مطالعات علوم کاربردی در مهندسی

ISSN: ۲۴۷۶-۴۵۰۷

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

www.irijournals.com

صفحات ۳۶- ۴۷

بررسی نقش و اثرات همتاسازی بین شبکه‌ها در مراکز تبادل ترافیک اینترنتی

بهروز عباس‌زاده [۱]، خدیجه فضائلی [۲]

[۱] کارشناسی ارشد ICT با گرایش امن، معاون اداره کل مدیریت یکپارچه شبکه ملی اطلاعات، سازمان فناوری اطلاعات ایران، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

[۲]کارشناسی ارشد مخابرات با گرایش سیستم، کارشناس اداره کل مدیریت یکپارچه شبکه ملی اطلاعات، سازمان فناوری اطلاعات ایران، وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

چکیده

مراکز تبادل ترافیک اینترنتی (IXP) در توسعه اینترنت نقش حیاتی ایفا می‌کنند بطوریکه در بسیاری از کشورها، اکثر شرکت‌های ارائه‌دهنده و تأمین‌کننده‌ی سرویس اینترنت (ISP) و تولید کنندگان محتوا برای مبادله ترافیک اینترنتی بین مشترکین خود از از زیرساخت‌های این مراکز استفاده می‌کنند. در کشور ایران تا کنون چهار مرکز تبادل ترافیک شبکه ملی اطلاعات در کلان شهرهای تهران، تبریز، شیراز و مشهد راه‌اندازی شده و در حال بهره برداری است.

هر چند که ایجاد این مراکز در داخل کشور هزینه‌بر است ولی مزایای بسیاری برای کاربران و مشتریان اینترنت دارد که در این مقاله به آن‌ها اشاره می‌کنیم، همچنین مزایای برقراری همتاسازی (Peering) بین شبکه‌ها در مراکز IXP با استفاده از آزمایش‌های دقیق علمی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که همتاسازی در این مراکز، کارایی و بهره‌وری ترافیک IP را افزایش داده و در نتیجه کیفیت سرویس را بهبود می‌بخشد. با ایجاد این مراکز در داخل کشور، گردش ترافیک داده به شبکه‌ی داخل کشور محدود شده و مانع خروج ترافیک داده‌های غیر ضروری از درگاه‌های بین‌المللی می‌شود، از این‌رو در حفظ امنیت اطلاعات حیاتی و حساس کشور نقش مؤثری ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مراکز تبادل ترافیک اینترنتی (IXP)، همتاسازی (Peering)، تأمین‌کننده‌ی سرویس اینترنت (ISP)، کارایی، کیفیت سرویس، بهره‌وری ترافیک IP ، امنیت ترافیک داده.

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

۱- مقدمه

مراکز تبادل ترافیک اینترنتی[1] (IXP)، زیرساخت‌های فیزیکی هستند که تأمین‌کنندگان سرویس اینترنت (ISP[2]) با اتصال به آنها براحتی می‌توانند ترافیک اینترنت را بین شبکه‌های سرویس‌گیرنده‌ی خود مبادله کرده و ضمن ارتقای کیفیت سرویس‌های مختلف خود باعث کاهش هزینه‌ها و مدیریت هر چه بهتر توزیع محتوای داخلی شوند http://tehran-ix.ir/fa/about()).

مرکز IXP شامل یک سوئیچ اترنت (یا مجموعه‌ای از سوئیچ‌های اترنت) در یک مکان مشترک است و تمام شبکه‌هایی که در این مکان همتاسازی[3] می‌شوند به این سوئیچ متصل می‌شوند. یک شبکه با اتصال به مرکز IXP می‌تواند با بسیاری از شبکه‌ها همتا شود و با آنها ترافیک مبادله کند، بدون آنکه لازم باشد بین این شبکه‌ها کابل کشی (اتصال فیزیکی) انجام شود. برای انجام همتاسازی بین شبکه‌ها، لازم است تمام شبکه‌ها به مرکز IXP متصل گردند که این‌کار یا از طریق نصب یک مسیریاب در ساختمان این مرکز انجام می‌گردد یا توسط مدار مترو اترنتی است که با تجهیزات متصل به سوئیچ IXP ارتباط برقرار می‌کنند. هر سازمان یا شرکتی که برای شبکه‌ی خود از اپراتور تبادل ترافیک درخواست همتاسازی می‌کند، می‌بایست هزینه‌های لازم را بپردازد که شامل هزینه‌ی اتصال به پورت سوئیچ و هزینه‌های مربوط به تخصیص فضا در ساختمان مرکز IXP و هزینه‌های مربوط به مبادله ترافیک توسط فراهم‌کننده‌ی مترو اترنت است (http://www.netnod.se/ix/what-is-peering).

از جمله مزایای ایجاد IXP می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: امکان نظارت بر ترافیک بین اپراتورها، اعمال مدیریت و سیاست‌های لازم، اتصال مستقیم اپراتورها به یکدیگر، افزایش کیفیت و سرعت دسترسی بین آنها، ایجاد امنیت بیشتر برای شبکه توزیع محتوای داخل کشور، ایجاد بستر مناسب برای میزبانی و توزیع محتوای پربیننده خارجی، امکان ارایه سرویس‌هایی نظیر Cache Server، آموزش مجازی، تلفن اینترنتی و غیره، فراهم نمودن امکان ارایه محتوای داخلی و کاهش تقاضا جهت سرویس اینترنت و در نتیجه استفاده بهینه از پهنای‌باند بین‌الملل (http://tehran-ix.ir/fa/about).

با ایجاد مراکز (IXP) در نقاط مختلف کشور و مدیریت ترافیک داخلی در این مراکز، دیگر نیازی به عبور ترافیک داخلی از شبکه‌های ISP خارجی نبوده و گردش ترافیک دیتا به شبکه داخلی محدود می‌شود، در نتیجه ظرفیت قابل توجهی از ظرفیت پهنای باند بین‌المللی آزاد می‌گردد. علاوه بر این؛ ایجاد این مراکز باعث جلوگیری از خروج ترافیک دیتای داخلی کشور از درگاه‌های بین‌المللی شده و افزایش ضریب ایمنی و کیفیت سرویس را در جریان ارتباطات به همراه خواهد داشت (http://tehran-ix.ir/fa/about).

شرکت ارتباطات زیرساخت ایران نیز در ابتدای سال ۹۵ اقدام به راه اندازی مراکز تبادل ترافیک شبکه ملی اطلاعات در چهار کلان شهر تهران، تبریز، شیراز و مشهد نموده که در حال بهره برداری است. این شرکت از کلیه تأمین‌کنندگان سرویس اینترنت، موبایل و تولید کنندگان محتوا دعوت کرده تا با حضور در این مراکز و برقراری همتاسازی با یکدیگر به بالا رفتن سطح کیفی خدمات ارتباطی کمک کنند و هزینه تمام شده برای کاربر نهایی برای رسیدن به محتوای داخلی را به حداقل رسانند (http://tehran-ix.ir/fa/about) .

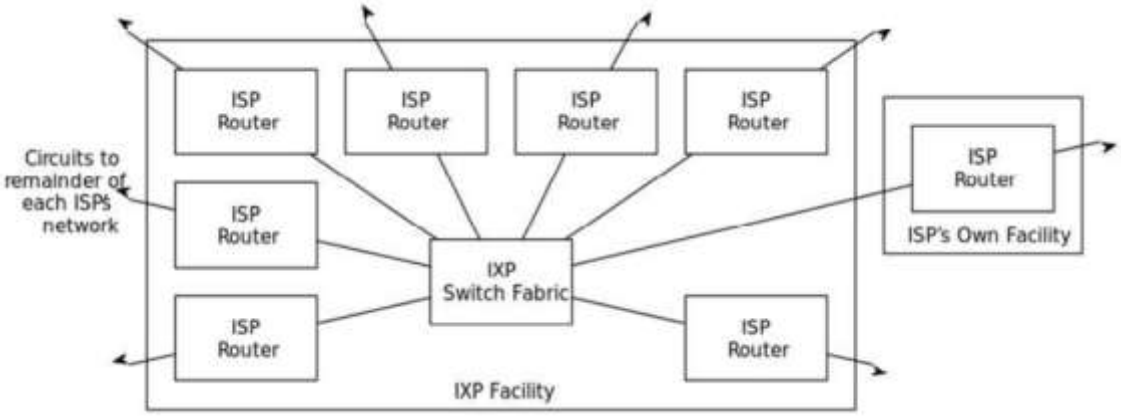
مطالب فوق همگی بیانگر مزایای ایجاد مراکز IXP در داخل کشور است، در این مقاله سعی شده تا مزایای انجام همتاسازی بین شبکه‌ها در این مراکز با استفاده از آزمایش‌های دقیق علمی نشان داده شود. در ادامه با بهره‌گیری از گزارش فنی ارائه شده به RIPE با عنوان«آیا انجام همتاسازی در IXP ها به قیمتش می‌ارزد؟ (مطالعه‌ای مقایسه‌ای)» نقش مراکز تبادل ترافیک اینترنتی(IXP) در اکوسیستم اینترنت کشور ایتالیا را بررسی و پاسخ برخی از پرسش‌های مربوطه را تحلیل می‌کنیم. آیا انجام همتاسازی درIXP ها روی شاخص‌های کلیدی کارایی شبکه همچون تأخیر[4]، تعداد پرش‌ها[5]، تلفات بسته[6]و تغییرات تأخیر[7] اثر مثبتی دارد؟ آیا اینکار تعداد ISPهای خارج از کشور را که بین کاربران ایتالیایی و سرویس‌های مهم اینترنتی [8] (CIS) مانند بانک‌ها و ادارات دولتی قرار دارند، کاهش می‌دهند؟ (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

1 Internet eXchange Point
2 Internet Service Provider
3 Peering
4 Delay

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

۲- انگیزه‌ی انجام همتاسازی در مراکز IXP کشور ایتالیا

تأمین‌کنندگان سرویس اینترنت(ISP) بمنظور تبادل ترافیک بین سیستم‌های خودگردان (AS[۹]) خود، از زیرساخت‌های مراکز تبادل ترافیک اینترنتی (IXP) استفاده می‌کنند. یک IXP امکانی فراهم می‌آورد که ASها مستقیماً به‌یکدیگر متصل شوند، بدین معنی که با ایجاد همتاسازی بین آنها، بجای آنکه ترافیک اینترنتی از طریق شبکه‌های ثالثی بنام تأمین‌کنندگان اصلی سرویس اینترنت (تأمین‌کننده بالا دستی)[۱۰] مبادله گردد از IXP ها عبور می‌کند. همبندی[۱۱] یک مرکز تبادل ترافیک اینترنتی در شکل ۱ نشان داده شده است. مراکز تبادل ترافیک اینترنتی در توسعه اینترنت نقش حیاتی ایفا می‌کنند، بطوریکه ISPها تشویق می‌شوند که شبکه متراکمی از اتصالات داخلی با هزینه کم ایجاد کنند. برخی از آنها گذردهی[۱۲] با چندین Tbit/sec دارند و ساختار اصلی اینترنت امروزی را تشکیل می‌دهند (https://en.wikipedia.org/wiki/Internet exchange point).



شکل ۱. یک مرکز تبادل ترافیک اینترنتی (IXP) در لایه‌های یک و دو (فیزیکی و دیتالینک) با همبندی Hub and Spoke

در ادامه نشان می‌دهیم که انجام همتاسازی در IXPها، کارایی را بالا می‌برد، مسیرها را کوتاه‌تر می‌کند، تأخیر رفت و برگشت را کم می‌کند و ترافیک داخلی[۱۳] را بهبود می‌بخشد. هرچند که ارزیابی کاملی از این ویژگی‌ها در ادبیات علمی اینترنت بوضوح مشخص نمی‌باشد لیکن می‌توان با انجام چند آزمایش مزایای واقعی همتاسازی در IXP ها را نشان داد (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

برای شروع کار، مطالعه‌ای روی خبرهای دریافتی از ISP ها انجام شد. این خبرها حاکی از آن است که برخی از مدیران شبکه در ISPهای بزرگ، همتاسازی را درIXPهایشان لغو[۱۴] (de-peering) می‌کنند و اخذ چنین تصمیماتی را در افزایش بهره‌وری ترافیکIP و بهبود کیفیت سرویس مؤثر می‌دانند. بعنوان موضوع مورد علاقه‌ی بعدی؛ تأثیرIXPها در حفظ ترافیک داخلی مورد مطالعه قرار گرفت. برای انجام این‌کار؛ ترافیک بین ISPهای کشورهایی که در مسیر ISPهای ایتالیایی قرار دارند، بررسی گردید. حفظ ترافیک داخلی، یک مسئله‌ی امنیتی است که بسیاری از دولت‌ها را نگران کرده‌است. موارد

---

5 Hop count
6 Packet loss
7 Jitter
8 Critical Internet services (CIS)
9 Autonomous System
10 Upstream
11 Topology
12 Throughput
13 Locality of Traffic

۱۴ لغو همتاسازی در IXP به‌معنی de-peering است.

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

جاسوسی اخیر از ترافیک شبکه اینترنت، دولت‌ها را علاقمند کرده تا ببینند آیا مردم کشورشان، برای رسیدن به سرویس‌های مهم و حساس اینترنتی، مجبورند از ISPهای کشورها یا حتی قاره‌های مختلف عبور کنند؟ (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵)
این مطالعه روی کشور ایتالیا متمرکز شده‌است، بدین معنی که در این آزمایش ASهای مبدأ و مقصد هر دو در ایتالیا قرار دارند. توجه ما به دو IXP محبوب ایتالیایی متمرکز شده‌است: مرکز میلان[۱۵](MIX) و مرکز مدیترانه‌ای ناتیلوس[۱۶](NaMeX). علاوه بر این، بمنظور کنترل فعالانه‌ی اعلان‌های پروتکل BGP[۱۷] و عبور دادن ترافیک از مسیرهای خاص و مختلف، با سه ISP متوسط همکاری شده است، بنحوی که مقایسه‌ی درستی بین این مسیرها انجام شود. یعنی آزمایش‌هایی در مسیرهای شبکه‌ای بین دو AS انجام شده، خواه مسیرهایی که ازIXP ها عبور می‌کند و خواه مسیرهایی که تنها بر فراهم‌کنندگان اصلی تکیه دارند. چنین آزمایش‌هایی کمک می‌کند تا مشخص شود کدام IXPها واقعاً درگیر همتاسازی هستند. اندازه‌گیری‌هایی که مطابق با معیارهای شبکه‌ای انجام شده عبارتست: زمان رفت و برگشت (RTT)، تعداد پرش (hop-count)، تلفات بسته و تغییرات تأخیر. از سیستم اندازه‌گیری RIPE Atlas استفاده شده و پروب‌هایی انتخاب شدند که صرفاً در ایتالیا مستقر شده‌اند و در حال حاضر تعدادشان بیش از ۱۵۰ عدد می‌باشد (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).
دو نوع آزمایش انجام شد که برای سهولت آزمایش نوع اول «سرویس‌های مهم اینترنتی (CIS)» و آزمایش نوع دوم «اعلان‌های انتخابی پروتکل BGP (SBA[۱۸])» نامیده شده است. در ادامه، این آزمایش‌ها با جزئیات شرح داده شده و نتایج هر کدام نشان داده شده است (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

۲-۱- انجام تنظیمات برای آزمایش «سرویس‌های مهم اینترنتی(CIS)»

در آزمایش CIS، آزمایش‌هایی برای اندازه‌گیری بهره‌وری شبکه طراحی شده که در هر لحظه کیفیت سرویس وب‌سایت‌های حیاتی ایتالیا را در دو حالت بکارگیری همتاسازی (IXP) و بدون آن اندازه می‌گرفت. در قدم اول دو دسته از وب‌سایت‌هایی که برای کاربران ایتالیایی حیاتی هستند، انتخاب شد. دسته‌ی اول شامل سرویس‌های وابسته به زیرساخت‌های حیاتی است و دسته‌ی دوم شامل سایت‌های محبوب کاربران می‌شود. اولین دسته از این وب‌سایت‌ها بنام CRITICAL نامگذاری شدند و شامل ۵۰ سایت با مقوله‌های زیر می‌باشند: بانکداری برخط، شرکت‌های بیمه، ادارات دولتی، شرکت‌های نیرو، دادگاه‌های قانونی، شرکت‌های مسافرتی، پورتال‌های سلامت، سرویس‌دهندگان ایمیل (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).
دومین دسته از این وب‌سایت‌ها ، بنام VISITED نامگذاری شد و شامل ۱۰۰ وب‌سایت پربازدید ایتالیایی که در ایتالیا میزبانی شده‌اند و مطابق با رتبه‌بندی Alexa انتخاب شد. اندازه‌گیری‌های ping و traceroute برای تمام پروب‌های مستقر در ایتالیا روی هر دامنه[۱۹] (نام دامنه وب‌سایت‌ها) انجام شد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

۲-۲- نتایج آزمایش «سرویس‌های مهم اینترنتی(CIS)»

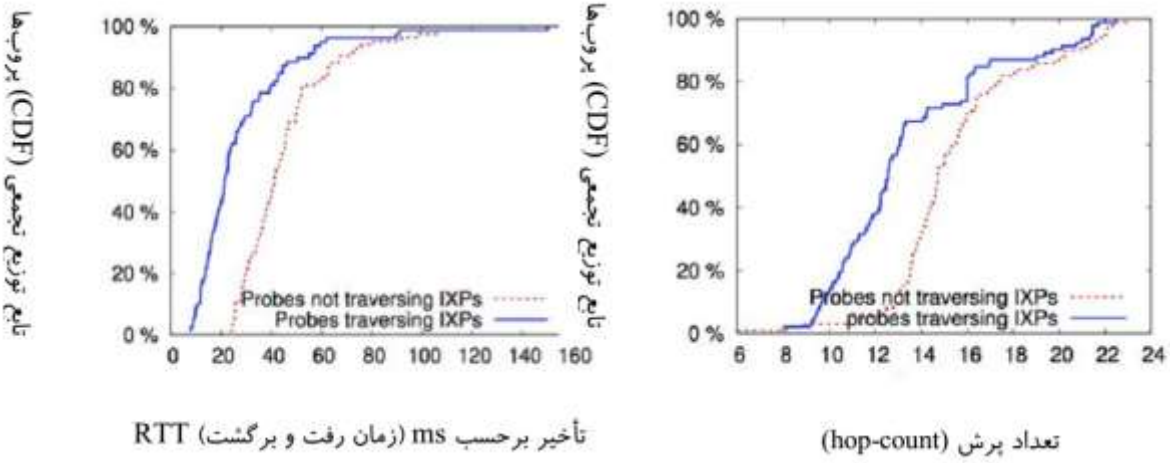
همان‌گونه که در بخش قبل اشاره شد، دو دسته از وب‌سایت‌های حیاتی بنام‌های CRITICAL و VISITED انتخاب و آزمایش‌های مذکور برای این وب‌سایت‌ها انجام شد. در این بخش نتایج حاصل از این آزمایش‌ها بصورت نمودار نشان داده شده‌است. نمودارهای شکل ۲؛ زمان رفت و برگشت (RTT) را برای مجموعه اطلاعات مربوط به سایت‌های CRITICAL و تعداد پرش‌ها (Hop-count) را برای مجموعه اطلاعات مربوط به سایت‌های VISITED نشان می‌دهد. این نمودارها

15 Milan Internet Exchange
16 Nautilus Mediterranean Exchange Point
17 Border Gateway Protocol
18 Selective BGP Announcements
19 Domain

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

اندازه‌گیری «تابع توزیع تجمعی[۲۰] (CDF)» مربوط به پروب‌ها هستند و نشان دهنده‌ی درصد پروب‌هایی هستند که مقدار RTT یا Hop-count بیشنه را دارند (روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

هر نمودار شامل دو طرح است: یکی برای تمام traceroute‌هایی که خواه از مرکز MIX و خواه از مرکز NaMeX عبور می‌کنند (با خط پررنگ نشان داده شده‌است) و دیگری برای traceroute‌هایی که از هیچکدام از این دو IXP عبور نکرده‌است (با نقطه چین نشان داده شده‌است). این طرح‌ها نشان می‌دهد، معمولاً پروب‌هایی که از IXP ها عبور می‌کنند شاخص‌های بهتری دارند. بعنوان مثال حدود ۷۰٪ از پروب‌هایی که IXP ها را انتخاب می‌کنند دارای RTT برابر۳۰ میلی‌ثانیه یا کمتر هستند، در حالیکه فقط ۲۰٪ از پروب‌هایی که از IXP ها نمی‌گذرند دارای RTT برابر۳۰ میلی‌ثانیه یا کمتر می‌باشند(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).



شکل۲. زمان رفت و برگشت (RTT) برای سایت‌های حیاتی(نمودار سمت چپ) و تعداد پرش‌ها (hop-count) برای مجموعه اطلاعات سایت‌های پربازدید (نمودار سمت راست)

از نتایج آزمایش CIS می‌توان برای تحلیل امنیت ترافیک وب سرویس‌های حیاتی استفاده کرد. در واقع، جاسوسی‌های اخیر از ترافیک محلی کشورها؛ دولت‌ها را وسوسه کرده تا ترافیک وب سرویس‌های حیاتی را بررسی کنند که آیا این ترافیک از داخل کشور می‌گذرد یا خیر؟(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵)

کاملاً واضح است که عبور ترافیک محلی از ISPهای خارجی، امنیت این نوع ترافیک را تضمین نمی‌کند و به همان اندازه واضح است که امروزه دولت‌ها به این موضوع بسیار حساسند. بنابراین نشان می‌دهیم که چگونه با استفاده از یک IXP در داخل ایتالیا مکرراً از عبور ترافیک بواسطه فراهم‌کننده خارجی جلوگیری می‌شود. بطور کمی بررسی شده که آیا مراکز MIX و NaMeX در حفظ ترافیک محلی در داخل کشور مؤثرند؟(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵)

به منظور تعیین اینکه یک ASX[۲۱] متعلق به کدام کشور است، از سرویس RIPEstat (https://stat.ripe.net) استفاده شد که جویای پیشوندهای اعلان شده توسط X ، به همراه کشور مالک هر کدام از این پیشوندها می‌باشد. اگر این سرویس در پاسخش، تمام پیشوندها را مرتبط به همان کشور اعلام می‌کرد، پس فرض می‌کردیم که X متعلق به آن کشور است، در غیر اینصورت بمنظور اینکه کشور مالک X تعیین شود، بطور دستی از فراداده[۲۲] برای بازیابی اطلاعات مربوط به X استفاده شده است. بعنوان نمونه می‌توان به جستجوی وب‌سایت مرتبط با فراهم‌کننده‌ها اشاره کرد. آمارها بشرح زیر محاسبه شده‌است:

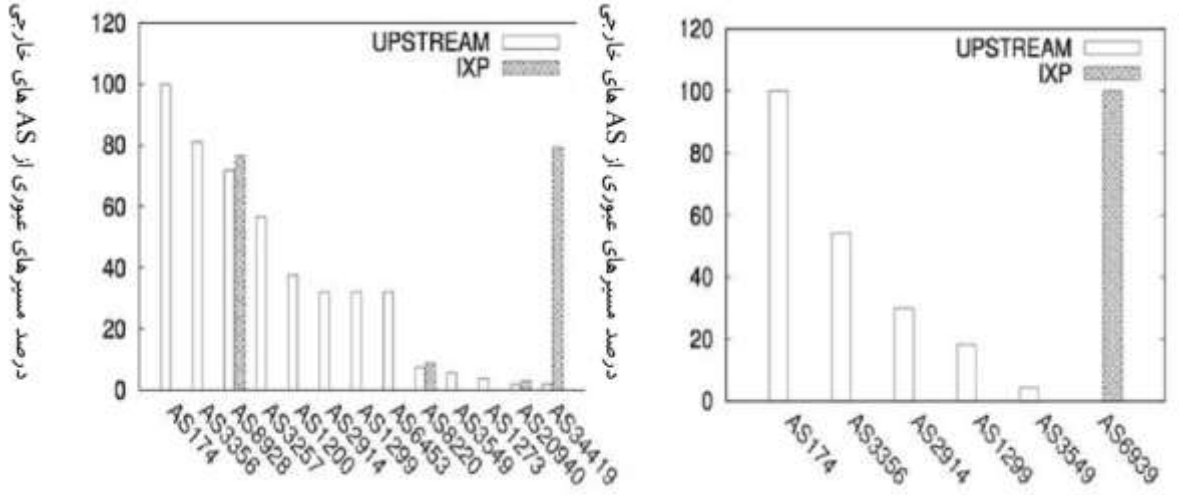
20 Cumulative Distribution Functions (CDF)

21 Autonomous System X

۲۲ .**فراداده، داده‌نما** یا **مِتاداده**(Metadata) : به آن دسته از داده‌ها گفته می‌شود که جزئیات یک داده دیگر را تشریح می‌کند. به عبارت دیگر فراداده‌ها، داده‌هایی هستند که *درباره* داده‌های دیگر اطلاعات می‌دهند.

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

ابتدا آن دسته از ASهایی که در مسیرهای مربوط به آزمایش CIS قرار داشتند و با آزمایش‌های فوق مشخص گردید که متعلق به ایتالیا نیستند، برچسب غیر ایتالیایی یا غیر اروپایی گرفتند. در مرحله بعد جفت ASهای مبدأ - مقصد، بر اساس حضور IXPها در مسیرهایشان به دو گروه تقسیم شدند. بعنوان مثال، در شکل۳ محور افقی نشان می‌دهد که ۸۰٪ از جفت ASهای مبدأ- مقصدی که از IXP عبور نمی‌کردند، از AS3356 (که غیر ایتالیایی است) عبور می‌کردند، در حالیکه حتی یک جفت از ASهای مبدأ- مقصدی که از IXP عبور می‌کردند هم، از AS3356 عبور نمی‌کنند. در اغلب موارد، تنها زمانیکه از یکISP خارجی مستقیم استفاده شود، ASهای داخلی از آن AS خارجی عبور می‌کنند، و همین مسئله، تأثیر IXP ها در حفظ ترافیک محلی در داخل کشور را تأیید می‌کند(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).



شکل۳. درصد مسیرهائی که از ASهای خارجی عبور می‌کنند در دو حالت بکارگیری همتاسازی در IXP و بدون آن. (نمودار سمت چپ ASهای غیر ایتالیایی و نمودار سمت راست ASهای غیر اروپایی)

نتایج فوق به ۳ دلیل می‌بایست بطور بسیار دقیقی مورد بررسی قرار گیرد:

- هر پروبی یا حداقل از یک IXP می‌گذرد یا از هیچک از IXPها نمی‌گذرد، بنابراین برای مجموعه‌های مجزایی از پروب‌ها دو نمودار تابع توزیع تجمعی (CDF) وجود دارد. پروبی که در حال حاضر ترافیک آن از طریق یکی از IXPها عبور می‌کند، ممکن است در برخی از حالاتی که ترافیک آن را بصورت اجباری از یک ISP خارجی عملکرد بهتری از خود نشان دهد یا برعکس.
- مقادیر RTTها و تعداد پرش‌های نشان داده شده، مربوط به آخرین نقطه‌ای (پرشی) است که به ابزارهای اندازه‌گیری پاسخ داده است که در اغلب موارد نقطه هدف ما نیست. (برای مجموعه اطلاعات سایت‌های CRITICAL، ۴۰ مورد از بین ۵۳ پاسخ و برای مجموعه اطلاعات سایت‌های VISITED،۵۹ مورد از بین ۹۴ پاسخ است).
- امکان دارد، یک مسیریاب در داخل IXP به ردیابی مسیری (traceroute) پاسخ دهد که در شبکه محلی همتاسازی وجود نداشته باشد و از یک رابط استفاده کند که به IXP منتهی نمی‌شود، همین مسئله منجر به طبقه‌بندی نادرستی از ردیابی مسیر همتا می‌شود. علاوه بر آن، اطلاعات مربوط به تعداد پرش‌ها می‌تواند تحت تأثیر حضور تونل‌ها نیز قرار گیرد (مانند تونل‌های MPLS). این مورد ممکن است هم برای بسته‌هائیکه از IXP ها عبور می‌کنند و هم برای بسته‌هائیکه از آن‌ها نمی‌گذرند اتفاق بیافتد.

به‌هر حال، این نمودارها ما را یاری می‌کند تا در نظر اول برداشت مثبتی از تأثیر IXP ها داشته باشیم. در ادامه ملاحظه خواهیم کرد که آزمایش SBA حتی مشکلات آزمایش CIS (فوق‌الذکر) را هم ندارد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

۲-۳- انجام تنظیمات برای آزمایش «اعلان‌های انتخابی پروتکل BGP (SBA)»

در آزمایش دوم، به‌منظور مقایسه‌ی عملکرد مسیرها، روی تجزیه و تحلیل جایگزین‌های مسیریابی تمرکز شده است. این مسیرها طوری طراحی می‌شوند که یا شامل مسیرهای IXP باشند یا شامل ISPهای اصلی (upstreams) که تأمین‌کننده‌ی اینترنت برای ISPهای ایتالیایی هستند. این کار با مشارکت سه ISP متوسط ایتالیایی بنام‌های Mc-Link؛ Unidata و Seeweb انجام شد. قبل از شروع آزمایش، از هر ISP خواسته شد تا نسبت به رزرو یک زیرشبکه‌ی آدرس IP[۲۳] و یک سرویس‌دهنده، در مرکز داده‌ی خود اقدام نمایند. به هر سرویس‌دهنده‌ای (Server) که وارد زیرشبکه‌ی رزرو شده می‌شد، یک آدرس IP اختصاص داده شد. همچنین بمنظور رسیدگی و پاسخ به درخواست‌های ICMP که بواسطهٔ traceroute‌ها و pingها ارسال می‌شد، سرویس‌دهنده‌ی رزرو شده، پیکربندی شد. برای هر یک از ISPها مراحل زیر در زمان‌های مختلف اجرا شد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

۱- از ISP ها خواسته شد که ۵ به‌روزرسانی (BGP Updates) مرتب و از پیش تعیین شده را که شامل زیرشبکه‌های IP رزرو شده است را اعلان کنند.

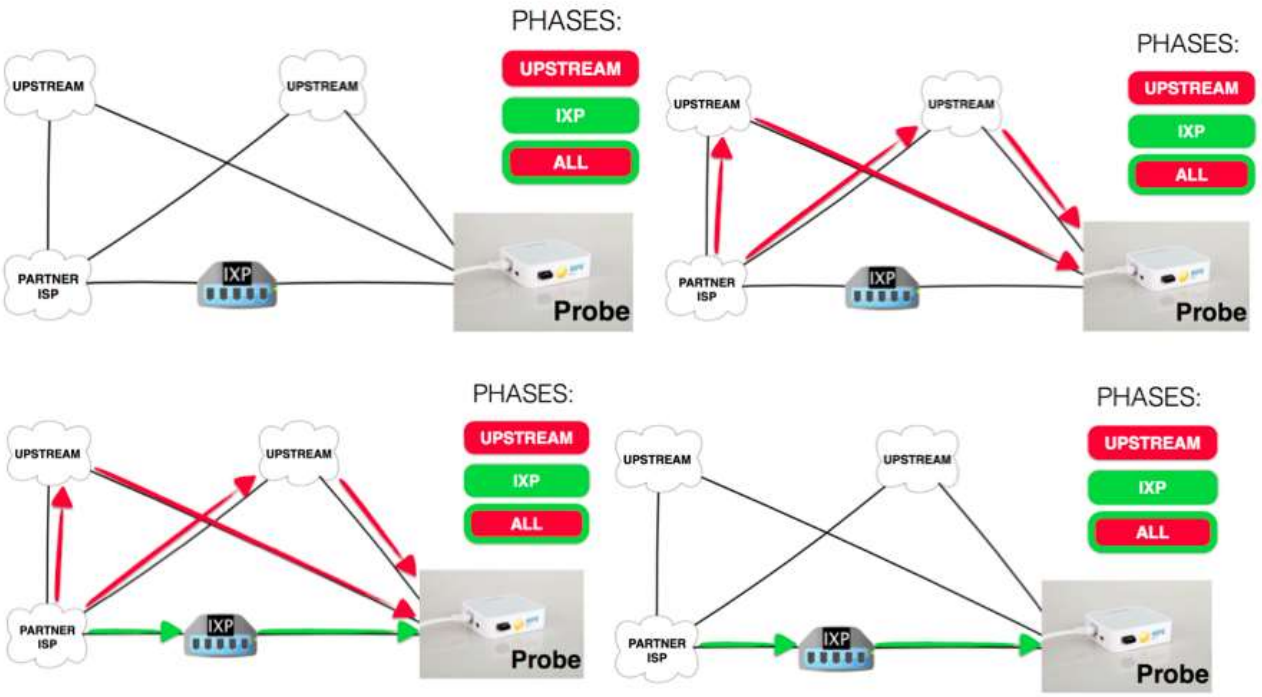
۲- هر کدام از این به‌روزرسانی‌ها دارای طول عمر ۴ ساعته بودند، در حالت کلی هر کدام از آن‌ها ۲۰ ساعت بطور غیر متوالی تحت آزمایش بودند.

۳- فهرست به‌روزرسانی‌هایBGP طوری تشکیل گردید که مسیرها را بصورت انتخابی برای زیرشبکه‌های مختلف از همتاهای موجود، مطابق روال زیر توزیع کنند:

"UPSTREAM" : اعلان؛ تنها برای عبور از ASهای خارجی.
"IXPS": اعلان؛ تنها به همتاهای مرکز MIX و NaMeX
"MIX" : اعلان؛ تنها به همتاهای مرکز MIX
"NAMEX" : اعلان؛ تنها به همتاهای مرکز NaMeX
"ALL" : اعلان به تمام همتاها

23 IP subnet

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷



شکل۴. فازهای اعلان‌های انتخابی پروتکل BGP (SBA)

در هر کدام از بازه‌های زمانی، تمام پروب‌های ایتالیایی اندازه‌گیری‌های مربوط به traceroute‌ها و ping‌ها را به آدرس IP سرویس‌دهنده انجام دادند. آزمایش یک ساعت قبل از اعلان پروتکل BGP شروع و یک ساعت پس از پایان هر بازه‌ی زمانی خاتمه یافت. در هر دقیقه، یک ping و در هر ۱۰ دقیقه، یک traceroute اجرا شد. بمنظور ارزیابی قابلیت دستیابی و پایداری عملکرد هر مقصد، قبل از اولین اعلان پروتکل BGP اندازه‌گیری‌ها انجام شد. برای اجتناب از تأثیر روز و شب در اندازه‌گیری‌ها قسمت اعظم بازه‌های زمانی (نه تمام آنها، به دلیل محدودیت‌های فنی ISPها) در طول ساعات روز در نظر گرفته شدند(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

در نهایت، در انتهای هر دوره، تمام اندازه‌گیری‌های مربوط به traceroute و ping که نزدیک به زمان اعلان پروتکل BGP بود، فیلتر شد. اگر بخواهیم به طور دقیق‌تر بیان کنیم، با توجه به ثبت وقایع مربوط به برچسب‌های زمانی اعلان‌های پروتکل BGP؛ چهار بازه‌ی زمانی در طی یک ساعت شناسایی شد، سپس روی هر یک از برچسب‌های زمانی تمرکز شد و هر کدام از traceroute‌ها و ping‌هایی که خارج از این چهار بازه‌ی زمانی واقع شده بودند، حذف شدند(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

۲-۴- نتایج آزمایش «اعلان‌های انتخابی پروتکل BGP (SBA)»

در آزمایش «اعلان‌های انتخابی پروتکل BGP (SBA)»؛ مجموعه‌ای از پروب‌ها انتخاب شدند که قادر بودند هم در طول بازه‌های زمانی مربوط به اعلان‌های "UPSTREAM" به مقصد مورد نظر دست یابند و هم حداقل در یکی از بازه‌های زمانی مربوط به اعلان‌های "MIX" و "NAMEX" به آن مقصد دست یابند. این پروب‌ها کمک می‌کنند تا تفاوت کارایی بین مسیرهای عبوری از IXP‌ها و ISP‌های اصلی (upstream) اندازه‌گیری شود(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

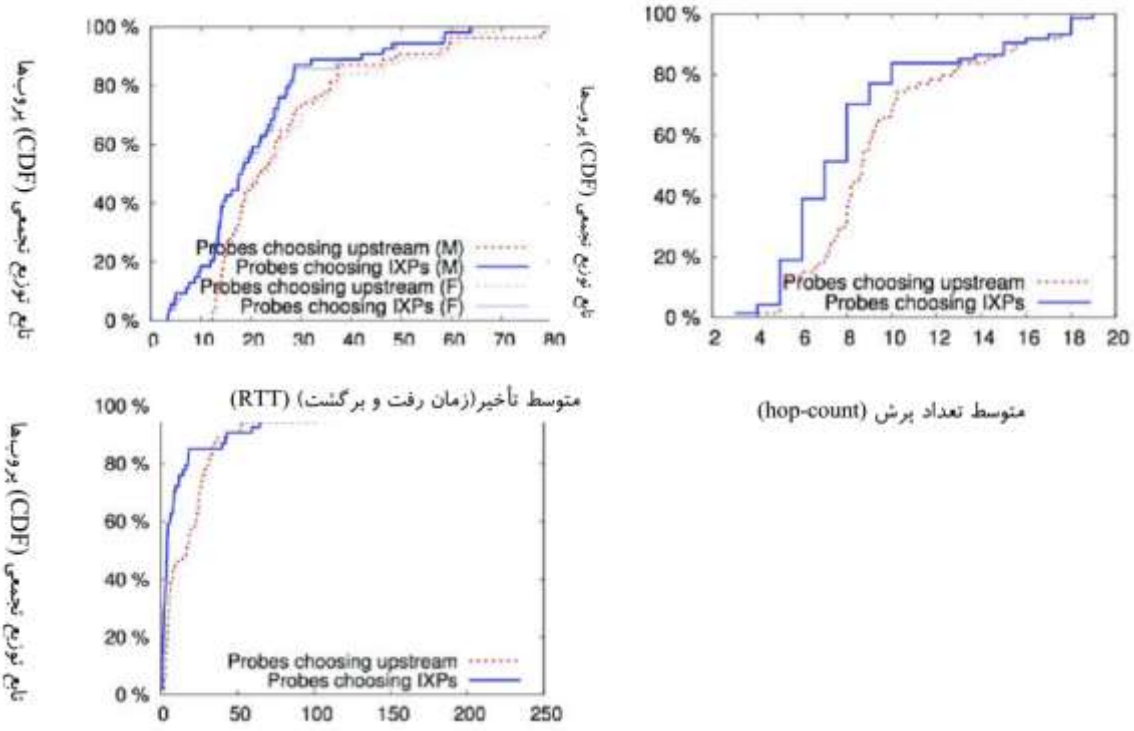
نمودارهای شکل ۵، شاخص‌های کارایی را نشان می‌دهد که در آزمایش با سه ISP نامبرده اندازه‌گیری شده است:

در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Seeweb؛ شاخص کارایی «تأخیرهای رفت و برگشت (RTT)» برحسب میلی‌ثانیه اندازه‌گیری شد، در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی MC-Link؛ شاخص کارایی «تعداد پرش‌ها (Hop-count)» اندازه‌گیری شد و در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Unidata، شاخص کارایی «تغییرات تأخیر» اندازه‌گیری شد. بعنوان مثال، اولین نمودار در شکل ۵ (نمودار

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

بالایی سمت چپ) شامل چهار طرح و نشان دهنده‌ی مقادیر توزیع متوسط RTT است که طی آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Seeweb، جهت دستیابی به دو مقصد میلان[۲۴] و فروزینونه[۲۵] بدست آمده و در هر دو حالت اندازه‌گیری شد که دستیابی به این دو مقصد یا از طریق یک IXP یا از طریق یک ISP اصلی حاصل می‌شود. در نظر داشته باشید که در شکل ۵، نمودارهایی که شامل مسیرهای IXP می‌شوند، «بهترین گزینه» را نشان می‌دهند. بعبارت دیگر، برای هر شاخص کارایی و برای هر پروبی که طی بازه‌های زمانی مربوط به اعلان‌های "MIX" و "NAMEX" به مقصد مورد نظر دست می‌یابند، کوچکترین مقدار بین دو گزینه نشان داده شده‌است. مشاهده می‌شود که حدود ۵۰٪ از پروب‌های چند گزینه‌ای، هنگام عبور بسته‌ها از مراکز IXP با متوسط زمان رفت و برگشت ۱۵ میلی ثانیه به هر دو مقصد مذکور دست می‌یابند، در حالی که بسته‌هایی که از مسیرهای عبوری از فراهم‌کننده اصلی که حدود ۳۰٪ از آن پروب‌ها چنین عملکردی را دارند. این اندازه-گیری‌ها نسبت به دو مقصد میلان و فروزینونه، عملکرد قابل مقایسه‌ای را نشان می‌دهد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

نتایج حاصل از آزمایش‌ها دئر شبکه سه فراهم‌کنند Mc-Link، Unidata و Seeweb در نمودارهای زیر نشان داده شده است. همانطور که در نمودارها دیده می‌شود، شاخص‌های عمکرد از جمله مقدار متوسط RTT، مقدار متوسط تعداد پرش، مقادیر تغییرات تأخیر و تلفات بسته، برای مسیرهایی که از IXP ها می‌گذرند همواره عملکرد بهتری را داشته یا حداقل معادل مسیرهایی است که از فراهم‌کنندگان اصلی می‌گذرند(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).



شکل۵. مقادیر تأخیرهای رفت و برگشت(RTT) در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Seeweb (نمودار بالایی سمت چپ)، مقادیر تعداد پرش‌ها در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Mc-Link (نمودار بالایی سمت راست) و مقادیر تغییرات تأخیر در آزمایش با فراهم‌کننده‌ی Unidata.

در این آزمایش‌ها، دریافتیم که مسیرهای عبوری از فراهم‌کنندگان اصلی، بسته به نوع فراهم‌کننده، از مقادیر شاخص‌های کارایی کاملاً متفاوتی برخودار است. با تحلیل tracerouteهایی که طی بازه‌های زمانی اعلان‌های BGP مربوط به "UPSTREAM"ها جمع شدند، تامین کنندگان (ISP)های اصلی (بالادستی) مربوط به هر یک از ISPهای ایتالیایی را

24 Milan
25 Frosinone

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

یافتیم و برای تمام آن‌ها تجزیه و تحلیل عمیق‌تری انجام دادیم. فهرست این (ISP های اصلی) با توجه به AS آنها به شرح زیر است:

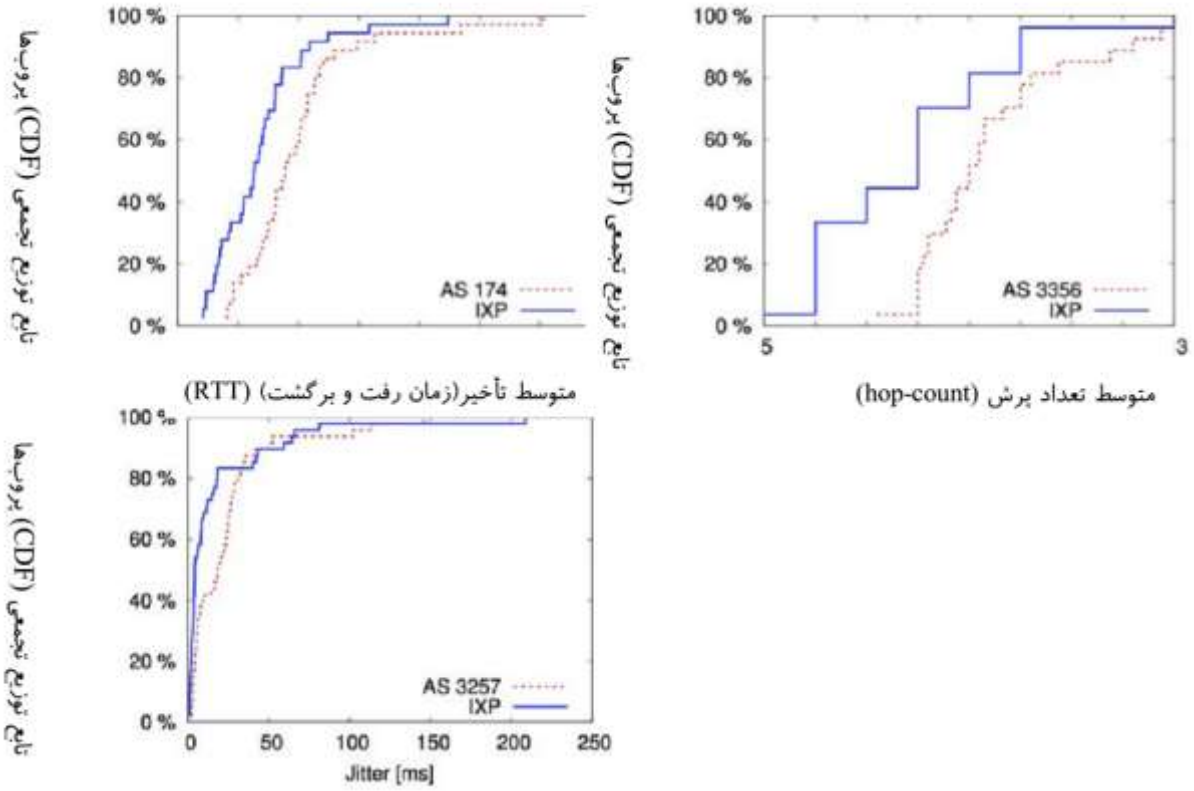
برای فراهم‌کننده‌ی Mc-Link فراهم‌کنندگان AS3257, AS12874, AS174, AS3356, AS35612, AS57329.

برای فراهم‌کننده‌ی Seeweb، فراهم‌کنندگان AS3257, AS174, AS3549, AS3356.

برای فراهم‌کننده‌ی Unidata فراهم‌کنندگان AS3257, AS12874, AS16004, AS24796, AS20836.

نمودارهای شکل ۶ نتایج اصلی تجزیه و تحلیل‌ها را نشان می‌دهد. بعنوان مثال، اولین شکل شامل همان اطلاعات نمودارهای مربوط به آزمایش‌های انجام شده با فراهم‌کننده‌ی Seeweb است و منحصر به مقصد میلان و پروب‌هائی است که این مقصد را از طریق فراهم‌کننده‌ی اصلی AS174 (COGENT) جستجو می‌کنند. همچنین نمودار مربوط به IXP منحصر به آن پروب‌هاست(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).

مشاهده می‌کنید که این نمودار دقیقاً همان روند نمودار مربوط به تمام پروب‌ها را دارد. این بدان معنی است که مسیرهایی که از فراهم‌کننده‌ی اصلی AS174 می‌گذرند، عامل اصلی کاهش متوسط کارایی نسبت به مسیرهایی که از مراکز IXP عبور می‌کنند، می‌باشد. استدلال‌های مشابهی برای دو نمودار دیگر بکار می‌رود. اولاً فراهم‌کننده‌ی(LEVEL3) AS3356 در میان تمام فراهم‌کنندگان اصلی مربوط به فراهم‌کننده‌ی Mc-Link با بیشترین تفاوت نسبت به جایگزین مرکز IXP نشان داده شده است. ثانیاً فراهم‌کننده‌ی اصلی(TINET) AS3257 رفتاری مشابه به نمودار تمام پروب‌ها را نشان می‌دهد. استدلال می‌کنیم که کارایی فراهم‌کننده‌ی اصلی بستگی به انتخاب فراهم‌کننده‌ی خاص دارد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).



شکل۶-نتایج مقایسه کارایی بین مسیرهایی که از فراهم‌کننده‌ی اصلی و مسیرهایی که از مراکز IXP عبور می‌کنند

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

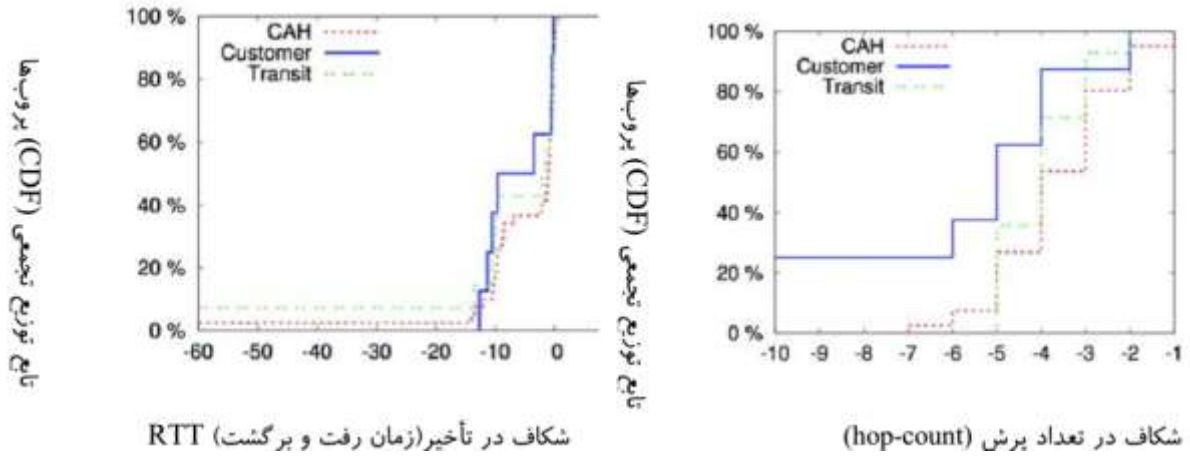
در قدم بعدی با استفاده از تکنیک خاصی (که در مقاله بدان اشاره شده است[۲۶]) ، سیستم‌های خودگردان (ASها) طبقه‌بندی شدند. هدف ما شناسایی روش‌های مختلف بهبود شاخص‌های عملکردی است که بر اساس نوع سیستم خودگردان (AS)، میزبان یک پروب می‌شوند. بر این اساس سیستم‌های خودگردان را به ۳ کلاس تقسیم می‌کنیم:

۱- مشترکین یا ASهایی که نماینده‌ی سازمان‌های مختلف هستند، دانشگاه‌ها و شرکت‌هایی که در اتصال به مسیریاب‌های لبه‌ی شبکه اغلب بعنوان کاربران شبکه شناخته می‌شوند.

۲- تأمین‌کنندگان یا ASهایی که ترافیک منتقل می‌کنند (Transit ISP)، دسترسی به اینترنت و خدمات عبور ترافیک را تأمین می‌کنند. هدف اینگونه ISPها به حداکثر رساندن مشتریان خود در مناطق جغرافیایی و کاهش هزینه‌های انتقال ترافیک، بواسطه‌ی همتاسازی گزینشی با ISP ها می‌باشد.

۳- تأمین‌کنندگان محتوا/دسترسی/میزبانی[۲۷]، ISPهایی هستند که دسترسی به اینترنت و/یا سرویس‌دهنده‌ی میزبانی[۲۸] میزبانی[۲۸] را تأمین می‌کنند. علاوه بر موارد فوق مشترکین دسترسی می‌توانند کاربران محلی یا تشکیلات اقتصادی بدون شماره‌ی AS و یا تأمین‌کنندگان خدمات/محتوا بدون شماره‌ی AS باشند.

دو نمودار شکل۷ بترتیب بر اساس مقدار متوسط RTT و مقدار متوسط تعداد پرش‌ها برای مقصد میلان و طی آزمایش نوع دوم (SBA) با فراهم‌کننده‌ی Seeweb می‌باشند. هر نمودار شامل سه طرح است که هر کدام مربوط به یک کلاس AS است. هر طرحی دارای مقادیر «تابع توزیع تجمعی (CDF)» است که نشان دهنده‌ی نحوه‌ی توزیع شکاف‌های ناشی از مطابقت شاخص‌های عملکردی بین مسیرهایی که از مراکز IXP ها می‌گذرند و مسیرهائی که از آنها اجتناب می‌کنند، می‌باشند. همان‌طور که توسط هر کدام از پروب‌ها مشاهده شد، می‌توان دید که با استفاده از مراکز IXP مشتریان از مزایای بیشتری برخوردار شده و بکارگیری مراکز IXP ها تأثیر مهمی نیز روی کاربران خانگی دارد(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵).



شکل۷. نمودار سمت چپ، مقادیر متوسط زمان رفت و برگشت (RTT) و نمودار سمت راست، متوسط تعداد پرش‌ها برای مقصد میلان طی آزمایش SBA

۲-۵- جمع‌بندی از نتایج آزمایش

26 Dhamdhere and C. Dovrolis, “Ten years in the evolution of the internet ecosystem", in Proceedings of IMC 2008

27 Content/Access/Hosting Providers (CAH)

28 Server-hosting

دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵، صفحات ۳۶- ۴۷

آزمایش‌های انجام شده گواه بر آن است که انجام همتاسازی در IXP ها روی شاخص‌های کلیدی کارایی نظیر تأخیر، تعداد پرش‌ها، تلفات بسته و تغییرات تأخیر اثر مثبتی دارد. همچنین وجود مراکز IXP تعداد مراجعه کاربران و سرویس‌های مهم اینترنتی مانند بانک‌ها و ادارات دولتی به ISPهای بالادستی خارج از کشور را کاهش می دهد. با مشاهده نتایج بدست آمده از بررسی‌های بعمل آمده، در اینجا جا دارد این سئوال را تکرار کنیم که آیا ISPهای داخلی با وجود مشاهده بهبود کارایی، باز هم انگیزه‌ای برای لغو همتاسازی در یک IXP دارند؟(روبرتو دای لالو ۲۰۱۵)

۳- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله با بهره‌گیری از گزارش فنی RIPE ، مزایای برقراری همتاسازی بین شبکه‌ها در IXPها مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایش‌های فوق نشان می‌دهد که برخلاف تصور برخی از ISP ها ؛ برقراری همتاسازی در مراکز IXP نه تنها کیفیت سرویس شبکه‌ها را کاهش نمی‌دهد، بلکه کارایی و بهره‌وری ترافیک IP را بهبود می‌بخشد. همتاسازی در حفظ ترافیک داده در داخل کشور بخصوص ترافیک مربوط به خدمات بانکی و دولتی مؤثر است. در نتیجه در حفظ امنیت اطلاعات حیاتی و حساس کشور نقش مؤثری ایفا می‌کند. بعلاوه، مشتریان از مزایای بسیاری برخوردار می‌شوند، بنابراین همتاسازی بین شبکه‌ها در مراکز IXP تأثیر مهمی روی کاربران خانگی دارند.

منابع

۱. مرکز تبادل ترافیک داده تهران،(۱۳۹۵) http://tehran-ix.ir/fa/about

2. What is peering?, (2016) (http://www.netnod.se/ix/what-is-peering).
3. Internet exchange point, (2016) (https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_exchange_point).
4. Roberto Di Lallo. (2015). Is It Really Worth Peering at IXPs? A Comparative Study, (https://labs.ripe.net/Members/roberto_di_lallo/is-it-really-worth-peering-at-ixps).