

رهیافتی به فلوئی زیر شبکه در فناوری سویچینگ برچسب

نصرالله مقدم چرکری^{۱*}، محسن هوشمند سروستانی^۲

۱- استادیار بخش مهندسی کامپیوتر دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس

* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۱۵

charkari@modares.ac.ir, hoosh@modares.ac.ir

(دریافت مقاله: فروردین ۱۳۸۱، پذیرش مقاله: آبان ۱۳۸۱)

چکیده - فناوری سویچینگ برچسب روشی با کارایی بالا و انعطاف پذیر است برای ارسال بسته های لایه ۳ بر اساس اطلاعات برچسب های با طول ثابت که به جریانهای لایه ۲ نگاشت شده اند. هر مسیر یاب سویچ برچسب، به یک برچسب برای هر فلو نیاز دارد. تعداد برچسب ها به نحوه ایجاد نگاشت و دانه بندی جریانها بستگی دارد. دانه بندی می تواند بسیار نرم تا بسیار درشت باشد. دو روش عمومی و مهم در سیاست های نگاشت برچسب، روش داده گرا و روش کنترل گرا است. در این مقاله روشهای داده گرا و کنترل گرا از لحاظ معیارهای مختلف بررسی و مشکلات موجود در هر روش، از لحاظ رسیدن به کارایی و عملکرد مطلوب مطالعه شده است. یکی از مشکلات روشهای مذکور، نرخ ایجاد و حذف فلوها است که از دیدگاه مقیاس پذیری و پیاده سازی حایز اهمیت بوده و بر کارایی آنها تأثیر فراوانی دارد. نرخ ایجاد و حذف فلوها، بر کارایی روش داده گرا - بدلیل ماهیت ذاتی آن - اثر بیشتری دارد. در این مقاله با استفاده از تعریف نوعی فلوئی جدید - فلوئی زیر شبکه - روشی برای رسیدن به کارایی مطلوب در حالت داده گرا پیشنهاد شده است. نتایج حاصل از شبیه سازی، افزایش کارایی را بر اثر استفاده از فلوئی زیر شبکه تأیید می کند.

کلید واژگان: سویچینگ برچسب، سویچینگ IP، کنترل گرا، داده گرا، فلو، دانه بندی.

۱- مقدمه

موفقیت عظیم و قابل توجه اینترنت و پروتکل هسته ای آن، به گسترش شبکه های مبتنی بر IP منجر شده است. رشد نمایی استفاده از اینترنت، موجب توسعه ابعاد مختلف آن و ایجاد مسائل تکنیکی جدیدی شده است. افزایش تعداد کاربران اینترنت و پهنای باند مورد نیاز آنها، افزایش تقاضای سرویس و عملکردهای جدید کاربران بر روی ISP ها را سبب می شود. این افزایش به معنی داشتن مسیرهای بیشتری در جداول مسیریابی، افزایش فلوهای عبوری از نقاط

مختلف و افزایش سایر پارامترها خواهد بود که عموماً به ایجاد مسائل مقیاس پذیری منجر می شود [۱]. در این راستا ISP ها برای فراهم سازی پهنای باند مورد نیاز کاربران، به محصولات مسیریابی و سویچینگ با کارایی بالا نیاز خواهند داشت. شاید مهمترین پارامتر و محرک در جهت ظهور متدولوژی و راه حل های جدید، نیاز به تکامل عملکردهای مسیریابی اینترنت و شبکه های IP باشد [۱-۳].

اساساً دو ویژگی اساسی را می توان برای IP در نظر گرفت. اول اینکه ترافیک IP می تواند با مجموعه ای از فلوها

موسرر تأخیر بسرههه - به دلیل قرار گرفتن در بافرههه - به صورر نمایی افزایش می یابد. بزرگتر بودن زمان آزادسازی اتصال، کارایی را بالا می برد اما مقدار VC اسرهاده شده بسیار زیاد خواهد بود. نتایج شبیه سازی مسیریابی روی نوعی زیر ساختار ATM نشان می دهد که اثر تأخیر مسیریابی بر موسرر تأخیر بسرهههه، تا یک نقطه به صورر خطی و سپس به صورر نمایی افزایش می یابد [۸و۷].

(ب) **مدلهای همرا:** پس از ظهور مشکلات نگاشر IP و ATM، این فکر مطرح شد که آیا سوئیچهای ATM می توانند با پروتکل های دیگری (بجز پروتکل های سیگنالینگ و مسیریابی ITU و ATM) - که با ساختار معماری اینررنر سازگاری بیشتری داشته و نیاز به نگاشرهای پیچیده را از بین می برند - مورد اسرهاده قرار گیرند. لذا ایده سوئیچینگ برچسب مطرح شد. یکی از اهداف سوئیچینگ برچسب، تعریف پروتکل هایی اسر تا سوئیچ ATM را به نحوی کنرل کنند که بسرهههه های IP را بدون نیاز به سرورهای اضافی برای نگاشر بین ATM و IP ارسال کند. در این حالر سوئیچهای ATM، بسرهههه را بر اساس تعویض برچسبها ارسال می کنند اما سازوکاری که برای ایجاد جداول ارسال، اسرصاص منابع و مسیر سوئیچینگ اسرهاده می شود، همگی بر اساس پروتکل های کنرلی IP اسر. بنابراین از نظر کنرلی، سوئیچ ATM، نوعی مسیریاب IP خواهد شد و لذا نیاز به نگاشر بین ATM و IP از بین می رود [۹]. از میان روشهای پیاده سازی شده می توان به سوئیچینگ IP [۱۰]، سوئیچینگ Tag [۱۱]، ARIS [۱۲] و MPLS [۱۳] اشاره کرد.

تأخیر در زمان مسیریابی که بیشتر ناشی از افزایش تعداد بسرهههه های بافر شده اسر، می تواند به از بین رفتن بسرههههه منتهی شود. اسرهاده از IP سوئیچینگ، تأخیر

مشخص شود. همانطور که خواهیم دید این ویژگی جزو فرضهای اصلی روشهای جدید ارائه شده بوده و این روشها بر اساس این ویژگی طراحی شده اند. دوم اینکه IP دارای خواص بی اتصال^۱ و بی حالر^۲ بوده و شبکه های مبتنی بر آن، کند هستند و QOS را تضمین نمی کنند [۳و۴]. به دلیل پشتیبانی نکردن شبکه های مبتنی بر IP، از نرخ بالای ارسال و تضمین کیفیت، ATM به عنوان جایگزین مطرح شد. ATM به دلیل مزایای قابل توجهی که دارد یکی از بسترهای مناسب برای ارسال بسرهههه های IP اسر. برای حل مسأله نگاشر بین ATM و IP و کاهش فاصله موجود بین آنها، روشهای مختلفی مطرح شده که مهمترین آنها مدل های پوششی^۳ و همرا^۴ اسر [۵و۲]:

(الف) **مدلهای پوششی:** نگاشر بین IP و ATM پیچیدگی های زیادی دارد که ناشی از طراحی مجزا و جداگانه آنها اسر. از این رو گروه هایی مانند IP/ATM (IP Over ATM)، LANE و MPOA مطرح شد. این گروه ها برای نگاشرهای مورد نیاز، تعدادی از سرورهای جدید مانند MARS و ATMARP را همراه با پروتکل های مربوط به آنها طراحی کردند. از جمله مشکلات موجود آن اسر که سرورها می توانند به نقطه خرابی تبدیل شوند و بنابراین لازم اسر چندین سرور به کار برده شود که در نتیجه، مسائل سنکرون سازی نیز پیش می آید. مجموعه این موارد، به پیچیدگی زیاد سیستم ها منجر خواهد شد [۶]. در سوئیچینگ ATM سه مرحله وجود دارد: ایجاد اتصال، ارسال داده ها و آزادسازی اتصال. یکی از پارامترهای مهم هر مرحله، تأخیر ایجاد اتصال، تأخیر سوئیچینگ و تأخیر آزادسازی اتصال اسر. با افزایش زمان تأخیر ایجاد اتصال،

1. Connection Less

2. Stateless

3. Overlay

4. Peer

5. Forwarding

مهمتری است که با گذشت زمان قیمت را تحت تأثیر قرار خواهد داد [۶و۳].

۳- عملکرد: سوئیچینگ برچسب عملکردهای جدیدی را که در مسیریابی متعارف قابل دسترسی نیست، ارائه می‌کند. مثالهایی در این زمینه، پشتیبانی از مسیریابی صریح، چند بخشی و تضمین کیفیت است [۵].

۴- مقیاس پذیری: از آنجا که سوئیچینگ، برچسب مسیریابی درون حوزه‌ای^۱ را از مسیریابی بین حوزه‌ای^۲ جدا می‌سازد مقیاس‌پذیری و پایداری مسیریابی داخلی^۳ بیشتر می‌شود.

۵- تکامل پذیری: از آنجا که سوئیچینگ برچسب، کار ارسال و کنترل را از یکدیگر جدا می‌کند، توسعه و تکامل عملکردهای کنترلی به سادگی امکان پذیر می‌شود. اضافه کردن عملکردهای جدید به هیچگونه تغییری در سازوکار ارسال نیاز ندارد.

۶- مجتمع سازی IP و ATM: سوئیچینگ برچسب با حذف کردن رویه‌ها و پروتکل‌های مختلف مورد نیاز برای تفکیک آدرس، آدرس‌دهی و مدل‌های مختلف چندبخشی رزرو منابع در شبکه‌ای از سوئیچ‌های ATM، ارسال داده‌های IP را از طریق آن شبکه ساده‌تر می‌سازد [۶].

اساس کار روشهای سوئیچینگ برچسب، بر مفهوم فلو استوار می‌باشد. فلو دنباله‌ای از بسته‌های ارسال شده از یک مبدأ به یک مقصد می‌باشد. دو نوع متداول از فلوها، فلولی نوع ۱ (کاربردی-کاربرد) و نوع ۲ (میزبان-به-میزبان) است. به یک گروه از بسته‌های IP که روی یک مسیر ارسال شده و به یک روش با آنها رفتار می‌شود، کلاس هم‌ارزی

مسیریابی را ۵۰٪ کاهش می‌دهد. به‌طور کلی می‌توان گفت که مسیریابی پایین‌ترین سطح کارایی را دارد (تأخیر متوسط مسیریابی ۱۰۰، سوئیچینگ IP ۴۱ و سوئیچینگ ATM ۱۰ میکروثانیه است). ATM سوئیچینگ برای ارسال ترافیک‌های حساستر مناسب‌تر است اما نیاز به ایجاد اتصال و فضای VC زیاد دارد، و لذا استفاده از آن برای ترافیک‌های با حجم کم نامناسب است. برای ارسال ترافیک کوتاه مدت، مسیریابی بهترین کارایی را به‌دست می‌دهد. نتیجه اینکه IP سوئیچینگ یا تکنولوژی‌های مشابه آن مانند، MPLS، به‌دلیل اینکه بهترین کارایی را از نظر دستیابی به حداقل متوسط تأخیر بسته‌ها و اختصاص منابع به‌دست می‌دهند، بهترین راه‌حل به نظر می‌رسند [۱۴]. مسیریابی متعارف و سوئیچینگ برچسب را از جنبه‌های زیر می‌توان مقایسه کرد [۱۵]:

۱- پیچیدگی و سازگاری: یکی از مشکلات اصلی مسیریاب‌های متعارف، وابستگی زیاد بین ارسال و مسیریابی می‌باشد یعنی هر یک از الگوریتم‌های مسیریابی، یک الگوریتم ارسال خاص خود را دارد. یکی از ویژگی‌های مهم سوئیچینگ برچسب این است که الگوریتم‌های ارسال آن یکتا بوده و لذا نمونه‌های کنترلی جدید را می‌توان بدون هیچگونه تغییری به‌کار برد. به‌عبارت دیگر فناوری سوئیچینگ برچسب، به هیچگونه تغییری در الگوریتم ارسال نیاز ندارد [۳].

۲- قیمت و کارایی: بطور کلی می‌توان گفت که مسائل قیمت و کارایی سوئیچینگ برچسب در مقابل مسیریابی متعارف، هنوز هم جای بحث دارد. به‌طور مثال، سوئیچینگ برچسب پتانسیل کاهش قیمت را با حفظ سطح کارایی دارد. گرچه مباحثات موجود، عموماً ریشه در مسائل اقتصادی دارند نه مسائل فناورانه، اما موضوعات و مسائل دیگری مانند مقیاس‌پذیری، تکامل‌پذیری، افزایش عملکرد و مجتمع سازی - که سوئیچینگ برچسب به‌دست می‌دهد - مسائل

1. Intradomain

2. Interdomain

3. Interior Routing

۲- مدل داده‌گرا و کنترل‌گرا

LSR، مقیدسازی بین برچسب و FEC را بر اثر وقوع بعضی از رخدادها، ایجاد و یا حذف می‌کند. این رخدادها می‌توانند به وسیله بسته‌های داده یا اطلاعات کنترلی (مانند پیغام‌های پروتکل OSPF و ...) ایجاد شوند. ایجاد یا حذف یک مقیدسازی توسط بسته‌های داده، مقیدسازی داده‌گرا یا جریان‌گرا نامیده می‌شود. ایجاد یا حذف یک مقیدسازی توسط اطلاعات کنترلی مسیریابی، مقیدسازی کنترل‌گرا یا توپولوژی‌گرا نامیده می‌شود.

در روش کنترل‌گرا، برچسب‌ها بر مبنای اطلاعات موجود در پروتکل‌های مسیریابی اختصاص داده می‌شود و اتصالات مجازی، قبل از ارسال اطلاعات ترافیک ایجاد می‌شود و مقیدسازی براساس تقاضا ایجاد نمی‌شود. در مقابل، ویژگی روش داده‌گرا این است که مقیدسازی در صورتی ایجاد می‌شود که ترافیک داده‌ها بتواند از آن استفاده کند.

اگر سایر پارامترها برابر باشند، تعداد عناصر در جداول ارسال، در روش داده‌گرا کمتر از روش کنترل‌گرا است. البته میزان کاهش، به الگوی ترافیک بستگی دارد و از آنجا که الگوی ترافیک نیز به عوامل دیگری مانند نوع کاربرد بستگی دارد و بعضی از این عوامل درجه تغییر زیادی دارند، مشکل می‌توان گفت که چگونه می‌شود یک سیستم مطمئن و قابل اعتماد را - با توجه به تغییرات در الگوی ترافیک - پیاده سازی کرد طوری که بتواند از مزیت‌های موجود در این نوع مقیدسازی استفاده کند [۳۱].

در روشهای داده‌گرا، ترافیک کنترلی مورد استفاده در توزیع اطلاعات مقیدسازی، بیشتر از روش کنترل‌گرا است. از آنجا که در حالت داده‌گرا، اطلاعات مقیدسازی در صورت تغییر نگاشت بین پرش‌بعدی و FEC و تغییر در ترافیک داده، باید منتشر شوند اما در حالت کنترل‌گرا، اطلاعات مقیدسازی در صورت تغییرات در نگاشت بین

انتقال یا FEC^۱ می‌گوییم. FEC مجموعه‌ای از بسته‌های IP است که از لحاظ ارسال به صورت یکسانی اداره می‌شوند و لذا برای مقید شدن به یک برچسب، مناسبند. به منظور ایجاد مسیر سویچینگ، به نگاشت کردن یک یا تعدادی از جریانهای ارتباطی (FEC) در شبکه، به یک برچسب نیاز است. ایجاد نگاشت بین FEC و برچسب‌ها، مقیدسازی نامیده می‌شود. مقیدسازی یک برچسب به یک FEC، توسط LSRها در طول مسیر سویچینگ انجام می‌شود. جنبه‌های مختلف مقیدسازی شامل، مقیدسازی محلی و دور^۲، مقیدسازی بالادست و پایین‌دست^۳، مقیدسازی داده‌گرا و کنترل‌گرا^۴، مقیدسازی بر اساس تقاضا و بدون تقاضا می‌شود. انقیاد برچسب‌ها نقش مهمی در کارایی جنبه‌های مختلف سویچینگ برچسب دارد.

هر یک از روشهای داده‌گرا و کنترل‌گرا ویژگیها، مزایا و معایب خاص خود را دارند. کاربرد هر یک از این روشها برای حصول به حداکثر کارایی، به محیط مورد استفاده و ترافیک عبوری بستگی دارد. داشتن خط مشی و استراتژی در کاربرد هر یک از این روشها در شبکه، همواره یکی از مسائل مهم برای مدیران شبکه بوده است. در ادامه، ابتدا مدل‌های داده‌گرا و کنترل‌گرا را از دیدگاه مزیت‌ها و معایب آنها بررسی کرده و به نقش دانه‌بندی فلوها در کارایی هر یک از این دو مدل اشاره خواهیم کرد. سپس به تحلیل این دو روش پرداخته و ایده اصلی مطرح شده در این مقاله (فلوی زیر شبکه) را تشریح خواهیم کرد. نتایج شبیه‌سازی فلوی زیر شبکه نیز در ادامه ارائه شده است.

1. Forwarding Equivalent Class
2. Local and Remote Binding
3. Downstream and Upstream Binding
4. Control-Driven and Data-Driven

FEC و پرش بعدی ایجاد می‌شود [۱۶].

در روش داده‌گرا به دلیل اینکه مقیدسازی برچسب‌ها بر اثر ارسال بسته‌های اطلاعاتی حاصل می‌شود، فرض می‌شود که LSR هم از مؤلفه ارسال سویچینگ برچسب و هم از مؤلفه‌های ارسال مسیریابی متعارف پشتیبانی می‌کند. در روش کنترل‌گرا، حذف و ایجاد مقیدسازی به مسیریابی متعارف وابسته نیست، در نتیجه به پشتیبانی از مؤلفه‌های ارسال متعارف نیازی نیست. از آنجا که در روش کنترل‌گرا، انتصاب برچسب‌ها به عملیات پروتکل‌های مسیریابی، تزویج شده است، لذا دانه‌بندی برچسب‌ها می‌تواند معادل با دانه‌بندی مسیرهای اعلان شده توسط پروتکل‌های مسیریابی باشد.

از آنجا که در روش کنترل‌گرا، مقیدسازی از قبل محاسبه می‌شود و تمام بسته‌ها می‌توانند از طریق این مؤلفه ارسال شوند، اگر کارایی مؤلفه ارسال مسیریابی متعارف، کمتر از کارایی مؤلفه ارسال سویچینگ برچسب باشد، آنگاه کل کارایی در روش داده‌گرا، در مقایسه با روش کنترل‌گرا کمتر است [۱۶و۳].

در مجموع می‌توان گفت که روش داده‌گرا کل رفتار

سیستم را - به دلیل اینکه عملیات مؤلفه کنترل، توسط ترکیبی از داده‌های ترافیک و داده‌های کنترلی، کنترل می‌شود - از روش کنترل‌گرا - که در آن عملیات مؤلفه کنترل فقط توسط ترافیک‌های کنترلی کنترل می‌شود - پیچیده‌تر می‌سازد. تعداد برچسب‌ها به سه پارامتر نحوه ایجاد نگاشت، دانه‌بندی جریان‌ها و مقیاس شبکه بستگی دارد [۱۶]. دانه‌بندی جریان‌ها مهمترین بخش از موارد فوق است که می‌تواند حالات مختلفی - از بسیار نرم تا بسیار درشت - را در برگیرد.

همانطور که گفته شد هر یک از روشهای ارائه شده مزایا و معایب خاص خود را دارد. جدول ۱ مقایسه این دو روش را نشان می‌دهد. انتخاب یکی از این روشها در شبکه، همواره یکی از مسایل مهم برای مدیران شبکه است. اما مهمترین موضوعی که در روشهای داده‌گرا و بویژه در روشهای کنترل‌گرا وجود دارد، موضوع مقیاس‌پذیری و انبوه‌سازی مسیرها است که در ادامه بررسی می‌شود. انبوه‌سازی مسیرها و شدت تغییرات در توپولوژی، دو عاملی است که کارایی روش کنترل‌گرا و داده‌گرا را کاهش می‌دهند. این موضوع در IPv6 به مراتب مهمتر است [۱۷].

جدول ۱ مقایسه روشهای داده‌گرا و کنترل‌گرا

روش داده‌گرا	روش کنترل‌گرا
ایجاد مسیر سویچینگ بر اساس تقاضا اختصاص کیفیت سرویس منحصر بفرد سویچینگ برچسب درون حوزه‌های مسیریابی پشتیبانی از انبوه‌سازی مسیرها و مقیاس‌پذیری بهتر عدم نیاز به سوئیچ کردن همه فلوها (حفظ منابع)	ایجاد مسیر سویچینگ بر اساس سیاست‌های مدیریتی ارسال تمامی بسته‌ها روی مسیر سویچینگ تناسب تعداد مسیرهای سویچینگ با مسیرها و ابعاد شبکه سربار پردازشی کمتر مسیرهای میانبر دائمی است
تعداد برچسب زیاد تأخیر در ایجاد مسیر سویچینگ ارسال تعدادی از بسته‌ها بر اساس ارسال متعارف ترافیک کنترلی بیشتر نداشتن معیار واحد برای دسته‌بندی	تا رسیدن به حالت همگرا موجب ایجاد حلقه‌های گذرا می‌شود اشتراک منابع مسیریابی در مرز دامنه‌ها ایجاد مش‌های کامل ایجاد همزمان LSPها احتیاج به مدیریت دو پروتکل
مزایا	معایب

جدول ۲ مدت عمر فلوهای مختلف [۹]

Session	# of session		traffic volume	Average life-time
	Ave.	Max.		
Web	130	161	13.41 %	324.73 sec.
telnet	16	22	0.43 %	1131.90 sec.
ftp	100	144	32.91 %	407.28 sec.
nnntp	130	139	39.94 %	1058.33 sec.
Total	276	430	86.69 %	481.05 sec.

یکی از مشکلاتی که روش داده‌گرا برای استفاده در ستون فقرات دارد، استفاده زیاد از منابع برچسب است. به‌عنوان مثال ۶۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰ فلو در ستون فقرات ایالات متحد و ۲۰۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ در ژاپن وجود دارد. به‌دلیل اینکه تعداد مسیر سوئیچینگ زیادی مورد نیاز است و نرخ ایجاد آنها بالا است، سربرار زیادی را می‌تواند به شبکه اعمال کند. اگر بتوان این مشکل را حل کرد، آنگاه می‌توان گفت که این روش، نسبت به روش توپولوژی‌گرا - به دلیل اشکالات ذاتی که دارد - برتری دارد [۱۶].

در اینجا سؤالی مطرح می‌شود: آیا الزامی دارد که با توجه به حجم بالای جداول مسیریابی، حدود ۵۰۰۰۰ مولفه در هر مسیریاب، به همه مسیرها در مسیریابهای ستون فقرات برچسب اختصاص داده شود؟ به‌عنوان نمونه اطلاعات به‌دست آمده از [۱۸] نشان می‌دهد که از ۵۰۰۰۰ مدخل در جدول مسیریابی در یک بازه زمانی ۴ روزه، فقط به حدود ۱۵٪ آنها ارجاع شده و بقیه بدون استفاده باقی مانده‌اند (جدول ۳).

جدول ۳ تعداد و درصد مدخل‌های مسیریابی در سیستم‌های

خودمختار

	Intra-AS	Inter-AS	Total
Routing entries	2,518	48,385	50,903
Referred entries	106	7,530	7,636
Referred ratio	4.2 %	15.6 %	15.0 %

به‌طور کلی می‌توان گفت که اگر بتوان نرخ ایجاد

۳- تجزیه و تحلیل روشهای داده‌گرا و کنترل‌گرا

کارایی سوئیچینگ IP به عوامل و پارامترهای مختلفی بستگی دارد. اضافه کردن سوئیچ ATM ظرفیت ترافیک نرم‌افزاری مسیریابی - تعداد بسته‌های پردازش شده در واحد زمان - را به ۲/۵ برابر افزایش می‌دهد. حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد بسته‌های فلوئی نوع دو-میزبان به میزبان - از سوئیچینگ IP بهره می‌برند [۸]. بدست آوردن پارامترهای مهم، به طراحان سوئیچ و مدیران شبکه اجازه می‌دهد که بتوانند به حداکثر کارایی ممکن نزدیک شوند.

یکی از مزیت‌های روش داده‌گرا این است که چون سیاست‌ها - یعنی خط مشی ایجاد مسیرهای میانبر به صورت محلی مشخص می‌شوند، سیاست‌های جدید راحت‌تر می‌توانند در شبکه پیاده‌سازی شوند. البته مشکلی که وجود دارد این است که یک سیاست ممکن است در زمان دیگری کار نکند. مزیت دیگر این روش، حساسیت کم نسبت به نرخ تغییرات در توپولوژی شبکه است. در این روش رسیدن به بیشینه نرخ بسته‌های سوئیچ شده، به نوع ترافیک و حجم آن بستگی دارد [۱۶].

در مقابل، روش توپولوژی‌گرا نسبت به نرخ تغییرات در شبکه بسیار حساس‌تر است. با توجه به اینکه نرخ تغییرات در اینترنت نسبتاً بالا است، ۱۰۰ تا ۲۰۰ بروزآوری در ثانیه، این امر نیز بر کارایی روش کنترل‌گرا بیشتر از روش داده‌گرا اثر می‌گذارد.

در شبکه LAN روش داده‌گرا بهتر عمل می‌کند. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌کنید، حدود ۸۶٪ از بسته‌ها به پروتکل‌های HTTP، NNTP، Telnet و FTP تعلق دارند که دارای عمر طولانی بوده و تعداد آنها زیاد نیست، لذا برای سوئیچینگ مناسب هستند [۱۸].

مسیرهای سویچینگ را کاهش داد، روش داده‌گرا مناسب‌تر است. روش کنترل‌گرا در حالتی برتری دارد که بخش بسیار بزرگی از مسیرها به‌طور متناوب ارجاع شوند.

۳-۱- تعریف فلوی زیر شبکه در روش داده‌گرا

استفاده از این دو نوع فلوی متداول (نوع ۲، ۱) در ستون فقرات، به دلیل ماهیت آنها، به تولید نرخ بالای ایجاد مسیرهای سویچینگ لایه ۲ منجر شده و سرشار پردازشی قابل توجهی را به سیستم اعمال می‌کند. یکی از مشکلات روش داده‌گرا بر اساس فلوی نوع ۱، ایجاد یک مسیر برای هر فلو است. با درشت‌کردن دانه‌بندی فلوها و کلاس‌های هم‌ارزی انتقال، نرخ ایجاد و حذف فلوها را - که اصلی‌ترین عامل در کارایی روش داده‌گرا است - می‌توان به مقدار قابل قبولی کاهش داد. یکی از روشهای افزایش سطح دانه‌بندی، انبوه‌سازی مسیرها در جداول ارسال است. اگر بتوان دانه‌بندی فلوها را افزایش داد، آنگاه نرخ ایجاد اتصالات کاهش خواهد یافت. با توجه به موارد ذکر شده، فلوی زیر شبکه را به‌صورت زیر تعریف می‌کنیم:

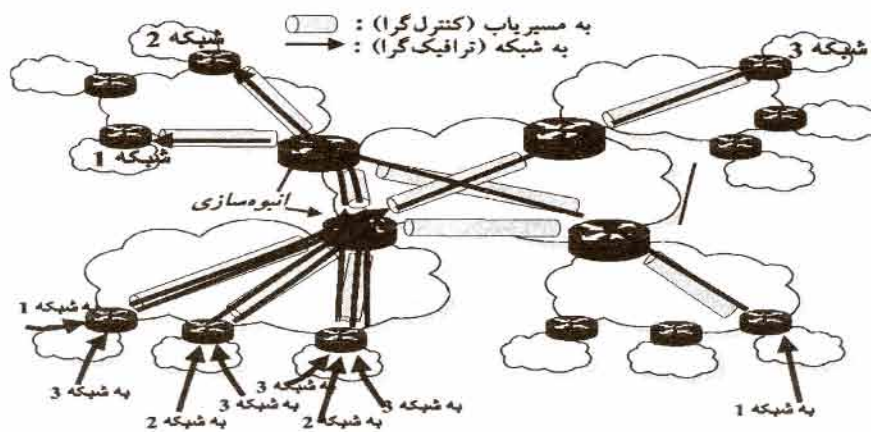
فلوی زیر شبکه: این فلو را آدرس‌های زیر شبکه مبدا و مقصد تولید می‌کنند و ترافیک تعدادی از میزبان‌ها به یک فلوی واحد را انبوه می‌سازد (شکل ۱). با استفاده از آدرس‌دهی سلسله‌مراتبی همراه با CIDR، سطح انبوه‌سازی می‌تواند توسط انتخاب طول پیشوند شبکه انتخاب شود.

انبوه‌سازی مسیرها علاوه بر بالا بردن مقیاس‌پذیری، موجب کاهش آثار نامطلوب تغییرات مسیریابی می‌شود. این موضوع ناشی از آن است که انبوه‌سازی، جزئیات توپولوژی را پنهان کرده و لذا تغییرات مسیریابی محلی - که ناشی از تغییر در توپولوژی محلی است - به ستون فقرات شبکه ارسال نمی‌شود [۱۷]. با تعریف فلوی زیر شبکه، سعی بر آن است که دو هدف تأمین شود: ۱- انبوه‌سازی مسیرها (افزایش مقیاس‌پذیری) ۲- کاهش نرخ ایجاد مسیرهای

سویچینگ (افزایش کارایی). انبوه‌سازی مسیرها برخلاف روش داده‌گرا، بر کارایی روش کنترل‌گرا اثر قابل توجهی دارد. کاهش کارایی ناشی از نیاز به مسیریابی در نقاط پراکنده سازی بوده و یک مسیر سویچینگ از مبدأ به مقصد نمی‌تواند ایجاد شود.

همانطور که گفته شد در اینجا با ایجاد انبوه‌سازی در مسیریاب‌های مرزی و مرکزی، سعی می‌شود که تعداد مسیرها به‌نحوی کاهش یابد که نرخ ایجاد LSPها نیز کم شود. به‌عنوان مثال هر ۱۰ کلاس C در مراکز مختلف می‌توانند با استفاده از CIDR به یک مسیر مجتمع شوند که این موجب می‌شود نرخ ایجاد اتصالات نیز به نسبت ۱/۱۰ کاهش یابد. با انبوه‌سازی مسیرها، ضریب استفاده مجدد از مسیر داده‌گرایی که قبلاً ایجاد شده، افزایش می‌یابد و بنابراین نرخ ایجاد و حذف LSPها به‌مراتب کاهش می‌یابد. به‌طور مثال زیر شبکه‌هایی که در پشت شبکه ۳ قرار دارند، از نظر مسیریاب مرزی در شبکه ۲، به‌عنوان یک شبکه دیده می‌شوند و لذا مسیریاب مرزی در زیر شبکه‌های شبکه ۲، می‌تواند یک مسیر سویچینگ را بر اساس فلوی زیر شبکه به مسیریاب‌های مرزی در زیر شبکه‌های شبکه ۳ ایجاد کند. لازم است ذکر شود که عدد ۱۰ تقریبی بوده و بدین صورت محاسبه شده که سه کلاس C در جداول مسیریابی به صورت یک پیشوند شبکه ذخیره شوند (این عدد بر اساس توپولوژی شبکه مورد نظر در شبیه‌سازی به‌دست آمده است). اصولاً پیشوندهای شبکه در CIDR به صورت توانی از ۲ ذخیره می‌شوند. در اینجا فرض بر این بوده که هر سه کلاس C در این شبکه به صورت یک شبکه دیده شود (حدود ۱۰٪ فشردگی). این فرض به دلیل کم بودن عدد مورد نظر قابل قبول بوده و می‌توان با در نظر گرفتن نوع و توپولوژی هر شبکه‌ای آن را عوض کرد. البته در انتخاب مقدار مذکور باید به این نکته توجه کرد که هر چه زیر شبکه‌ها بزرگتر در نظر گرفته شوند و

فلوی زیر شبکه ترکیب کنترل گرا و داده گرا



شکل ۱ روش داده گرا و تعریف فلوی زیر شبکه مقصد: در این حالت معیار ایجاد نگاشت فلوی ارتباطی بین زیر شبکه ها است، مانند زیر شبکه ۱ به زیر شبکه ۳

مقیاس پذیری و افزایش کارایی است، لذا نتایج آنها در اینجا ذکر نشده و در مقالات بعدی ارائه خواهد شد.

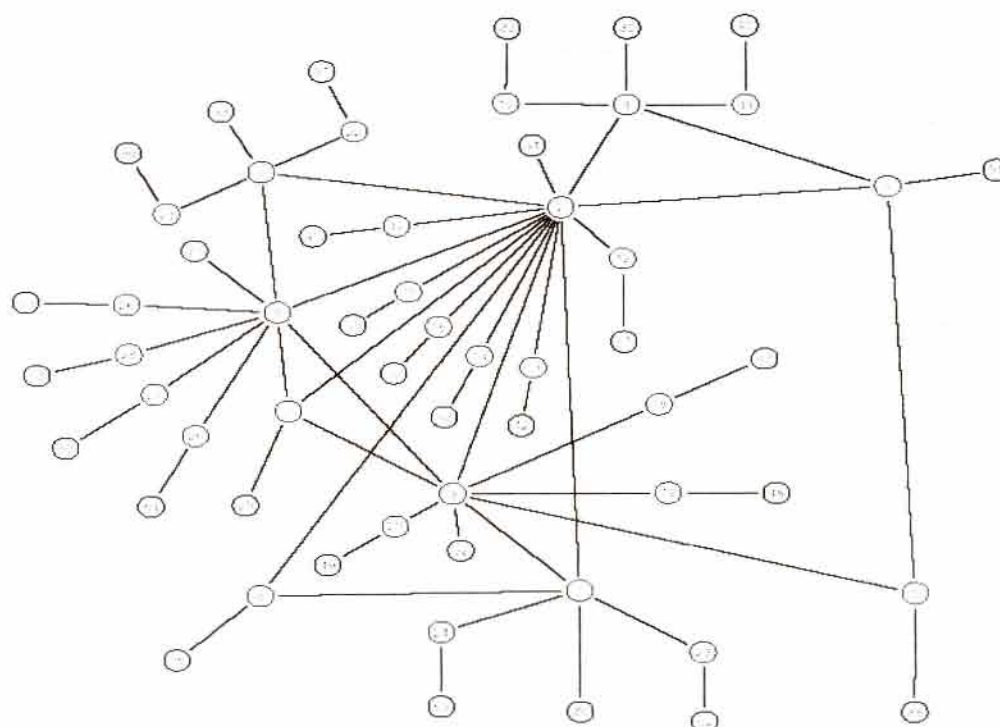
مهمترین پارامتر در این دو روش، تعداد فلوها و نرخ ایجاد و حذف آنها است، لذا نتایج شبیه سازی بر اساس این دو پارامتر ارائه شده است. شبیه سازی های انجام شده با نرم افزار NS-2 و [۱۴] MNS تحت لینوکس^۱ و بر اساس افزایش دو پارامتر بار شبکه و تعداد فلوها انجام شده است. شبیه ساز MNS از مدل های مختلف MPLS و پروتکل [۲۰] LDP پشتیبانی می کند. در شکل های زیر کارایی شبکه در مدل های مختلف داده گرا و کنترل گرا، بالادست و پایین دست، ترتیبی و مستقل نشان داده شده است. نتایج برای فلوی ۲۰۰۰۰، ۱۰۰۰۰۰، ۲۵۰۰۰۰ نشان داده شده است. در شکل ۳ نتایج شبیه سازی در روش کنترل گرا نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، کارایی شبکه با افزایش فلوها کاهش پیدا می کند. اگر نرخ تغییرات نیز اعمال شود اثر افزایش فلوها بر کارایی به مراتب بیشتر خواهد بود.

تعداد عناصر تشکیل دهنده هر پیشوند CIDR بیشتر شود، آنگاه در حالت داده گرا مشکل فوق نیز وجود خواهد داشت. باید دقت کرد که در حالت داده گرا نیز - اگر فلوی تعریف شده بر اساس شبکه مقصد باشد - در نقاط Deaggregation به مسیریابی نیاز است و از این لحاظ تفاوت زیادی با حالت کنترل گرا ندارد. به این ترتیب سعی بر این بوده است که بین دو پارامتر فشرده سازی جداول برای افزایش کارایی و مقیاس پذیری با نسبت بسته های مسیریابی شده در نقاط Deaggregation یک توازن مناسب حاصل شود. با استفاده از نتایج به دست آمده، عدد ۳ به عنوان مقدار پیشنهادی در نظر گرفته شده است. در نتیجه هر ۸ مسیر، ۳ به شبکه های مقصد به صورت یک مدخل ذخیره می شوند که با تقریب ۱۰٪ حساب شده اند.

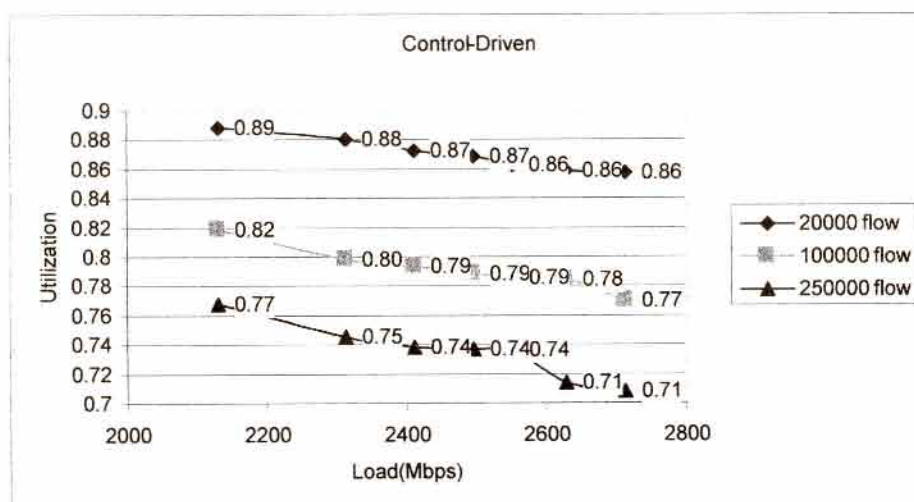
۴- شبیه سازی

توپولوژی شبکه مورد نظر که در شبیه سازی فلوی زیر شبکه استفاده شده در شکل ۲ آمده است. گرچه پارامترهای زیادی مانند کنترل ازدحام، نوع ترافیک (VBR، ABR و...)، QoS و غیره وجود دارند که در شبیه سازی مورد استفاده قرار گرفته اند اما به دلیل اینکه تأکید این مقاله بر

1. Linux



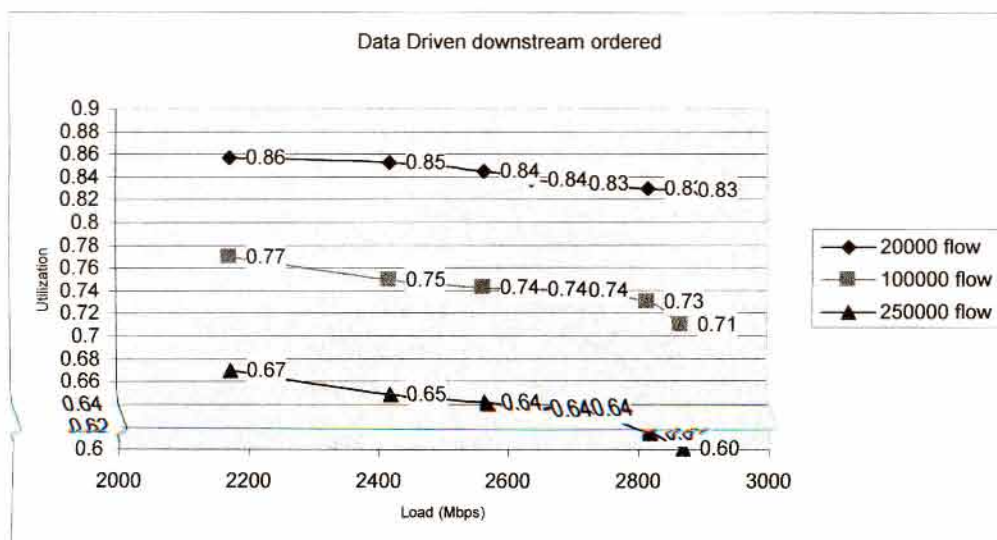
شکل ۲: توپولوژی شبکه مورد استفاده در شبیه‌سازی



شکل ۳: بازدهی روش کنترل‌گرا در فلوهای مختلف

می‌شود، کارایی روش داده‌گرا در مقایسه با کارایی روش کنترل‌گرا کاهش قابل توجهی دارد. با افزایش تعداد فلوها کاهش کارایی بیشتر خواهد بود. کارایی روش داده‌گرا بر اساس مدل ترتیبی، از مدل‌های دیگر پایین‌تر است.

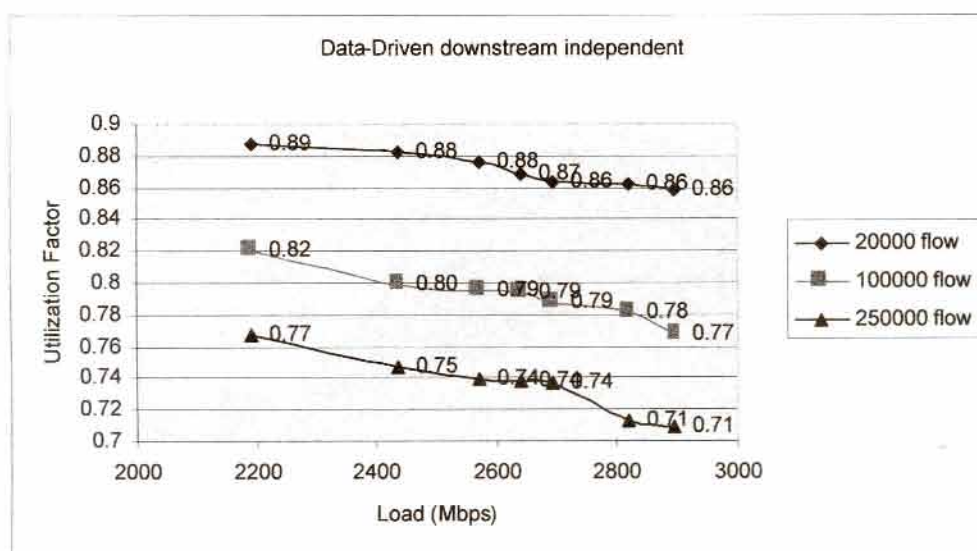
در روش داده‌گرا، آستانه ایجاد مسیر سویچینگ ۱ است. حالتی که در ابتدا در نظر گرفته می‌شود، سویچینگ بر اساس آدرس مقصدگره مورد نظر است و فلوئی مورد استفاده از نوع میزبان-به-میزبان است. همانطور که مشاهده



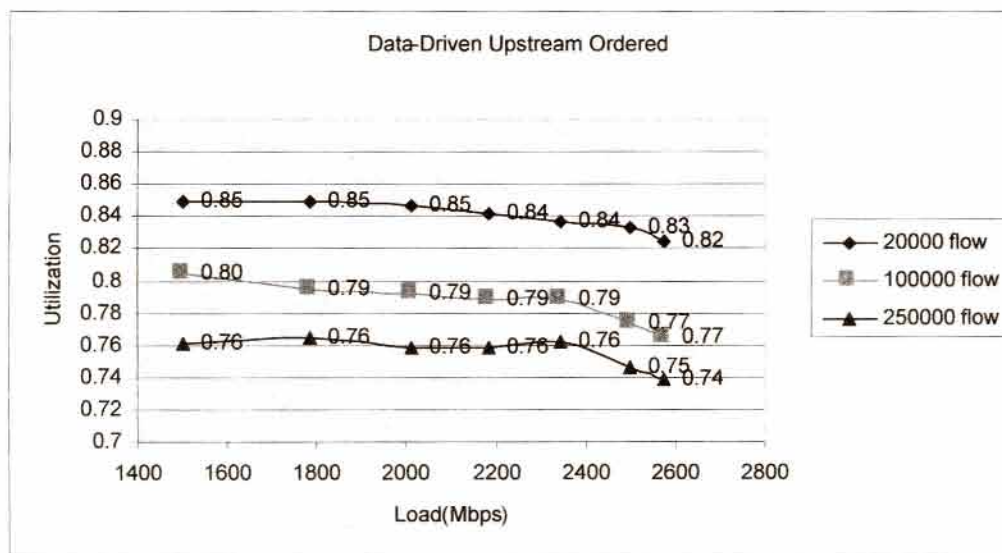
شكل ٤ بازدهى روش داده‌گرا در فلوهاى مختلف بر اساس فلوى نوع ١

استفاده از آدرس‌دهى سلسله مراتبى و CIDR مى‌توان سطح انبوه‌سازى را با انتخاب طول پيشوند شبكه كنترل كرد. با فرض اينكه شبكه فوق تحت يك AS اداره مى‌شود، مى‌توان با استفاده از CIDR تعداد فلوها را به ميزان مطلوب كم كرد. نمودارهاى ٥ تا ٧ تغييرات بازدهى را نشان مى‌دهد.

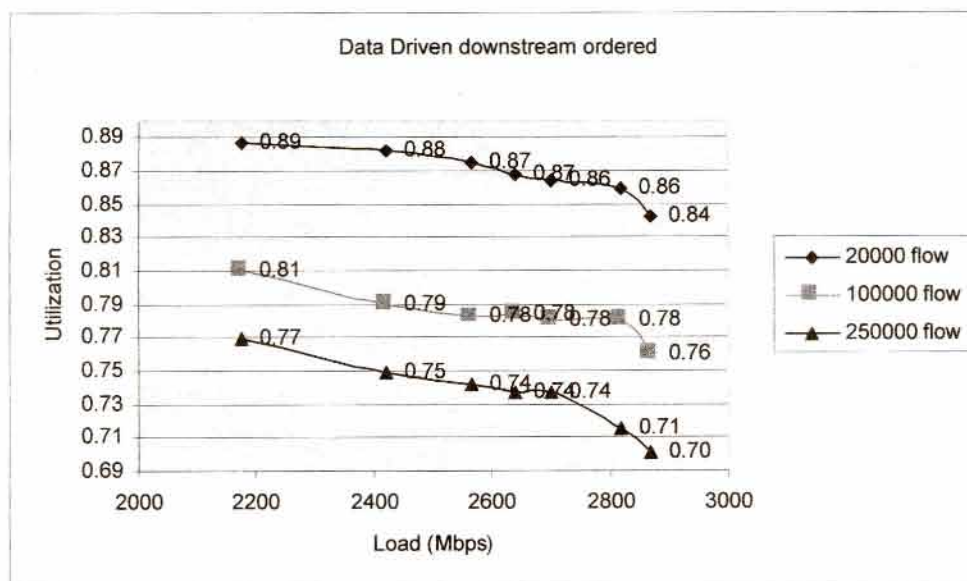
با توجه به موارد ذكر شده در بخش قبل فلوى بين زيرشبكه‌ها به عنوان فلوى مورد نظر تعريف شد. اين فلو مى‌تواند ترافيك تعدادى از ميزبان‌ها را به يك فلو انبوه كند. به‌عنوان نمونه تمام بسته‌هاى ارسالى از زير شبكه‌هاى ٥٢ به زير شبكه‌هاى ٣٠ بر روى يك LSP فرستاده مى‌شوند. با



شكل ٥ بازدهى روش داده‌گرا پايين دست بر اساس تقاضا در فلوهاى مختلف بر اساس فلوى زيرشبكه مقصد



شکل ۶ بازدهی روش داده‌گرا بالادست ترتیبی در فلولهای مختلف بر اساس فلولی زیر شبکه مقصد



شکل ۷ بازدهی روش داده‌گرا پایین دست ترتیبی در فلولهای مختلف بر اساس فلولی زیر شبکه مقصد

آدرس‌دهی سلسله مراتبی و اتبوه‌سازی مورد نظر وجود نداشته باشد، از راه‌حل پیشنهادی اساک^۱ می‌توان استفاده کرد.

همانطور که مشاهده می‌شود اگر حد آستانه برای روش داده‌گرا ۱ در نظر گرفته شود و استراتژی ایجاد فلولها بر اساس شبکه مقصد و نه بر اساس میزبان باشد، آنگاه کارایی روش داده‌گرا و کنترل‌گرا بسیار نزدیک به یکدیگر خواهد بود و در این حالت به دلیل مقیاس‌پذیری بهتر، استفاده از روش داده‌گرا ارجح خواهد بود. واضح است که اگر امکان

1. Esaki

۵- نتیجه گیری

در این مقاله ضمن بررسی مدل‌های مهم سویچینگ برچسب، یک فلوی جدید به منظور افزایش کارایی و مقیاس پذیری تعریف شد و اثر فلوی «زیرشبکه» در کارایی و مقیاس پذیری روش‌های داده‌گرا و کنترل‌گرا با استفاده از شبیه‌سازی نشان داده شد. هر یک از مدل‌های سویچینگ برچسب، مزایا و معایب خاص خود را دارد. معیار استفاده از هر یک از این روشها به نوع توپولوژی، منابع سویچینگ، سیاست‌های مدیریتی و پارامترهای مختلف دیگر بستگی دارد. یکی از مسائلی که اکنون حائز اهمیت است مقیاس پذیری می‌باشد. روش داده‌گرا از روش کنترل‌گرا مقیاس پذیرتر است اما اگر نرخ ایجاد فلوها بالا باشد آنگاه ضمن اینکه بر کارایی شبکه و افزایش تأخیر اثر منفی می‌گذارد، به منابع سویچینگ بیشتری نیاز نیز دارد. اما نقطه مثبت این روش، قابلیت انبوه‌سازی مسیرها است که به افزایش مقیاس پذیری منجر می‌شود.

با استفاده از تعریف یک فلوی جدید - که بر جریانهای ارتباطی بین زیرشبکه‌ها مبتنی است - نرخ ایجاد مسیرهای سویچینگ و استفاده از فضای برچسب را به میزان مطلوب کاهش داد. در این کاهش، باید تعادل بین کاهش نرخ و میزان بسته‌های مسیریابی شده رعایت شود. یکی از معیارهایی که در این مورد می‌تواند مد نظر قرار گیرد، سطح آدرس‌دهی سلسله‌مراتبی است. به دلیل اینکه اکنون در مرز ورودی بیشتر ارائه دهندگان خدمات اینترنت، پردازش لایه ۳ امری غیر قابل اجتناب است، لذا این معیار می‌تواند پارامتر مناسبی برای درجه انبوه سازی فلوهای زیرشبکه‌ها باشد. در شبیه‌سازی انجام شده، از بالاترین سطح مسیریابی به ۳ سطح پایین‌تر، انبوه‌سازی جریان‌ها انجام شده است. بدین ترتیب حدود ۱۰٪ انبوه‌سازی مسیر در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار مذکور برای این شبکه مناسب است. این مقدار یکی از پارامترهای روش پیشنهادی

بوده و توسط مدیران شبکه انتخاب می‌شود. با توجه به این مقدار، کارایی روش داده‌گرا تا حد ۱۰٪ افزایش و به حد کارایی روش کنترل‌گرا رسیده است. علاوه بر افزایش کارایی، درصد ارجاع به جداول مسیریابی نیز از حدود ۱۵٪ به بالاتر از ۷۰٪ خواهد رسید که نشان‌دهنده افزایش مقیاس‌پذیری خواهد بود.

به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در جاهایی که فلوها به اندازه کافی جریان داشته و تعداد آنها کم باشد، یا قابلیت انبوه‌سازی مسیرها در سطح زیر شبکه را داشته باشیم، روش داده‌گرا ارجح خواهد بود اما در مواردی که تعداد فلوها زیاد و درصد ارجاع به جداول مسیریابی نیز بالا باشد، آنگاه در صورت کم بودن شدت تغییرات در توپولوژی، روش کنترل‌گرا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. کارایی روش کنترل‌گرا به توپولوژی وابسته است و برخلاف روش داده‌گرا به‌طور کلی نمی‌تواند تجزیه و تحلیل شود. از آنجا که مسائل فوق در IPv6 نیز حائز اهمیت است، به‌عنوان کارهای آتی می‌توان روش فوق را برای IPv6 نیز مورد بررسی قرار داد.

۶- منابع

- [1] Bruce, Davie; Yakov, Rekhter; *MPLS: Technology and Applications*; Morgan Kaufman Networking Series; May 2000.
- [2] Christopher, Metz; *IP Switching Protocols and Architectures*; Mc-Graw Hill; 1999.
- [3] Bruce, Davie; Paul, Doolan; Rekhter, Y.; *Switching in IP Network*; Morgan Kaufman Networking Series; 1998.
- [4] Xipeng, Xiao; Ni, L. M.; "Internet QOS: A Big Picture;" *IEEE Network*; Vol. 13, Issue 2; March - April 1999; pp. 8-18.
- [5] Tony, Li; "MPLS and the Evolving Internet Architecture;" *IEEE Communication Magazine*; December 1999.
- [6] Sun-Moo, Kong; Yong Il, Choi; Byeong-Nam, Yoon; "IP/ ATM Integration: Issues, Activities, and Suggestions;" *Internet Workshop*; IWS 99; 1999; pp. 1-4.

- 2nd International Conference on ATM; ICATM 99; 1999.
- [15] Paul Patrick; "ATM switching and IP Routing Integration: The Next stage in Internet Evolution;" *IEEE Communications Magazine*; April 1998.
- [16] Xipeng Xiao; Lionel M. Ni; Vibhavas Vuppala; "A Comprehensive Comparison of IP Switching and Tag Switching;" International Conference on parallel and Distributed systems, Seoul, Korea, 1997.
- [17] Paul, Boustead; Scott, Barnett; Joe, Chicharo; Gray, Anido; "Label Switching and IP Version 6;" *Proc. of 7th International Conference Computer Communications and Networks*; 1998; pp. 561-565.
- [18] H., Esaki; "Evaluation of Flow Aggregated Traffic Driven Label Mapping Policy in MPLS System;" Tech. Rep., UUNET IW-MPLS, 98.
- [19] Gaeil, Ahn; Woojik, Chun; "Design and Implementation of MPLS Network Simulator Supporting LDP & CR-LDP;" *IEEE International Conference on Networks*, ICON 2000, pp. 431-435, 2000.
- [20] L., Anderson; P., Dollan; N., Feldman; "Label Distribution Protocol;" IETF Draft, Draft-Mpls-Ldp-06.txt; Aug. 1999.
- [7] Marcelo Zanoni Santos; Luis, Gustavo G. Kiatake; Frank Meylan; Sergio Takeo Koufaji; Jean Pierre Courtiat; "Simulation and Analysis of IP/ATM Switching and Routing;" *IEEE Communication Magazine*; June 1999.
- [8] Steven Lin; Nick Mckeown; "A Simulation study of IP Switching;" *Proc. ACM SigComm*; Cannes, France, Sep. 1997.
- [9] Peter Newman; Greg Minshall; Tom Lyon; "IP Switching: ATM Under IP;" *IEEE/ACM Transactions on Networking*; April 1998.
- [10] P. Newman; W. Edwards; et al.; "Ipsilon & General Switch Management Protocol Specification Version 1.01;" RFC 1987, 1996.
- [11] Rekhter, R. B.; Davie, D.; Katz, E.; Rosen, G.; "Swallow. Cisco Systems, Tag Switching Architecture Overview;" RFC 2105; Feb. 1997.
- [12] A. Viswanathan; "ARIS: Aggregate Route-Based IP Switching;" Internet Engineering Task Force, Internet Draft-Viswanathan-Aris-Overview-00.txt; Mar. 1997.
- [13] E., Rosen; A., Wiswanathan; R., Callo; "MultiProtocol Label Switching Architecture;" RFC 3031; Jan. 2001.
- [14] J., Zheng; V. O. K., Li; "Performance Modeling and Analysis of IP Switching;"