نتیجتاً وجود پهنای باند لازم، کلیه ترافیک مسیر اصلی به مسیر پشتیبان منتقل می‌شود و در صورتی که شرایط مسیر پشتیبان جهت تضمین کیفیت سرویس مسیر اصلی و همچنین تامین پهنای باند مورد نیاز مناسب نباشد مسیر بعدی امتحان و همین عمل تا پیدا شدن یک مسیر پشتیبان مناسب ادامه پیدا می کند در صورتی که هیچ یک از مسیرهای پشتیبان شرایط لازم را نداشته باشند با تجدید عملیات از مسیر پشتیبان اول، با حذف کاربران دارای اولویت پائین، شرایط مناسب را برای انتقال به وجود می‌آوریم.

۴- شبیه‌سازی انجام شده

در این شبیه‌سازی برای ارزیابی روش پیشنهادی، تعداد مسیرهای پشتیبان $n=2$ در نظر گرفته شده است. مطابق شکل ۵ مسیر abc مسیر



شکل ۵: مسیربرچسبی abc مسیر پشتیبانی شده اصلی و مسیرهای ab_1c و ab_2c پشتیبان می‌باشند .

اصلی و ab_1c و ab_2c مسیرهای پشتیبان می‌باشند.

ترافیک ورودی از a با دو مدل ترافیکی مختلف پواسن و خود شبیه، شبیه‌سازی شده و زمان سرویس بسته‌های IP در خروجی a از توزیع نمایی تبعیت می‌نماید که نتایج برای هر دو منبع به صورت مجزا بررسی گردیده است. اگر به هر دلیلی ارتباط در هر نقطه مسیر اصلی قطع گردد با تضمین کیفیت سرویس، مسیر این ترافیک روی یکی از دو مسیری که از قبل به عنوان پشتیبان انتخاب شده‌اند منتقل می‌گردد. جهت افزایش کارآیی شبکه، مسیرهای ab_1c و ab_2c همزمان دارای ترافیک بوده، با حفظ ترافیک موجود روی دو مسیر ab_1c و ab_2c عمل انتقال ترافیک مسیر معیوب روی مسیرهای ذکر شده صورت ab_1c و ab_2c می‌پذیرد. جهت حفظ کیفیت سرویس مورد انتظار برای ترافیک مسیر دارای اشکال هنگام انتقال ترافیک روی دو مسیر موجود، شروطی را در نظر گرفته تا کیفیت سرویس درخواستی مسیر برچسبی اصلی تقلیل نیابد.

اگر چنانچه $i=1,2$ باشد ،

$EQ_i =$ متوسط تعداد بسته‌های IP در صف مسیر یاب b_i

$Averate_i =$ متوسط نرخ ورود بسته‌های IP روی مسیر برچسبی ab_ic

$MaxQ_i =$ حداکثر تعداد بسته‌های IP در صف مسیر یاب b_i

$MaxD_i =$ حداکثر تاخیر در مسیر یاب b_i

$peakrate_i =$ حداکثر نرخ ورود بسته‌های IP روی مسیر برچسبی ab_ic

و همچنین اگر ns برابر با تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک مسیر دارای اشکال از یک مسیر پشتیبان به مسیر پشتیبان دیگر باشد، روش انتقال ترافیک بر روی مسیر فعال پشتیبان براساس سه الگوریتم متفاوت انجام می‌گردد.

۴-۱ شبیه‌سازی با شرط اعمال محدودیت در تعداد بسته‌های موجود در صف مسیر یابهای b_1 و b_2

در این شبیه‌سازی با توجه به اینکه ρ ضریب بهره‌وری می‌باشد

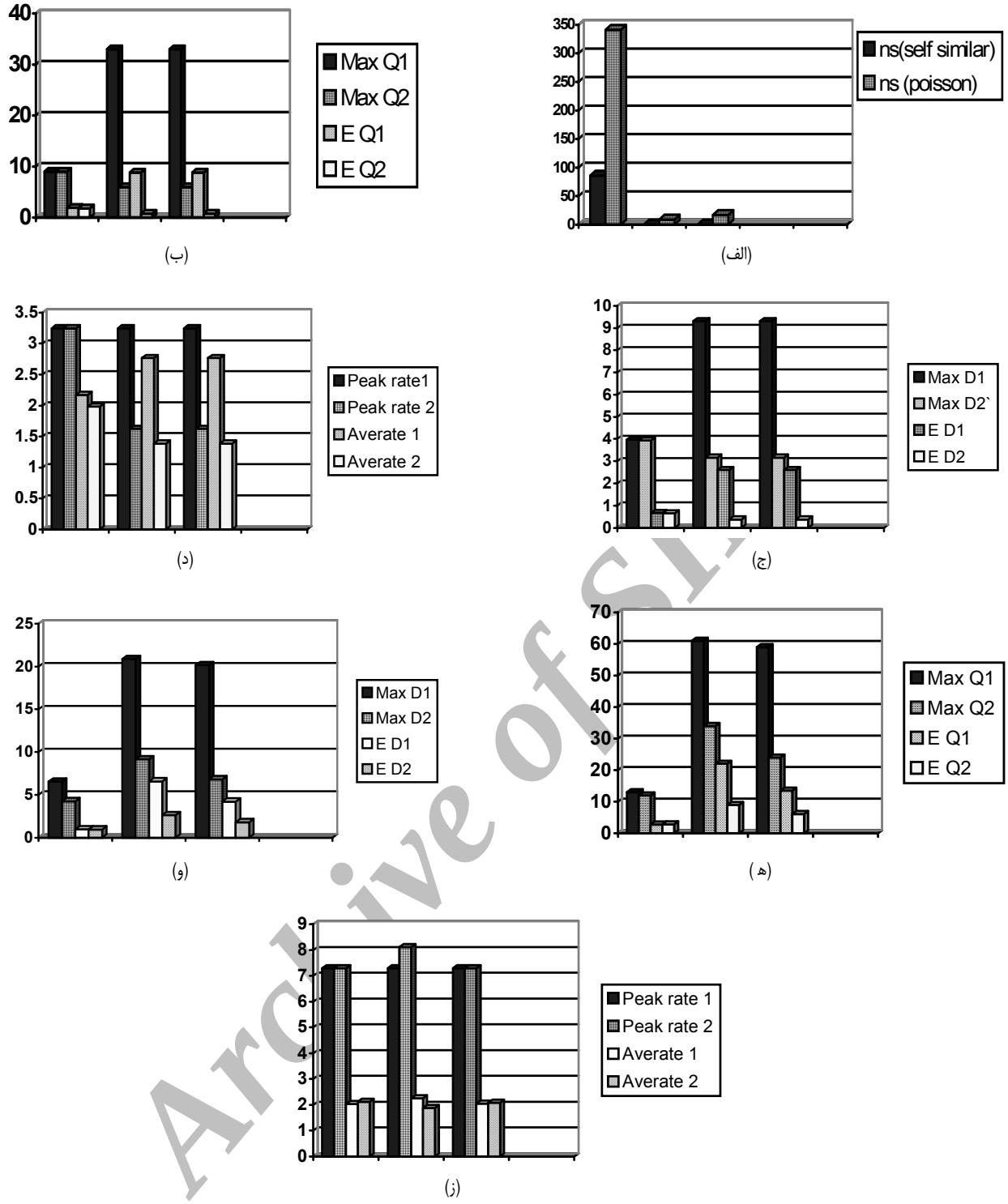
$\rho =$ متوسط نرخ سرویس بسته‌های IP/متوسط نرخ ورود بسته‌های IP

این ضریب مربوط به مسیریابهای b، b_1 و b_2 و همگی مساوی و برابر با ۰/۴ در نظر گرفته شده است.

$$\rho_b = \rho_{b_1} = \rho_{b_2} = 0/4$$

ابتدا ترافیک مسیر برچسبی abc را روی مسیر ab_1c منتقل و با توجه به شرط قید شده، تا زمانی که در مسیریاب b_1، تعداد بسته‌های IP درصف کمتر از K عدد باشد بطوری است که $Q<K$ (Q، تعداد بسته‌های اطلاعاتی IP منتظر سرویس در صف در این شبیه‌سازی

Archive of SID
www.SID.ir

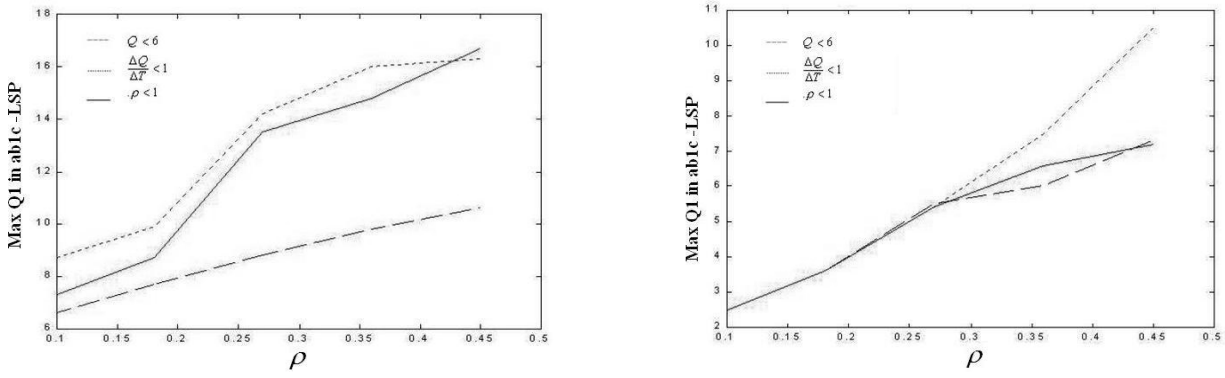


شکل ۶ مقادیر پارامترهای ns، EQ_i ، $MaxQ_i$ ، ED_i ، $MaxD_i$ ، $Peak\,rate_i$ و $Averate_i$ برحسب سه شرط ارائه شده با دو مدل ترافیکی مختلف خودشبیه و پواسن بطور مجزا، (الف) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع پواسن و خودشبیه)، (ب) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط طول صف روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع خودشبیه)، (ج) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط تاخیر روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع خودشبیه)، (د) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط نرخ ترافیک روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع خودشبیه)، (ه) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط طول صف روی مسیرهای مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع پواسن)، (و) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط تاخیر روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع پواسن)، (ز) $\rho < K''$ $\Delta Q/\Delta T < K'$ $Q < K$، مقادیر حداکثر و متوسط نرخ ترافیک روی مسیرهای پشتیبان (ترافیک از نوع پواسن).

$K = ۶$ در نظر گرفته شده است) ترافیک مسیر abc روی مسیر ab_1c ثابت و اگر $Q > K$ باشد ترافیک مربوط به مسیر اصلی روی مسیر ab_2c منتقل شده، سپس در تمامی لحظات ورود و خروج بسته‌های IP از مسیر یاب b_2، مقدار Q_2 در مسیر یاب b_2 محاسبه شده و اگر $Q > K$ گردید که نشان دهنده ازدحام بوجود آمده روی مسیر ab_2c خواهد بود، مجدداً ترافیک مسیر abc روی مسیر ab_1c منتقل می‌گردد. بنابراین طی این روش دائماً ترافیک مسیر دارای اشکال بین دو مسیر از قبل تعیین شده در حال انتقال و منابع مورد نیاز ترافیک مسیرabc با توجه به شرط

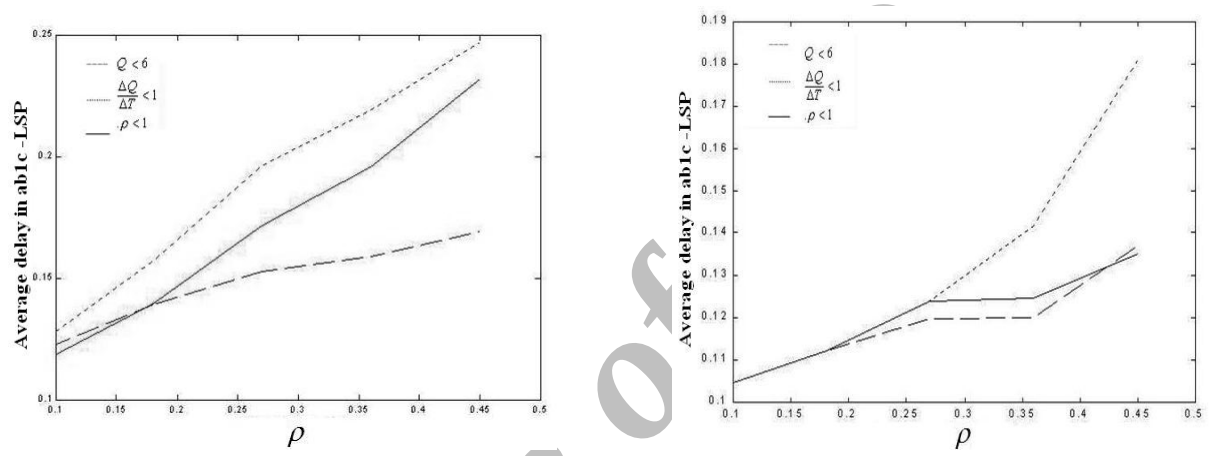
Archive of SID

www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل ۷: تغییرات حداکثر طول صف مربوط به بسته‌های IP روی مسیر برچسبی ab_1c بر حسب افزایش ضریب بهره‌وری (ρ) روی آن مسیر، (الف) مدل ترافیکی خودشبیه، (ب) مدل ترافیکی پواسن.



(ب) (الف)

شکل ۸: تغییرات متوسط تاخیر مربوط به بسته‌های IP روی مسیر برچسبی ab_1c بر حسب افزایش ضریب بهره‌وری (ρ) روی آن مسیر، (الف) مدل ترافیکی خودشبیه، (ب) مدل ترافیکی پواسن.

$Q<K$ از دو مسیر پشتیبان تامین می‌گردد. نتایج این شبیه‌سازی با توجه به شرط مذکور با دو منبع ترافیکی مختلف در شکل ۶ آمده است. با مقایسه نتایج دو منبع ترافیکی مختلف ملاحظه می‌گردد که تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک مسیر برچسبی خراب شده روی دو مسیر پشتیبان با منبع ترافیکی پواسن ۳۴۱ بار و با منبع ترافیکی خودشبیه به مقدار ۸۶ بار کاهش یافته است شکل ۶-الف. همچنین متوسط طول صف، EQ_i در دو مسیر برچسبی پشتیبان با استفاده از شرط مذکور و منبع ترافیکی خودشبیه تقریباً با هم برابرند. شکل ۶-ب.

۴-۲ شبیه‌سازی با اعمال شرط محدودیت در آهنگ تغییرات تعداد بسته‌های موجود در صف

در این شبیه‌سازی همچنان ضریب بهره‌وری هر سه مسیر برچسبی برابر با ۰/۴ در نظر گرفته می‌شود.

ترافیک مسیر abc ابتدا روی مسیر ab_1c قرار گرفته، و هر ده میلی ثانیه آهنگ تغییرات Q، یعنی $\Delta Q/\Delta T$ محاسبه گشته و اگر $(\Delta Q/\Delta T)>K'$ گردد (K' مقدار حداکثر آهنگ تغییرات طول صف می‌باشد) ترافیک به مسیر ab_2c منتقل می‌گردد.

سپس آهنگ تغییرات Q در مسیر پشتیبان محاسبه، اگر $(\Delta Q/\Delta T)>K'$ شود مجدداً ترافیک مسیر abc به مسیر ab_1c انتقال می‌یابد. توجه داریم که این عمل دائماً تکرار می گردد. (در این شبیه سازی $K'=1$ در نظر گرفته شده است)

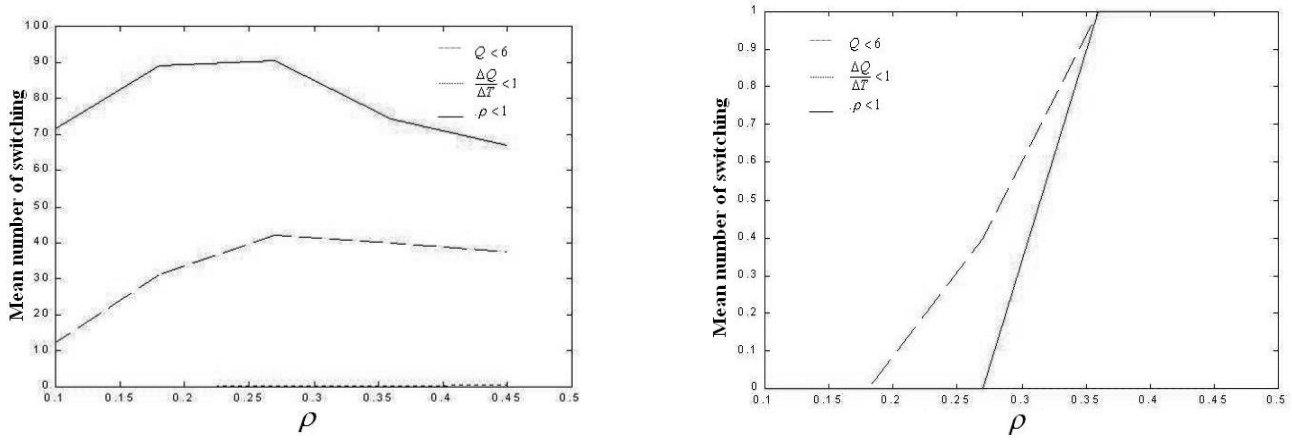
با توجه به نتایج بدست آمده در شکل (الف-۶) ملاحظه می‌نمائیم با اعمال شرط $(\Delta Q/\Delta T)<1$ تعداد دفعات سوئیچینگ روی دو مسیر پشتیبان از مقدار ۹ برای ترافیک پواسن به مقدار صفر برای ترافیک خودشبیه تغییر نموده است. مقدار صفر بیانگر آن است هنگامی که ترافیک مسیر abc روی مسیر پشتیبان ab_1c منتقل می‌گردد، دائماً $(\Delta Q/\Delta T)<K'$ بوده، بنابراین در این شبیه‌سازی عمل سوئیچینگ روی هر دو مسیر اتفاق نیافتاده و ترافیک مسیر abc دائماً روی مسیر ab_1c ثابت می‌ماند. بنابراین مقادیر $MaxQ_1$، ED_1 و Averate1 روی مسیر ab_1c بیشتر از همین مقادیر روی مسیر ab_2c بوده که نتایج بدست آمده در شکل ۶ نیز حاکی از این موضوع است. قابل ذکر است اگر K' از مقدار یک کمتر باشد حتماً تعداد دفعات سوئیچینگ روی هر دو مسیر پشتیبان بزرگتر ازصفر بوده و می‌توان با تغییر K' تقسیم مناسب ترافیک مسیر abc روی دو مسیر پشتیبان را برقرار نمود و کلاس سرویس درخواستی مسیر abc را روی دو مسیر پشتیبان ab_1c و ab_2c ایجاد نمود.

۴-۳ شبیه سازی با شرط پارامتر ترافیکی $\rho<K''$

در این شبیه‌سازی نیز ضریب بهره‌وری هر سه مسیریاب برابر با ۰/۴ در نظر گرفته می‌شود. ابتدا ترافیک مسیر abc روی مسیر ab_1c قرار گرفته، سپس هر ده میلی‌ثانیه شرط $\rho<K''$ که K'' مقدار حداکثر

Archive of SID

www.SID.ir



(ب) (الف)

شکل ۹: تغییرات تعداد دفعات متوسط سوئیچینگ ترافیک مسیر برچسبی abc روی مسیرهای پشتیبان ab_1c و ab_2c بر حسب افزایش ضریب بهره‌وری (ρ) روی آن مسیر، (الف) مدل ترافیکی خودشبیه، (ب) مدل ترافیکی پواسن.

جدول ۱: مقایسه روشهای بازسازی با یکدیگر

روش استفاده از تونلهای پشتیبان	روش بازسازی سریع	روش پیشنهادی	
مسیریاب ورودی	سوئیچی که خرابی در محل اتصال آن رخ داده است	مسیریاب ورودی	محل شروع بازسازی
In-band	In-band	In-band	مکانیزم تشخیص خرابی
قبل از وقوع خرابی تعیین می‌گردد	قبل از وقوع خرابی تعیین می‌گردد	قبل از وقوع خرابی تعیین می‌گردد	نحوه برقراری مسیر برچسب‌دار پشتیبان
بلی	بلی	استفاده از ظرفیت مازاد شبکه	نیاز به رزرو پهنای باند جهت بازسازی
در طول زمان ارسال پیغام خرابی اتفاق می‌افتد	اتفاق نمی‌افتد	در طول زمان ارسال پیغام خرابی اتفاق می‌افتد	وقوع مسئله تلفات بسته‌های IP
مورد نیاز نمی‌باشد	پس از انتقال ترافیک مسیر پشتیبان روی مسیر اصلی مورد نیاز می‌باشد	پس از انتقال ترافیک مسیر برچسب‌دار خراب شده روی مسیرهای پشتیبان مختلف مورد نیاز می‌باشد	لزوم مرتب نمودن بسته‌های اطلاعاتی

ضریب بهره‌وری می‌باشد محاسبه می‌گردد. اگر $\rho > K''$ باشد ترافیک مذکور روی مسیر ab_2c منتقل می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی در شکل ۶ ملاحظه می‌گردد. (در این شبیه سازی $K''=1$ در نظر گرفته شده است).

۴-۴ تاثیر افزایش بار ترافیک مسیر برچسب دار پشتیبان روی پارامترهای کیفیت سرویس

هدف از این آزمایش مقایسه شروط ذکر شده با مقادیر آستانه‌های قبلی در نظر گرفته شده K، K' و K'' روی پارامترهای حداکثر تعداد بسته‌های IP و متوسط تاخیر در صف مسیر یاب b_1 و همچنین تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک دارای اشکال abc بر روی مسیرهای ab_1c، ab_2c با دو منبع ترافیکی مختلف خودشبیه و پواسن بوده، هنگامی که بار ترافیکی مسیر برچسب‌دار پشتیبان افزایش یابد.

در این شبیه‌سازی ضرایب بهره‌وری مربوط به مسیریاب‌های b_2 و b برابر با ۰/۰۹ بوده و مقایسه به این صورت است که با هر یک از سه شرط ذکر شده که متضمن حفظ کیفیت سرویس مورد انتظار مسیر abc خراب شده می‌باشد، $Max\,Q_1$، ED_1 را با متوسط‌گیری روی ۱۰۰۰۰ بار آزمایش هنگامی که ضریب بهره‌وری مربوط به مسیر یاب b_1 از مقدار ۰/۰۹ تا ۰/۴۵ تغییر می‌یابد محاسبه می‌نمائیم.

در دو شکل ۷-الف و ۷-ب مشاهده می‌گردد که اعمال شرط $(\Delta Q/\Delta T)<1$ جهت تقسیم ترافیک مسیر دارای اشکال abc روی دو مسیر دیگر، مقدار $Max\,Q_1$ ناشی از اعمال این شرط نسبت به اعمال دو شرط دیگر با افزایش ضریب بهره‌وری روی مسیر ab_1c بیشتر می‌شود.

همچنین در دو شکل ۸-الف و ۸-ب مشاهده می‌گردد که با اعمال شرط مذکور، متوسط زمان تاخیر بسته‌های IP نسبت به اعمال دو شرط دیگر بیشتر می‌گردد. این موضوع بیانگر آن است که تعداد دفعات سوئیچینگ روی مسیرهای پشتیبان کمتر شده و ترافیک دارای خرابی، به ندرت روی مسیرهای پشتیبان سوئیچ می‌گردد که در نتیجه باعث افزایش دو پارامتر ذکر شده می‌گردد.

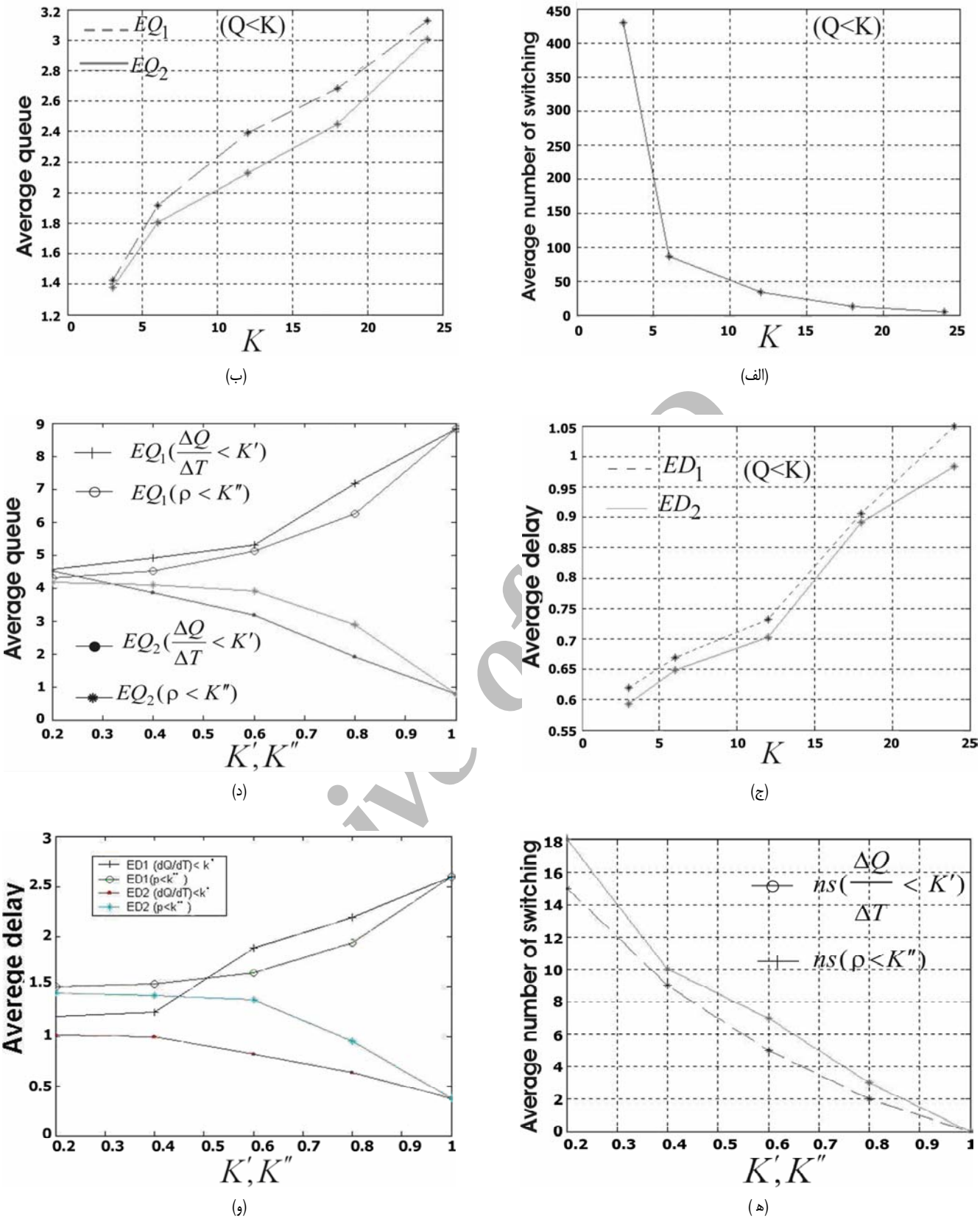
شکل ۹-الف و ۹-ب حاکی از همین موضوع بوده بطوری که نتایج شبیه‌سازی در این دو شکل نشان می‌دهد که اعمال شرط $(\Delta Q/\Delta T)<1$ جهت تقسیم ترافیک، کمترین تعداد دفعات سوئیچینگ بین مسیرهای پشتیبان را در برداشته و همچنین متوسط تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک، روی دو مسیر پشتیبان، وقتی ترافیک ورودی از پواسن شکل ۹-ب به ترافیک خودشبیه شکل ۹-الف میل می‌نماید به صفر کاهش می‌یابد. لذا با توجه به نتایج شبیه‌سازی که با مقادیر آستانه‌های ثابت $K=6$ و $K'=1$ و $K''=1$ جهت ایجاد کلاس سرویس بدست آمده، استفاده از شرط $(\Delta Q/\Delta T)<1$ بیشترین متوسط تاخیر و بیشترین تعداد حداکثر بسته‌های IP در صف مسیریاب b_1 را سبب شده و استفاده از شرط $Q<6$ کمترین مقادیر پارامترهای ذکر شده را برآورده می‌نماید.

۴-۵ ارزیابی تغییر آستانه‌های شروط کیفیت سرویس روی پارامترهای کیفیت سرویس

در آزمایشی دیگر به تغییر آستانه‌های شروط کیفیت سرویس ارائه شده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰: میزان تغییر پارامترهای کیفیت سرویس برحسب تغییر آستانه‌های شروط کیفت سرویس، (الف) متوسط تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک بر حسب افزایش آستانه K، (ب) متوسط طول صف روی مسیرهای پشتیبان بر حسب افزایش آستانه K، (ج) متوسط تاخیر روی مسیرهای پشتیبان برحسب افزایش آستانه K، (د) متوسط طول صف روی مسیرهای پشتیبان بر حسب افزایش آستانه k' و k''، (ه) متوسط تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک بر حسب آستانه k' و k''، (و) متوسط تاخیر روی مسیرهای پشتیبان بر حسب افزایش آستانه k' و k''.

پرداخته و تاثیر این تغییر را روی پارامترهای ترافیکی خودشبیه ارزیابی می‌نمائیم. در شکل ۱۰–الف ملاحظه می‌گردد که با افزایش آستانه K، متوسط تعداد دفعات سوئیچینگ ترافیک بین مسیرهای پشتیبان به سرعت کاهش یافته بطوری که در آستانه $K = ۳$ این مقدار برابر با ۴۲۹ و در $K = ۶$ افت ناگهانی ملاحظه می‌گردد. با توجه به شکل‌های ۱۰–ب و ۱۰–ج افزایش K سبب صعود مقادیر متوسط طول صف و متوسط

www.SID.ir

تاخیر روی هر دو مسیر پشتیبان خواهد شد. شکل‌های ۱۰-د و ۱۰-و بیانگر آن است که با افزایش آستانه های K' و K'' مقادیر متوسط تاخیر و متوسط طول صف در مسیر پشتیبان دوم کاهش و بالعکس در مسیر پشتیبان اول افزایش می‌یابد. همچنین در شکل ۱۰-ه ملاحظه می‌گردد که با افزایش دو آستانه K' و K'' متوسط تعداد دفعات سوئیچینگ به علت سهل‌تر گردیدن قیود کاهش می‌یابد.

۵- مقایسه با روشهای بازسازی دیگر

وجه اشتراک روش ارائه شده با روشهای قبلی در این است که این روشها همگی از مسیر پشتیبان از قبل تعیین شده استفاده می‌نمایند. جدول ۱ روش بازسازی پیشنهادی را با دو روش دیگر مقایسه می‌نماید.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله روش بازسازی مسیر دارای اشکال مبتنی بر روش سوئیچینگ برچسبی IP ارائه شده است. پس از وقوع خرابی روی یک مسیر، ترافیک موجود بر روی آن مسیر، با حفظ کیفیت سرویس و در نظر گرفتن شروط تعریف شده و آستانه‌های ثابت، عمل انتقال ترافیک روی مسیرهای پشتیبان با دو منبع ترافیکی مختلف پواسن و خودشبیه بررسی و مقایسه شده است. استفاده از ترافیکهای با اولویت کیفیت سرویس پائین‌تر روی مسیرهای پشتیبان در مواقعی که خرابی وجود ندارد و استفاده از تعداد بیش از یک عدد مسیر پشتیبان برای هر مسیر محافظت شده، سبب افزایش راندمان شبکه و قابلیت اطمینان بیشتر گشته است.

مراجع

[1] T. Chen and T. oh, "Reliable services in MPLS," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 37, no. 12, pp. 58-62, Dec 1999.

[2] R. Cardwell and G. Brush, "Meeting the challenge of assuring dependable telecommunication services in the 90's," *IEEE Communication Mag.*, vol. 28, no. 6, pp. 40-45, Jun. 1990.

[3] W. D. Grover, B. D. Venables, M. H. Macgregor, and J. H. Sandham, "Development and performance assessment of a distributed asynchronous Protocol for Real-time network restoration," *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, vol. 9, no. 1, pp. 112-125, Jan. 1991.

[4] C. Han Yang and S. Hesegaw, "Fitness: failure immunization technology for network service survivability," in *Proc. IEEE GlobeCom'*88, vol. 3, pp. 1549-1554, 1988.

[5] H. Sakuchi, Y. Nishimure, and S. Hasegawa, "A self healing network with an economical spare-channel assignment," in *Proc. IEEE GlobeCom'* 90, vol. 1, pp.438-443, 1990.

[6] H. Fujii and N. Yoshikai, "Restoration message transfer mechanism and restoration characteristics of double-search self-healing ATM network," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 12, no.1, pp.149-158, Jan.1994.

[7] R. Kawamura, K. Sato, and I. Tokizawa, "Self-healing ATM network techniques utilizing virtual paths," in *Proc. of 5th Int. Network Planning Sym*, pp. 129-134, 1992.

[8] R. Kawamura, K. Sato, and I. Tokizawa, "Self-healing ATM networks based on virtual path concept, " *IEEE Journal on selected Areas in communications*, vol. 12, no. 1, pp. 120-127, Jan. 1994.

[9] V. Sharma *et al.*, *Framework for MPLS-Based Recovery*, draft-ietf-mpls-recovery-frmwrk-04.txt, May 2002.

[10] H. Dimitry and R. Krishnan, *A Method for Setting an Alternative Label Switched Paths to Handle Fast Reroute*, Internet Draft-Haskin-MPLS-Fast-Reroute-50.TXT, May 2001

[11] K. Owens, V. Sharma, and S. Makam, *A Path Protection/Restoration mechanism for MPLS Networks*, draft-chang-MPLS-path–protection-03 .txt, Jul. 2001.

[12] R. Bartos and M. Raman, "A heuristic approach to service restoration in MPLS networks," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Communication*, vol. 1, pp. 117-121, Finland, Jun. 2001.

[13] V. Paxson and S. Floyd, "The failure of poisson modeling," in *IEEE/ ACM Trans. on Networking*, vol. 3, no. 3, pp. 226-244, Jun. 1995.

[14] H. J. Fowler, and W. E. Leland, "Local area network traffic characteristics, with Implications for broadband network congestion management," *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, vol. 9, no. 7, pp. 1139-1149, Sep. 1991.

[15] W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, and D. Wilson, "On the self-similar Nature of Ethernet Traffic," *IEEE/ACM Transaction on Networking*, vol. 2, no. 1, pp. 1-15, Feb. 1994.

[16] J. M. Peha, "Retransmission mechanisms and self-similar traffic models," in *Proc. IEEE /ACM SCS Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conf.*, pp. 47-52, Jan. 1997.

[17] I. Norros, "Studies on a model for connection less traffic, based on fractional brownian motion, " in *Proc. Conf. on Applied Probability in Engineering, Computer and Communication Science*, pp. 16-18, Paris, Jun. 1993.

[۱۸] آرش دانا، احمد خادم‌زاده، کامبیز بدیع و شاهرخ ولایی،"یک روش جدید برای بازیافت LSP در شبکه IP بر پایه سوئیچهای برچسبی چند پروتکله (MPLS)،" *هفتمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران*، صص ۴۳۹-۴۷۷، اسفند ۱۳۸۰.

آرش دانا در سالهای ۱۳۷۳و۱۳۷۵ به ترتیب مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته مهندسی الکترونیک از دانشگاه آزاد اسلامی اخذ و تحصیلات خود را در سال ۱۳۸۲ در مقطع دکترای الکترونیک از دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات به پایان رسانده است. ایشان از سال ۱۳۷۱ در مرکز تحقیقات مخابرات ایران روی سیستمهای سوئیچینگ مخابراتی فعالیت داشته است. وی از سال ۱۳۷۵ نیز در داتشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی به تدریس اشتغال دارد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: شبکه‌های سوئچینگ سریع، قابلیت اطمینان در شبکه‌های مخابراتی، کیفیت سرویس در شبکه‌های مخابراتی، شبیه‌سازی ترافیک و متعادل نمودن بار ترافیک در شبکه‌ها.

احمد خادم‌زاده در سال ۱۳۵۰ مدرک کارشناسی خود را از دانشگاه فردوسی مشهد در رشته فیزیک کاربردی اخذ و پس از سه سال فعالیت به عنوان کارشناس نصب و آزمایش در شرکت مخابرات ایران، جهت ادامه تحصیل به کشور انگلستان عزیمت و در سال‌های ۱۹۶۷ و۱۹۸۰ به ترتیب موفق به اخذ درجه کارشناسی در رشته مخابرات دیجیتال و سپس مدرک دکتری در رشته الکترونیک با گرایش کامپیوتر و مخابرات از دانشگاه ایالتی کنت گردید. ایشان از سال ۱۳۵۹ تاکنون در مرکز تحقیقات مخابرات ایران به عنوان پژوهشگر ارشد مشغول به فعالیت می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نامبرده مهندسی آزمایش، قابلیت اطمینان و طراحی سیستمهای مطمئن، قابلیت اطمینان در شبکه‌های مخابراتی و شبکه‌های کامپیوتری و حفاظت و امنیت داده‌ها می‌باشد.

محمد اسماعیل کلانتری مدرک کارشناسی را در سال ۱۳۵۲ از دانشکده مخابرات (دانشکده برق دانشگاه خواجه نصیر فعلی) و کارشناسی ارشد و دکترای خود را به ترتیب در سال‌های ۱۳۵۷ و ۱۳۶۰ از مدرسه عالی مخابرات Ecole National Superieur Telecommunications در فرانسه اخذ نموده است. از سال ۱۳۶۰ تاکنون عضویت هیئت علمی دانشکده برق دانشگاه خواجه نصیر را دارا بوده و زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان سیستم‌ها و شبکه‌های مخابراتی است.

Archive of SID

www.SID.ir