Archive of SID

زنجیربندی عملکرد سرویس مبتنی بر گرامر در شبکه‌های نرم‌افزار محور

پویا خسرویان دهکردی[۱]، سیما عمادی[۲،*]، قاسم میرجلیلی[۳]، بهزاد زمانی[۴]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۹۷/۰۱/۳۱
پذیرش مقاله: ۹۷/۱۱/۱۷

واژگان کلیدی:
شبکه‌های نرم‌افزار محور، زنجیربندی عملکرد سرویس، آتوماتان متناهی، عبارت منظم و گرامر منظم.

چکیده

زنجیربندی عملکرد سرویس[۵]، تکنولوژی برای مدیریت انعطاف‌پذیر ترافیک سرویس، ارائه راه‌حل برای توزیع جریان و ایجاد سیاست‌های مناسب در طول مسیر جریان با توجه به نیازهای سرویس‌ها و با توجه به وضعیت در دسترس بودن شبکه است. مدیریت زنجیربندی عملکرد سرویس به دلیل ترکیبات متفاوت سرویس‌ها با پیکربندی اختصاصی مستعد خطا می‌باشند بر همین اساس راه‌حل‌هایی نیاز خواهد بود که ابهام‌زدایی مناسبی را برای چنین شرایطی فراهم کنند؛ بنابراین قبل از اجرا باید صحت زنجیره‌ها کاملاً کنترل شود که نیازمند تعریف قواعد زنجیربندی است. ازجمله مسائلی که در این تکنولوژی مطرح است: بررسی صحت زنجیره‌ها و همچنین کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌های زنجیره است که برای حل این مسائل در این مقاله از گرامر استفاده شده است. به این صورت که بر مبنای سناریوهای مطرح‌شده در کار گروه مهندسی اینترنت[۶]، ابتدا آتوماتان آن‌ها را ایجاد کرده و سپس با استفاده از عبارت منظم و آتوماتان متناهی، گرامر آن‌ها به دست می‌آید. به دنبال آن، با استفاده از الگوریتم CYK[۷] ارزیابی گرامر انجام‌شده و تعداد ترکیبات سرویس‌ها نیز نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که می‌توان با این گرامر، صحت زنجیره سرویس‌ها را بررسی کرد و همچنین تعداد ترکیبات سرویس‌های زنجیره‌ها را نیز به میزان قابل‌توجهی کاهش داد.

۱-مقدمه

امروز مفهوم زنجیربندی عملکرد سرویس به توسعه فناوری در زمینه مدیریت شبکه برمی‌گردد. محققان برای بهره‌برداری از مزایای مجازی‌سازی عملکرد شبکه[۸]، شبکه‌های نرم‌افزار محور[۹] و برای رسیدن به یک سطح تجاری جدید، بر روی انعطاف‌پذیری و همنوایی سریع سرویس‌های شبکه متمرکز شده‌اند. برای دستیابی به این هدف زنجیربندی عملکرد سرویس تعریف‌شده است که امکان ایجاد دنباله‌ای از سرویس‌های شبکه شامل مجموعه‌ای منظم از توابع سرویس را دارد. زنجیربندی عملکرد سرویس یک مدل استقرار سرویس جدید است که برای انتقال ترافیک در طول مسیر منطقی از پیش تعریف‌شده بکار رفته و عملکرد سرویس‌ها را بدون توجه به توپولوژی شبکه و یا مکانیسم‌های حمل‌ونقل فراهم می‌کند. زنجیره سرویس اساساً یک ساختار سیاست‌گذاری است به‌طوری‌که چندین عملکرد برای یک زنجیره سرویس وجود دارد. در اصل، زنجیره سرویس علاوه بر انتقال داده‌های موجود در شبکه، یک طرح کنترلی برای ایجاد یک شبکه

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: emadi@iauyazd.ac.ir
۱. دانشکده مهندسی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۲. دانشکده مهندسی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
۳. دانشکده مهندسی برق، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۴. دانشکده مهندسی، واحد شهرکرد، دانشگاه آزاد اسلامی، شهرکرد، ایران

[5] Service Function Chaining
[6] Internet Engineering Task Force
[7] Cocke–Younger–Kasami
[8] Network Function Virtualization
[9] Software Defined Network

www.SID.ir

Archive of SID

جدید است؛ یعنی SFC یک طرح کنترل سرویس، شامل دنباله‌ای از سرویس‌های در حال اجرا است که در لایه‌های ۴ تا ۷ شبکه عمل می‌کند [۱].

در سال‌های اخیر با توجه به رشد روزافزون شبکه‌های نرم‌افزار محور و اهمیت مجازی‌سازی در آن تحقیقاتی زیادی برای زنجیربندی سرویس‌های شبکه انجام‌شده است. در همین راستا لی و همکاران [۲]، به بررسی اجمالی روشی به نام زنجیره سرویس امنیتی[1]، برای ارائه توابع امنیتی در توپولوژی SDN / NFV با زنجیر شدن سرویس‌های امنیتی مجازی، مانند متعادل‌کننده‌بار مجازی و فایروال‌های مجازی پرداختند ولی راجع به بررسی صحت زنجیره کاری انجام نشد. در برخی مطالعات زنجیربندی سرویس شبکه[2] توجه زیادی را به خود جلب کرده است به‌طوری‌که ولفگانگ و همکاران [۳] به بررسی NSC پرداختند و اشاره کردند که این زنجیره یک مفهوم گسترش سرویس است که باعث افزایش انعطاف‌پذیری و بهره‌وری هزینه برای شبکه‌های آینده می‌شود. این مقاله قواعد و نیازمندی‌های سیستم را در کنار موارد کاربردی از مزایای NSC نشان می‌دهد و همچنین چالش‌های تحقیقاتی برجسته در طول چرخه زندگی نمونه‌ای از یک زنجیربندی سرویس شبکه در یک شبکه ارتباطات از راه دور را شرح می‌دهد و صحت زنجیره باید توسط کاربر چک شود.

هسته معماری SFC الگوریتم همنوایی است که مسئولیت نهایی آن ساخت و شبکه کردن منابع است. SFC پتانسیل بسیار زیادی برای تغییر مسیر شبکه دارد و دارای مزایای زیادی ازجمله: کنترل مرکزی شبکه، الگوریتم‌های ساده، صرفه‌جویی و بهینه شدن تجهیزات شبکه و حذف دستگاه‌های میانی است. در این شبکه‌ها ترافیک برای عبور و پردازش به‌وسیله دنباله مرتب از سرویس‌ها انجام می‌شود که باید این زنجیرها به‌دقت بررسی و پردازش شوند [۴].

به دنبال ارائه معماری برای زنجیره سرویس، بلندین و همکاران [۵]، یک مفهوم سطح بالا برای زنجیره سرویس با استفاده SDN، در یک محیط مخابراتی ارائه کردند. در این مطالعه در مورد قواعد، ویژگی‌ها، چالش‌ها و جنبه‌های پیاده‌سازی بستر آزمایشی و آزمودن چنین رویکردی بحث می‌شود. درنهایت، مجموعه‌ای از توابع سرویس و روابط مدیریت، پیاده‌سازی شده و برای اثبات این رویکرد به‌عنوان یک مفهوم، از سناریوهای رایج استفاده‌شده است ولی راجع به بررسی صحت زنجیره بحثی نشده است. همچنین کوئین و گویچارد [۶] تکامل زنجیره سرویس را برای همکاری سرویس‌ها ضروری دانستند. در این مطالعه به‌منظور تکامل این زنجیره، هدرهای سرویس شبکه اطلاعات موردنیاز برای ساخت مسیرهای سرویس‌های توپولوژیکی مستقل را فراهم می‌کند و همچنین این هدرها به ارسال ابر داده بین طبقات و توابع سرویس می‌پردازد و زنجیره‌های درست، باید از قبل توسط کاربر تعریف شود.

معماری SFC متفاوت از مدل‌های رایج است و در حال حرکت به سمت مدل‌های جدیدی است که می‌تواند منجر به پیکربندی و مدل‌سازی امن شود. در این معماری، زنجیره‌ها با مجموعه‌هایی از توابع سرویس جایگزین می‌شوند. این امر می‌تواند با تعریف قواعد، جریان داده‌ها را از طریق شبکه انتقال بدهد و ملاحظات امنیتی برای ارزیابی مجدد مدل جدید فراهم کند. SFC همچنین، انتخاب را به شبکه محول می‌کند.

گاهی زنجیرها حاوی چرخه‌هایی هستند بنابراین ترافیک ملزم به عبور از تعداد بیشتری عملکرد سرویس[3] است. در این صورت راه‌حل‌هایی نیاز خواهد بود که ابهام‌زدایی مناسبی را برای چنین شرایطی فراهم کنند.

هر راه‌حل زنجیره سرویس در معماری SFC باید قادر به پاسخگویی مؤثر به شرایط شکست باشد. این شرایط ممکن است شکست‌های ارتباطاتی در شبکه بین پیشرانه‌های عملکرد سرویس[4]، شکست SFFها یا شکست SFها باشند که توسط تکنیک‌های معماری بررسی نمی‌شوند. این راه‌حل‌ها می‌توانند آنچه آن‌ها نیاز دارند و آنچه آن‌ها را مجاز به بررسی شکست می‌کند را توصیف کنند.

اگر SFF قادر به معرفی جانشین برای انجام این کار باشد، راه‌حل‌ها می‌توانند ویژگی‌های انعطاف‌پذیری از مسیرهای توابع سرویس[5] را استفاده کنند. همچنین، برای شکست SFها، متعادل‌کننده‌های بار می‌توانند استفاده شوند. بااین‌حال، مکانیسم‌های مدیریتی ماشین‌های مجازی، خارج از محدوده این معماری است. این راه‌حل‌ها می‌توانند با توصیف اینکه چگونه مکانیسم‌های مقیاس‌گذاری را استفاده

[1] Secure Service Chain
[2] Network Service Chaining
[3] Service Function
[4] Service Function Forwarder
[5] Service Function Paths

www.SID.ir

Archive of SID

کنند، کمک‌کننده باشند که این کار نیازمند تعریف قواعد است[۱].

کوئین و نادئا در تحقیق خود [۴]، قواعدی را در ارتباط با به‌کارگیری توابع سرویس (مانند فایروال‌ها، بالانس کننده‌های بار و غیره) در محیط‌هایی در مقیاس بزرگ ارائه کردند. به‌طوری‌که اصطلاح «زنجیربندی عملکرد سرویس» برای توصیف و تعریف و نمونه‌سازی از یک لیست مرتب از نمونه‌های توابع سرویس و پس‌ازآن برای دنباله‌ای از جریان ترافیک از طریق توابع سرویس معرفی شد. مجموعه‌ای از SFCها، اپراتور ارائه سرویس را تحت تأثیر قرار می‌دهند که برای رابطه با نرم‌افزار، سرویس و سیاست شبکه طراحی‌شده است. این سند همچنین چندین زمینه کلیدی از SFC با کارکرد گروهی را نشان می‌دهد و برای معماری آن اسنادی را ارائه می‌کند در حالی که هیچ روشی برای اعمال این قواعد ارائه نمی‌شود.

به دنبال آن هالپرن و پیگناتارو در [۱] در مورد یک معماری برای مشخصات، ایجاد، تعمیر و نگهداری مداوم SFC در یک شبکه بحث کردند که شامل مفاهیم معماری، اصول، قواعد و مؤلفه‌های بکار رفته در ساخت‌وساز سرویس‌های مرکب از طریق استقرار SFCها با تمرکز بر روی استانداردسازی در نیروی کار مهندسی اینترنت[1] است ولی هیچ روشی برای اعمال قواعد معرفی نکرده‌اند.

پشتیبانی از رویه‌ها با نقش‌های اختیاری و سفارشی‌سازی قواعد برای شبکه SFC بسیار ضروری است. این قواعد، مجموعه‌ای از ایده‌های انتزاعی قدرتمند برای ایجاد زنجیرهای کنترل‌کننده در شبکه‌های SFC عرضه می‌کنند. سیستم این ایده‌ها را اجرا کرده و مطمئن می‌شود زنجیره-های نوشته‌شده به‌طور کارآمدی عمل می‌کنند؛ بنابراین تعریف گرامر می‌تواند ایده‌های انتزاعی را برای بروز کردن ساختاربندی کلی شبکه عرضه کند.

این ایده‌ها به کاربران امکان می‌دهد تا شبکه را بدون نصب دستی با نصب قواعد و قوانین بر طبق سرویس‌های موجود مجدداً ساختاربندی کنند. همچنین شبکه‌ها وظایفی مانند مسیریابی، نظارت و کنترل دستیابی را به‌صورت مستقل با استفاده از ماژول‌های جداگانه اجرا می‌کنند بنابراین ساخت و ترکیب رویه‌ها در یک شیوه پیمانی (ماژولی) به کمک گرامر باعث می‌شود که ماژول به‌درستی و مستقل از دیگر ماژول‌ها اجرا شود. به‌منظور رسیدن به پتانسیل کامل در شبکه باید ایده‌های انتزاعی مناسب‌تر سطح بالا را، برای ایجاد زنجیره‌های مناسب شناسایی کرد. ساختار زنجیرها می‌توانند به‌صورت پیمانی یا ماژولی طراحی شوند بنابراین ترکیب آن‌ها با دیگر مؤلفه‌ها، ایجاد رویه‌های پیچیده‌تر را امکان‌پذیر می‌کند[۴].

شبکه‌ها، سرورها و برنامه‌های کاربردی همه در سال‌های اخیر با استفاده گسترده از فن‌آوری‌های مجازی‌سازی تحت تغییرات قابل‌توجهی قرارگرفته است. بااین‌حال، گسترش خدمات حیاتی تا حد زیادی بدون تغییر باقی‌مانده است و همچنان به‌صورت یک چالش پیچیده‌ای است که به‌طور قابل‌توجهی هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای را برای اپراتورهای شبکه افزایش می‌دهد. SFC با به‌کارگیری سرویس‌های مرکب ساخته‌شده از یک یا چند عملکرد سرویس با استفاده از SDN و فن‌آوری مجازی‌سازی شبکه به حل این مشکل می‌پردازد.

در همین راستا در مطالعه‌ای که توسط اوه و همکاران [۷] انجام گردید مجازی‌سازی شبکه به‌منظور استفاده بهتر از منابع شبکه و مدیریت راحت‌تر شبکه‌های معمولی بکار برده شد. در این تحقیق ماشین‌های مجازی ایجادشده توسط سرویس‌های مجازی‌سازی، جریان شبکه را از طریق مجموعه‌ای از ماشین‌های مجازی به سرویس‌های موردنیاز ارسال می‌کنند ولی در جهت کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌ها کاری انجام نشده است.

در مطالعه دیگری که توسط مهراقدام و همکاران [۸] بر روی مجازی‌سازی انجام شد، وظایف مختلف در یک شبکه به‌عنوان بخش مهمی از یک شبکه اپراتور معرفی گردید. به‌طوری‌که مجموعه‌ای از زنجیره توابع شبکه، فرآیند شبکه را به جریان می‌اندازد. این محققین برای رسمیت بخشیدن به مجازی‌سازی توابع شبکه از یک‌زبان مستقل از متن برای تعریف قواعد استفاده می‌کنند به‌طوری‌که پردازش درخواست استقرار و ساخت گراف در تابع شبکه مجازی می‌تواند به شبکه‌های نگاشت شده تبدیل گردد ولی زنجیره‌های صحیح باید توسط کاربر از قبل مشخص شوند. یکی از پیشرفت‌های اخیر در صنعت برای زنجیربندی عملکرد شبکه، استفاده از تعریف جدید هدرها توسط SFC

[1] Internet Engineering Task Force

www.SID.ir

Archive of SID

در گروه کاری IETF برای رسیدن به وظایف نظارتی خاص و جدید که با روش‌های موجود امکان‌پذیر نیست، است.
در مقاله‌ای که توسط شیرازی پور و همکاران [۹] انجام شد، دو زمینه فعالیت در این راستا ارائه شده است. به‌طوری‌که آن‌ها ابتدا یک معماری که قادر به انجام نظارت واحد در سراسر شبکه ابری و مرزهای فیزیکی و مجازی است را پیشنهاد کردند و سپس، بر اساس اطلاعات لایه‌های ۴ تا ۷، مکانیسم نظارتی جدید که برای ترافیک NFV قابل‌اجرا است را ارائه کردند ولی در زمینه کاهش تعداد ترکیبات ایجاد شده کاری انجام نشد.
از دیگر فعالیت‌ها درزمینه زنجیربندی عملکرد شبکه، ارائه الگوریتم انتخاب سرویس است. مدهت و همکاران [۱۰]، یک الگوریتم انتخاب تابع سرویس جدید ارائه کردند که بین انتخاب مسیر و باری که باید منتقل شود رقابت انعطاف‌پذیری فراهم می‌کند. رقابت انعطاف‌پذیر ارائه‌شده در الگوریتم را می‌توان توسط یک پارامتر تنظیم کرد. این روش با دیگر الگوریتم‌های موجود مانند، توازن بار و کوتاه‌ترین مسیر مقایسه شده است. در این مطالعه نشان داده شد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند بهترین SFP پایان به پایان عملکرد راه دور را به‌عنوان الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر برای زمان واقعی سرویس / برنامه‌های کاربردی فراهم کند. علاوه بر این، الگوریتم پیشنهادی یک توزیع بار قابل‌قبول بیش از توابع سرویس در دسترس و بهتر از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر و الگوریتم‌های متعادل‌کننده بار فراهم می‌کند ولی هیچ راهکاری در جهت کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌ها مطرح نشد. لوزلی و همکاران در مقاله خود [۱۱] یک‌راه حل رسمی برای جایابی توابع شبکه و مشکل زنجیربندی با ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی صحیح[1] ارائه کردند. علاوه بر این، در این کار به‌منظور مقابله با تعداد حالات زیاد ناشی از ترکیب سرویس‌های شبکه، یک روش اکتشافی و نزدیک به بهینه برای هدایت مؤثر ILP و حل عملی آن، پیشنهاد شد ولی صحت زنجیره باید از قبل توسط کاربر بررسی شود. نا و کیم در مقاله‌ای [۱۲] در مورد چگونگی همنوایی SFC با توزیع شبکه ابری ماشین‌های مجازی بحث کردند. این کار با معرفی یک ابزار خودکار برای SFC مبتنی بر گراف بر روی زیرساخت‌های مبتنی بر شبکه ابری است. در این مقاله برای برآورده کردن چالش‌های خدماتی از قبیل پشتیبانی در مقیاس بزرگ و بهبود لایه زیرین، قواعدی را در این شبکه تعریف می‌کند ولی در جهت کاهش تعداد ترکیبات کاری انجام نشد.
مهراقدام و همکاران [۱۳] عنوان می‌کنند که خدمات ابر توزیع‌شده معمولاً با زنجیری شدن تعدادی از توابع سفارشی‌شده مشخص می‌شود. آن‌ها می‌توانند ساختارهای پیچیده را بین مسیرها توسط انواع خاصی از جریان‌ها ایجاد کنند. این الزامات نیازمند تعریف قواعد خاصی بوده که مبتنی بر گراف است. در این مقاله گرامر مستقل از متن، برای توصیف انتزاعی عملکرد ساختارها و نحوه ایجاد آن‌ها بر اساس زبان مدل‌سازی داده‌ها بیان‌شده که به‌راحتی می‌تواند به یک پیکربندی صریح و روشن از توابع سرویس ترجمه گردد ولی صحت زنجیره‌ها از قبل باید توسط کاربر بررسی شود. سحاف و همکاران [۱۴]، مشکل چگونگی تجزیه بهینه سرویس‌های شبکه را بررسی کردند. آن‌ها به‌طور خاص، پیشنهاد می‌کنند از دو الگوریتم برای نگاشت NSCها در زیرساخت‌های شبکه استفاده شود. اولین الگوریتم ILP است که هزینه‌های نگاشت بر اساس NSC-های موردنیاز و قابلیت‌های زیرساخت را به حداقل می‌رساند و دومی یک الگوریتم ابتکاری برای حل مسئله مقیاس‌پذیری است که باعث کاهش تعداد حالات نگاشت می‌شود. نتایج تجربی نشان می‌دهد که توجه به تجزیه سرویس‌های شبکه در زمان تعبیه، باعث بهبود قابل‌توجهی در عملکرد و کاهش هزینه نگاشت در درازمدت در هر دو راه‌حل بهینه و اکتشافی می‌شود ولی در خصوص بررسی صحت زنجیره کاری انجام نشده است.
مهراقدام و همکاران [۱۵] یک‌راه حل ابتکاری را بیان نموده‌اند که انتخاب یک مجموعه از ترکیبات، ممکن است از یک سرویس و یا از سرویس‌های مختلف با توجه به منابع مورد نیاز توصیف گردد. ارزیابی آن‌ها نشان می‌دهد که ترکیب انتخاب‌شده، نمونه‌ای از ساختارهای ممکن و الزامات است که می‌تواند به‌صورت بهینه در شبکه قرار گیرد درحالی که صحت زنجیره‌ها باید از قبل توسط کاربر چک شود. برخی از مسائل دارای پیچیدگی محاسباتی زیادی هستند که از آن جمله می‌توان به مسائل زمانبندی تولید کارگاهی [۱۶]، مکان یابی بانک‌ها [۱۷]، بهینه‌سازی سبد سهام [۱۸] و مسئله جایابی سرویس‌ها در SFC [۱۹] اشاره

[1] Integer Linear Programming

www.SID.ir

Archive of SID

کرد. همه آنها از دسته مسائل NP[1] هستند و مسئله جایابی سرویس‌ها در SFC برای کاهش حجم محاسباتی نیازمند کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌ها می‌باشد.

با توجه به بررسی کارهای انجام‌شده، SFC نیازمند بررسی صحت زنجیره‌های ایجادشده و همچنین کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌های مختلف شبکه است.

هدف از این مقاله ارائه یک گرامر برای زنجیربندی عملکرد سرویس در شبکه‌های نرم‌افزار محور است که می‌تواند در جهت بررسی صحت زنجیره‌های ایجادشده و کاهش تعداد ترکیبات سرویس‌های مختلف در شبکه بکار رود. برای انجام این کار باید بر مبنای سناریوهای مطرح‌شده در نیروی کار مهندسی اینترنت ابتدا آتوماتان آن‌ها را ایجاد کرده و سپس با استفاده از عبارت منظم و آتوماتان متناهی، گرامر آن‌ها به دست می‌آید. به دنبال آن، با استفاده از الگوریتم CYK[2] ارزیابی گرامر انجام‌شده و تعداد ترکیبات سرویس‌های زنجیره نیز بررسی می‌شود.

این مقاله شامل بخش‌های زیر است: بخش اول شامل معرفی برخی فعالیت‌های انجام‌شده در این زمینه و بیان مسئله است. بخش دوم به معرفی زنجیره عملکرد سرویس در شبکه‌های نرم‌افزار محور می‌پردازد. بخش سوم با فرض آشنایی خواننده با اصول اولیه زبان‌ها و تئوری اتوماتاها، به طراحی آتوماتان و آتوماتان متناهی و گرامر زنجیربندی عملکرد سرویس می‌پردازد. بخش چهارم شامل نتایج آزمایشات و ارزیابی آن‌ها است؛ و در بخش پنجم تحلیل و بررسی نتایج و در آخر نتیجه‌گیری آورده شده است.

۲- زنجیربندی عملکرد سرویس

یک زنجیره عملکرد سرویس، مجموعه‌ای منظم و سفارشی از توابع انتزاعی سرویس و محدودیت‌های سفارشی است که باید برای بسته‌ها، فریم‌ها و جریان‌های انتخاب‌شده بکار برده شود. ترتیب به‌کاررفته ممکن است که یک توالی خطی باشد ولی معماری اجازه می‌دهد که SFCها در بیش از یک شاخه کپی شوند و نیز در مواردی که انعطاف‌پذیری وجود دارد اجازه می‌دهد که آن‌ها به ترتیبی که توابع سرویس نیاز دارند بکار برده شوند.

در اکثر شبکه‌ها، سرویس‌ها به‌عنوان توالی انتزاعی ساخته‌شده از SFها هستند که هر توالی نشان‌دهنده یک SFC است. در سطح بالاتر، یک SFC نمایش انتزاعی از یک سرویس است که مجموعه موردنیاز SFها و نیز ترتیبی را مشخص می‌کند که آن‌ها باید اجرا شوند. هر گره زنجیر، حضور ضروری حداقل یک SF انتزاعی را نشان می‌دهد. این گره‌های گراف (SFها) می‌توانند بخشی از یک یا بسیاری از SFCها باشند. هر گره معین (SF) گراف می‌تواند یک یا چندین بار در SFC داده‌شده ظاهر شود. در اکثر شبکه‌ها، سرویس‌ها به‌عنوان توالی انتزاعی ساخته‌شده از SFها هستند که نشان‌دهنده SFC است. در یک سطح بالاتر، یک SFC یک نمایش انتزاعی از یک سرویس است که مجموعه موردنیاز SF ها و نیز ترتیبی را مشخص می‌کند که آن‌ها باید اجرا شوند. هر گره گراف، حضور ضروری حداقل یک SF انتزاعی را نشان می‌دهد [۱].

۳-گرامر پیشنهادی زنجیربندی عملکرد سرویس

مفهوم زبان رسمی همراه با مواردی مانند الفبای، کلمه یا رشته‌ها تعریف‌شده است. عملیات در زبان، مانند اتحاد، تقاطع، مکمل و تلفیق مشخص است. مفهوم دستور زبان و ارتباط آن با زبان رسمی با استفاده از طبقه‌بندی چامسکی بوجود می‌آید [۲۰] که شامل: منظم، مستقل از متن، حساس به متن و بدون محدودیت است. عبارت منظم[3] به‌عنوان یک روش برای توصیف یا نشان دادن زبان‌های منظم ارائه می‌شوند. دو مدل‌های مختلف از اتوماتان متناهی[4] وجود دارد که این نوع زبان‌ها را تشخیص می‌دهند [۲۰] که شامل: اتوماتان متناهی قطعی[5] و اتوماتان متناهی غیرقطعی[6]است. در این حوزه عبارت منظم، اتوماتان متناهی و گرامر منظم هم‌ارز می‌باشند [۲۰]. در IETF سناریوهایی برای زنجیربندی عملکرد سرویس ارائه شده است. ازجمله مهم‌ترین این سناریوها می‌توان به شبکه مرکز داده[7] [۲۱]، شبکه موبایل[8] [۲۲] و شبکه امنیتی[9] [۲۳] اشاره کرد که نحوه چیدمان سرویس‌های مهم در این سناریوها معرفی‌شده است و برای ساخت گرامر زنجیربندی عملکرد سرویس از این سناریوها استفاده می‌شود. زبان‌های منظم زیرمجموعه‌ای از زبان‌های

[1] Nondeterministic Polynomial time
[2] Cocke–Younger–Kasami
[3] Regular Expression
[4] Finite Automaton
[5] Deterministic Finite Automaton
[6] Non-Deterministic Finite Automaton
[7] Data Center Network
[8] Mobile Network
[9] Security Network

www.SID.ir

Archive of SID

فرمال می‌باشند. این زبان‌ها با عبارت‌های منظم ساخته و توسط ماشین حالت متناهی معین پذیرفته می‌شوند. عبارات منظم مجموعه‌ای از نمادها و عملگرها می‌باشد که با اعمال عملگرها روی مجموعه نمادها، رشته‌ها تشکیل می‌شوند.

فرض کنید L یک زبان فرمال باشد که مجموعه الفبای آن، $\sum$، بصورت $\sum=\{sf_1,sf_2,\ldots,sf_n\}$ است و sf_iها از مجموعه سرویس‌ها مشتمل بر *{pgw, bng, olt, cmts, fw, tls, avc, ids, lb, ips, ddos, a-fw, mon, adc, s-fw, woc, e-fw,...}* انتخاب می‌شوند. تمامی رشته‌های این زبان بفرم $\sum^*$ قابل تولید می‌باشند. با در نظر گرفتن استاندارد IETF زبان L_{SFC} شکل می‌گیرد که L_{SFC}^{mobile} زبان منظم برای شبکه موبایل، $L_{SFC}^{datacenter}$ زبان منظم برای شبکه مرکز داده و $L_{SFC}^{security}$ زبان منظم برای شبکه امنیتی خواهد بود که هریک زیر مجموعه L_{SFC} هستند.

عبارات منظم تولید شده با زبان L_{SFC}^{mobile} برای شبکه موبایل به‌صورت رابطه ۱، عبارات منظم تولید شده با زبان $L_{SFC}^{datacenter}$ برای شبکه مرکز داده به‌صورت رابطه ۲، و عبارات منظم تولید شده با زبان $L_{SFC}^{security}$ برای شبکه امنیتی به‌صورت رابطه ۳ خواهد بود. در این رابطه‌ها * به معنای حداقل تکرار صفر و + به معنای عملگر *OR* است. همچنین عبارات پشت سر هم *AND* می‌شوند و بقیه اصطلاحات در جدول انتهای مقاله معرفی شده است.

$$exp_{mobile}= (pgw+bng+olt+cmts)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^* \quad (۱)$$

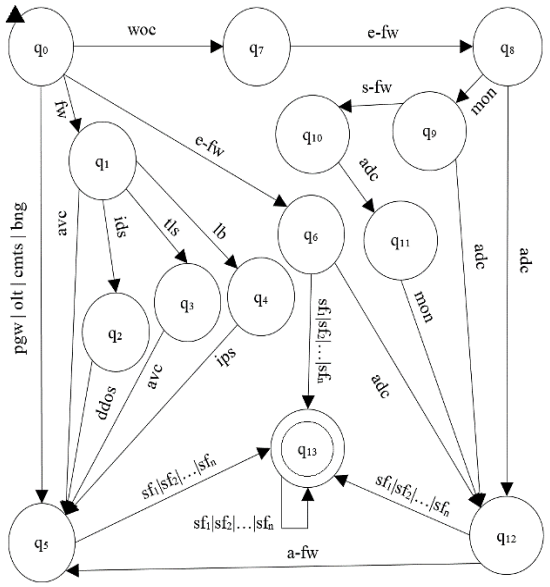
$$exp_{datacenter}= e\text{-}fw\ ((sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*+ adc\ ((sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*+a\text{-}fw\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*))+ woc\ e\text{-}fw\ (adc\ a\text{-}fw\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*+ mon\ (adc\ a\text{-}fw\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*+ s\text{-}fw\ adc\ mon\ a\text{-}fw\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^*)) \quad (۲)$$

$$exp_{security}= (fw\ lb\ ips + fw\ tls\ avc + fw\ ids\ ddos + fw\ avc)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)\ (sf_1+sf_2+\ldots+sf_n)^* \quad (۳)$$

با ترکیب سه عبارت منظم exp_{mobile}، $exp_{datacenter}$ و $exp_{security}$ عبارت منظم exp_{GSFC} شکل می‌گیرد.

$$exp_{GSFC} = exp_{security}+ exp_{mobile} +exp_{datacenter} \quad (۴)$$

آتوماتان پیشنهادی معادل عبارت منظم exp_{GSFC} یک پنج‌تایی به‌صورت $M=(Q,\sum,\delta,s,F)$ است که Q مجموعه متناهی از وضعیت‌های داخلی شامل $\{q_0,q_1,q_2,q_3,\ldots,q_{13}\}$، $\sum$ مجموعه الفبای ورودی شامل مجموعه تمام سرویس‌های موجود در زنجیره عملکرد سرویس و δ مجموعه توابع انتقال از وضعیت‌های داخلی و $s=q_0$ وضعیت آغازین و $F=\{q_{13}\}$ مجموعه وضعیت‌های پایانی است. برای تبدیل عبارت منظم به آتاماتان متناهی از الگوریتم درخت فشرده آتوماتان[1] استفاده شده است [۲۴].



شکل ۱- آتوماتان متناهی پیشنهادی

شکل (۱) ساختار آتاماتان متناهی قطعی پیشنهادی را نشان می‌دهد. در این ساختار وضعیت‌های $\{q_0,q_5,q_{13}\}$ برای شبکه موبایل، وضعیت‌های $\{q_0,q_1,q_2,q_3,q_4,q_5\}$ برای شبکه مرکز داده و وضعیت‌های $\{q_0,q_5,q_6,q_7,q_8,q_9,q_{10},q_{11},q_{12},q_{13}\}$ برای شبکه امنیتی می‌باشد. گرامر منظم معادل آتوماتان متناهی M معادل چهارتایی $G=(V_G,\Sigma_G,S_G,R_G)$ است که V_G مجموعه الفبا شامل نمادهای پایانی‌ها[2] و غیرپایانی‌ها[3] می‌باشد که V_G = { T, Mo, D, Se, X, Y, Z, W, sf_1, …, sf_n } و $\sum_G$ مجموعه نمادهای پایانی معادل تمام sf_2,

[1] Tree Compression Automaton
[2] Terminals
[3] Non-terminals

www.SID.ir

Archive of SID

سرویس‌های موجود در زنجیره عملکرد سرویس، $\Sigma_G = \{sf_1, sf_2, \dots, sf_n\}$، S_G نماد شروع گرامر که برابر $\{T\}$ می‌باشد و R_G معادل مجموعه قوانین بشرح جدول ۱ است.

جدول ۱- گرامر منظم پیشنهادی G برای زنجیربندی عملکرد سرویس

شماره	قانون
$R_G(1)$:	$T \rightarrow Mo \mid D \mid Se$
$R_G(2)$:	$M \rightarrow pgw\ X \mid bng\ X \mid olt\ X \mid cmts\ X$
$R_G(3)$:	$D \rightarrow e\text{-}fw\ Y \mid e\text{-}fw\ adc\ Y \mid e\text{-}fw\ adc\ a\text{-}fw\ Y \mid woc\ e\text{-}fw\ adc\ Y \mid woc\ e\text{-}fw\ adc\ a\text{-}fw\ Y \mid woc\ e\text{-}fw\ mon\ adc\ a\text{-}fw\ Y \mid woc\ e\text{-}fw\ mon\ s\text{-}fw\ adc\ mon\ Y \mid woc\ e\text{-}fw\ mon\ s\text{-}fw\ adc\ mon\ a\text{-}fw\ Y$
$R_G(4)$:	$Se \rightarrow fw\ lb\ ips\ Z \mid fw\ tls\ avc\ Z \mid fw\ ids\ ddos\ Z \mid fw\ avc\ Z$
$R_G(5)$:	$X \rightarrow W$
$R_G(6)$:	$Y \rightarrow W$
$R_G(7)$:	$Z \rightarrow W$
$R_G(8)$:	$W \rightarrow sf_1W \mid sf_2W \mid \dots \mid sf_nW \mid sf_1 \mid sf_2 \mid \dots \mid sf_n$

جدول ۲- مجموعه قوانین گرامر G_1 برای زنجیربندی عملکرد سرویس

شماره	قانون
$R_{G_1}(1)$:	$q_0 \rightarrow pgw\ q_5 \mid olt\ q_5 \mid bng\ q_5 \mid cmts\ q_5$
$R_{G_1}(2)$:	$q_0 \rightarrow woc\ q_7 \mid e\text{-}fw\ q_6$
$R_{G_1}(3)$:	$q_0 \rightarrow fw\ q_1$
$R_{G_1}(4)$:	$q_7 \rightarrow e\text{-}fw\ q_8$
$R_{G_1}(5)$:	$q_8 \rightarrow mon\ q_9 \mid adc\ q_{12}$
$R_{G_1}(6)$:	$q_9 \rightarrow adc\ q_{12} \mid s\text{-}fw\ q_{10}$
$R_{G_1}(7)$:	$q_{10} \rightarrow adc\ q_{11}$
$R_{G_1}(8)$:	$q_{11} \rightarrow mon\ q_{12}$
$:R_{G_1}(9)$	$q_{12} \rightarrow a\text{-}fw\ q_5$
$R_{G_1}(10)$:	$q_{12} \rightarrow sf_1\ q_{13} \mid sf_2\ q_{13} \mid \dots \mid sf_n\ q_{13}$
$R_{G_1}(11)$:	$q_{13} \rightarrow sf_1\ q_{13} \mid sf_2\ q_{13} \mid \dots \mid sf_n\ q_{13} \mid \varepsilon$
$R_{G_1}(12)$:	$q_1 \rightarrow tls\ q_2 \mid lb\ q_3 \mid ids\ q_4 \mid avc\ q_5$
$R_{G_1}(13)$:	$q_2 \rightarrow avc\ q_5$
$R_{G_1}(14)$:	$q_3 \rightarrow ips\ q_5$
$R_{G_1}(15)$:	$q_4 \rightarrow ddos\ q_5$
$R_{G_1}(16)$:	$q_5 \rightarrow sf_1\ q_{13} \mid sf_2\ q_{13} \mid \dots \mid sf_n\ q_{13}$
$R_{G_1}(17)$:	$q_6 \rightarrow sf_1\ q_{13} \mid sf_2\ q_{13} \mid \dots \mid sf_n\ q_{13}$

در قانون $R_G(1)$ می‌توان یکی از سه شبکه موبایل، مرکز داده و امنیت را انتخاب کرد. در قانون $R_G(2)$، $R_G(3)$و $R_G(4)$ نحوه ایجاد زنجیره سرویس برای شبکه موبایل، مرکزداده و امنیت را نشان می‌دهد. در قانون $R_G(5)$، $R_G(6)$، $R_G(7)$ و $R_G(8)$ ساختاری جهت ایجاد حالت چرخه برای تولید سرویس‌های مختلف و انواع سرویس‌های موجود در زنجیربندی عملکرد سرویس نشان داده شده است.

در این بخش با استفاده از سه سناریو شبکه موبایل، شبکه مرکز داده و شبکه امنیت، گرامر منظمی برای تشکیل زنجیربندی عملکرد سرویس پیشنهاد گردید. در روش پیشنهادی از ایجاد زنجیره عملکرد سرویس‌هایی که از استاندارد IETF تبعیت نمی‌کنند جلوگیری می‌گردد. در ادامه به ارزیابی گرامر پیشنهادی پرداخته خواهد شد.

۴- نتایج آزمایشات و ارزیابی آن‌ها

یک زبان فرمال منظم است اگر و فقط اگر توسط یک گرامر منظم تولید شود [۲۰]. همانطور که گفته شد آتاماتان متناهی M برای زبان منظم L_{SFC} با الگوریتم درخت فشرده آتوماتان ساخته شد. زبان L_{SFC} منظم است اگر نشان داده شود گرامر G با ماشین آتوماتان متناهی M معادل است [۲۰]. در حالت اول باید نشان دهیم گرامر حاصل از ماشین آتوماتان متناهی M، معادل گرامر G خواهد بود. فرض کنید G_1 چهارتایی شامل $G_1 = (V_{G_1}, \Sigma_{G_1}, S_{G_1}, R_{G_1})$ گرامرحاصل از ماشین آتوماتان متناهی M باشد. نشان داده می‌شود که G_1 معادل G است. Σ_{G_1} برابر $\sum$، V_{G_1} برابر $Q \cup \Sigma$، S_{G_1} برابر q_0 و R_{G_1} برابر با مجموعه قوانین به فرم زیر خواهد بود،

$$R_{G_1} = \begin{Bmatrix} A \rightarrow \omega B & for\ all\ (A, \omega, B) \in \delta \\ A \rightarrow \varepsilon & for\ all\ A \in F \end{Bmatrix} \qquad (۵)$$

با توجه به تعریف گرامر G_1 مجموعه Σ_{G_1} برابر مجموعه سرویس‌های $\{sf_1, sf_2, \dots, sf_n\}$ می‌باشد که با $\sum_G$ از گرامر G یکی است. از سویی S_G برابر $\{T\}$ می‌باشد که معادل حالت q_0 در ماشین M و معادل S_{G_1} از گرامر G_1 خواهد بود. همچنین $V_{G_1} = Q \cup \Sigma$ که برابر $\{q_0, q_1, \dots, q_{13}, sf_1, sf_2, \dots, sf_n\}$ از ماشین M است. مجموعه نمادهای غیرپایانی $\{q_0\}$، $\{q_6,q_7,q_8,q_9,q_{10},q_{11},q_{12}\}$،$\{q_1,q_2,q_3,q_4,q_5\}$،$\{q_5\}$ و$\{q_{13}\}$ در V_{G_1} به ترتیب معادل مجموعه نمادهای غیرپایانی $\{X\}$، $\{Y\}$، $\{Z\}$، $\{W\}$ و $\{T, Mo, D, Se\}$ در V_G گرامر G می‌باشند و مجموعه‌ی نمادهای پایانی دو گرامر با هم یکسان است. R_{G_1} مجموعه قوانین گرامر G_1 براساس رابطه ۵ به فرم زیر جدول ۲ است.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به قوانین گرامر G_1 و قوانین گرامر G تناظر بین این قوانین در جدول ۳ نشان داده شده است.

بنابراین با توجه به جدول ۳ نشان داده شد، G_1 گرامر حاصل از ماشین آتوماتان متناهی M با گرامر G معادل است.

جدول ۳- تناظر بین قوانین دو گرامر G_1 و G

قوانین گرامر G R_G	قوانین گرامر G_1 R_{G_1}
$R_G(1)$، $R_G(2)$، $R_G(5)$ $R_G(8)$	$R_{G_1}(1)$، $R_{G_1}(11)$، $R_{G_1}(16)$
$R_G(1)$، $R_G(3)$، $R_G(6)$ $R_G(8)$	$R_{G_1}(3)$، $R_{G_1}(11)$، $R_{G_1}(12)$، $R_{G_1}(13)$ $R_{G_1}(14)$، $R_{G_1}(15)$، $R_{G_1}(16)$
$R_G(1)$، $R_G(4)$، $R_G(7)$ $R_G(8)$، $R_G(7)$	$R_{G_1}(2)$، $R_{G_1}(4)$، $R_{G_1}(5)$، $R_{G_1}(6)$ $R_{G_1}(7)$، $R_{G_1}(8)$، $R_{G_1}(9)$، $R_{G_1}(10)$ $R_{G_1}(11)$، $R_{G_1}(17)$

جدول ۴ - تناظر بین دو مجموعه Q_1 و Q از دو ماشین M_1 و M

نماد در Q از ماشین M	نماد در Q_1 از ماشین M_1
q_0	*T, Mo, D, Se*
q_5	*X*
q_5، q_6، q_7، q_8، q_9، q_{10}، q_{11} q_{12}	*Y*
q_1، q_2، q_3، q_4، q_5	*Z*
q_{13}	*W*

در حالت دوم باید نشان داد اگر زبان L حاصل از گرامر منظم G باشد آنگاه آن زبان منظم است. به عبارتی بایستی ماشین آتاماتان متناهی‌ای که زبان L را می‌پذیرد با ماشین آتاماتان متناهی M برابر باشد. فرض کنید زبان L توسط گرامر منظم $G = (\mathrm{V}_G, \Sigma_G, \mathrm{S}_G, \mathrm{R}_G)$ تولید شود، ماشین آتاماتان متناهی‌ای که زبان L را بپذیرد با $M_1=(Q_1,\sum_1,\delta_1,s_1,F_1)$ نشان داده شود که Q_1 مجموعه متناهی از وضعیت‌های داخلی ماشین M_1 شامل سمبل‌های غیرپایانی گرامر G بانضمام یک حالت جدید f بفرم $Q_1 = V_G - \Sigma_G \cup \{f\}$ می‌باشد. مجموعه الفبای ورودی Σ_1 برابر Σ_G ، وضعیت آغازین s_1 برابر S_G ، F_1 مجموعه وضعیت‌های پایانی برابر $\{f\}$ است. و δ_1 برابر با مجموعه قوانین به فرم زیر خواهد بود،

$$\delta_1 = \begin{Bmatrix} (A, \omega, B) & for\ all\ A \to \omega B \in R_G \\ (A, \omega, f) & for\ all\ A \to \omega \in R_G \end{Bmatrix} \qquad (۶)$$

جدول ۵ - تناظر بین مجموعه قوانین دو ماشین M_1 و M

قوانین ماشین M	قوانین ماشین M_1
(q_0, λ, q_0)	*(T,λ,M) (T, λ ,D) (T,λ, Se)*
(q_0, pgw, q_5) (q_0, olt, q_5) (q_0, bng, q_5) $(q_0, cmts, q_5)$	*(Mo, pgw, X) (Mo, bng, X) (Mo, olt, X) (Mo, cmts, X)*
$(q_0, e\text{-}fw, q_6)$	*(D,e-fw, Y)*
$(q_0, e\text{-}fw, q_6)$ (q_6, adc, q_{12})	*(D, e-fw adc, Y)*
$(q_0, e\text{-}fw, q_6)$ (q_6, adc, q_{12}) $(q_{12}, a\text{-}fw, q_5)$	*(D, e-fw adc a-fw, Y)*
(q_0, woc, q_7) $(q_7, e\text{-}fw, q_8)$ (q_8, adc, q_{12})	*(D, woc e-fw adc, Y)*
(q_0, woc, q_7) $(q_7, e\text{-}fw, q_8)$ (q_8, adc, q_{12}) $(q_{12}, a\text{-}fw, q_5)$	*(D, woc e-fw adc a-fw, Y)*
(q_0, woc, q_7) $(q_7, e\text{-}fw, q_8)$ (q_8, mon, q_9) (q_9, adc, q_{12}) $(q_{12}, a\text{-}fw, q_5)$	*(D, woc e-fw mon adc a-fw, Y)*
(q_0, woc, q_7) $(q_7, e\text{-}fw, q_8)$ (q_8, mon, q_9) $(q_9, s\text{-}fw, q_{10})$ (q_{10}, adc, q_{11}) (q_{11}, mon, q_{12})	*(D, woc e-fw mon s-fw adc mon, Y)*
(q_0, woc, q_7) $(q_7, e\text{-}fw, q_8)$ (q_8, mon, q_9) $(q_9, s\text{-}fw, q_{10})$ (q_{10}, adc, q_{11}) (q_{11}, mon, q_{12}) $(q_{12}, a\text{-}fw, q_5)$	*(D, woc e-fw mon s-fw adc mon a-fw, Y)*
(q_0, fw, q_1) (q_1, lb, q_3) (q_3, ips, q_5)	*(Se, fw lb ips, Z)*
(q_0, fw, q_1) (q_1, tls, q_2) (q_2, avc, q_5)	*(Se, fw tls avc, Z)*
(q_0, fw, q_1) (q_1, ids, q_4) $(q_4, ddos, q_5)$	*(Se, fw ids ddos, Z)*
(q_0, fw, q_1) (q_1, avc, q_5)	*(Se, fw avc, Z)*
(q_5, λ, q_5)	*(X,λ,W)*
(q_5, λ, q_5) (q_6, λ, q_6) $(q_{12}, \lambda, q_{12})$	*(Y, λ ,W)*
(q_5, λ, q_5)	*(Z,λ, W)*
(q_5, sf_i, q_{13}), $i=1,\dots,n$ (q_6, sf_i, q_{13}), $i=1,\dots,n$ (q_{12}, sf_i, q_{13}), $i=1,\dots,n$ (q_{13}, sf_i, q_{13}), $i=1,\dots,n$	*(W, sfi, W), i=1,…,n*

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به تعریف ماشین آتاماتان متناهی M_1 مجموعه Σ_1 برابر مجموعه تمام سرویس‌های موجود در زنجیره عملکرد سرویس $\{sf_1, sf_2, \dots, sf_n\}$ می‌باشد که با $\sum$ از ماشین M برابر است. از سویی s_1 معادل S_G برابر $\{T\}$ می‌باشد با درنظر گرفتن تناظر بین T و حالت q_0 در ماشین M دو مجموعه s_1 و s برابر خواهند بود.

F_1 وضعیت نهایی ماشین آتاماتان متناهی M_1 معادل $\{W\}$ بوده که با درنظر گرفتن تناظر بین W و حالت نهایی q_{13} در ماشین M با F برابر است. Q_1 مجموعه متناهی از وضعیت‌های داخلی ماشین M_1 شامل $\{T, Mo, D, Se, X, Y, Z, W\}$ می‌باشد، با ایجاد تناظر در جدول ۴، Q_1 از ماشین M_1 با Q از ماشین M برابر خواهد بود.

با در نظرگرفتن تناظر در جدول ۵، δ_1 مجموعه قوانین ماشین M_1 و δ مجموعه قوانین ماشین M نیز برابر خواهند بود. بنابراین نشان داده شد ماشین آتوماتان متناهی M_1 متناظر گرامر G معادل ماشین متناهی M می‌باشد. پس زبان L حاصل از گرامر G منظم بوده و معادل L_{SFC} خواهد بود.

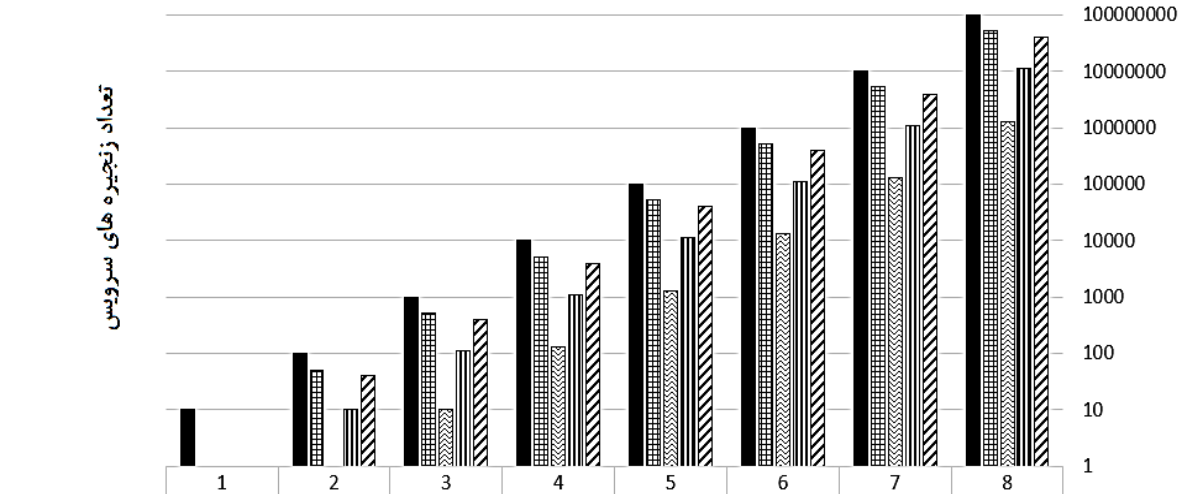
۴-۱- بررسی تعداد زنجیره‌های عملکرد سرویس

در این بخش به بررسی تعداد زنجیره عملکرد سرویس‌های تولید شده با روش پیشنهادی مبتنی بر گرامر و استاندارد IETF پرداخته می‌شود. جدول ۶ نحوه نام‌گذاری روش‌های مورد ارزیابی را نشان می‌دهد.

تعداد زنجیره‌های سرویس روش پیشنهادی ایجاد زنجیره عملکرد سرویس براساس گرامر شبکه‌های موبایل، مرکز داده و امنیت نسبت به حالتی که از گرامر استفاده نمی‌شود در شکل (۲) نشان داده شده است. در این شکل تعداد سرویس‌ها ۱۰ و طول زنجیره سرویس بین ۱ تا ۸ در نظر گرفته شده است. گرامر پیشنهادی شامل سه سناریو مختلف شبکه‌های موبایل، مرکز داده و امنیت می‌باشد که در ارزیابی گرامر پیشنهادی هر سناریو به صورت جداگانه و یکبارهم کل گرامر استفاده شده است.

جدول ۶- نحوه نام‌گذاری روش‌های مورد بررسی

نماد	نام روش
WG-Mobile	روش پیشنهادی زنجیربندی عملکرد سرویس مبتنی بر گرامر موبایل
WG-Datacenter	روش پیشنهادی زنجیربندی عملکرد سرویس مبتنی بر گرامر مرکز داده
WG-Security	روش پیشنهادی زنجیربندی عملکرد سرویس مبتنی بر گرامر امنیت
WG-Total	روش پیشنهادی زنجیربندی عملکرد سرویس مبتنی بر گرامر G شامل شبکه‌های موبایل، مرکز داده و امنیت
WOG	زنجیربندی عملکرد سرویس بدون گرامر



	1	2	3	4	5	6	7	8
WG-Mobile	0	40	400	4000	40000	400000	4000000	40000000
WG-Datacenter	0	10	110	1120	11210	112110	1121110	11211110
WG-Security	0	0	10	130	1300	13000	130000	1300000
WG-Total	0	50	520	5250	52510	525110	5251110	52511110
WOG	10	100	1000	10000	100000	1000000	10000000	100000000

شکل ۲- تعداد زنجیره‌های سرویس ایجادشده برای ۱۰ سرویس با طول‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ برای روش‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود طبق گرامر پیشنهادی در شبکه امنیتی (WG-Security) طول زنجیره حداقل باید ۳ باشد و تعداد زنجیره‌ها با توجه به طول آنها و قانون مربوطه در جدول ۷ مشخص شده است. در شکل (۲)، گرامر پیشنهادی شبکه مرکز داده (WG-Datacenter) طول زنجیره حداقل باید ۲ باشد و تعداد زنجیره‌ها با توجه به طول آنها و قانون مربوطه در جدول ۸ مشخص شده است.

جدول ۷- تعداد زنجیره‌های امنیتی با توجه به طول و قانون

قانون	طول	تعداد
$R_G(4)$	۳	۱۰
$R_G(8)$	۴	۱۳۰
$R_G(8)$	۵	۱۳۰۰
$R_G(8)$	۶	۱۳۰۰۰
$R_G(8)$	۷	۱۳۰۰۰۰
$R_G(8)$	۸	۱۳۰۰۰۰۰

همچنین در شکل (۲)، گرامر پیشنهادی شبکه موبایل (WG-Mobile) طول زنجیره حداقل باید ۲ باشد و تعداد زنجیره‌ها با توجه به طول آنها و قانون مربوطه در جدول ۹ مشخص شده است.

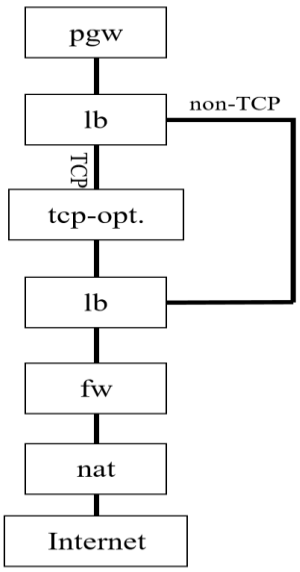
جدول ۸- تعداد زنجیره‌های مرکزداده با توجه به طول و قانون

قانون	طول	تعداد
D → e-fw Y	۲	۱۰
D → e-fw Y|e-fw adc Y	۳	۱۱۰
D → e-fw Y |e-fw adc Y | woc e-fw adc Y| e-fw adc a-fw Y	۴	۱۱۲۰
D → e-fw Y |e-fw adc Y | e-fw adc a-fw Y| woc e-fw adc a-fw Y	۵	۱۱۲۱۰
D → e-fw Y |e-fw adc Y | e-fw adc a-fw Y| woc e-fw adc a-fw Y| woc e-fw mon adc a-fw Y	۶	۱۱۲۱۱۰
D → e-fw Y |e-fw adc Y | e-fw adc a-fw Y| woc e-fw adc a-fw Y| woc e-fw mon adc a-fw Y| woc e-fw mon s-fw adc mon Y	۷	۱۱۲۱۱۱۰
D → e-fw Y |e-fw adc Y | e-fw adc a-fw Y| woc e-fw adc a-fw Y| woc e-fw mon adc a-fw Y| woc e-fw mon s-fw adc mon Y | woc e-fw mon s-fw adc mon a-fw Y	۸	۱۱۲۱۱۱۱۰

در روش پیشنهادی WG-total در شکل (۲)، با در نظر گرفتن تمامی قوانین گرامر G مجموع تعداد زنجیره‌های سرویس برای تمامی روش‌های WG-Security، WG-Datacenter و WG-Mobile نشان داده شده است.

```
Algorithm CYK
Input:  String of consisting n SF: a1 ... an,
        RG with nonterminal symbols R1 ... Rr,
        with initial symbol R1
Output:  True or False
1  P[n,n,r] =false.
2  for s = 1 to n
3    for each unit production Rv -> as
4       P[1,s,v] = true
5    end for
6  end for
7  for l = 2 to n // Length of span
8     for s = 1 to n-l+1 // Start of span
9        for p = 1 to l-1 // Partition of span
10          for production Ra -> Rb Rc
11           if P[p,s,b] and P[l-p,s+p,c] then
12              set P[l,s,a] = true
13           end if
14        end for
15     end for
16   end for
17 end for
```

شکل ۳- شبه کد الگوریتم CYK [۲۰]



شکل ۴- نمونه‌ای از سناریوی موبایل در IETF [۲۲]

جدول ۹- تعداد زنجیره‌های موبایل با توجه به طول و قانون

قانون	طول	تعداد
$R_G(3)$	۲	۴۰
$R_G(8)$	۳	۴۰۰
$R_G(8)$	۴	۴۰۰۰
$R_G(8)$	۵	۴۰۰۰۰
$R_G(8)$	۶	۴۰۰۰۰۰
$R_G(8)$	۷	۴۰۰۰۰۰۰
$R_G(8)$	۸	۴۰۰۰۰۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

{T,Mo, X,Y,Z,W}							
{T,Mo, X,Y,Z,W}	{X,Y, Z,W}						
{T,Mo, X,Y,Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}					
{T,Mo, X,Y,Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}				
{T,Mo, X,Y,Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}			{X,Y, Z,W}	
{X,Y,Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}			{X,Y, Z,W}	{X,Y, Z,W}
pgw	lb	tcp-opt.	lb			fw	nat

شکل ۵- روند پذیرش نمونه سناریو موبایل (شکل ۴) توسط گرامر پیشنهادی با الگوریتم CYK

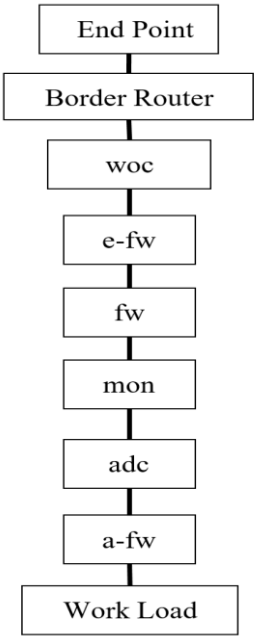
در ادامه در بخش‌های ۲-۴، ۳-۴ و ۴-۴ به ترتیب به پذیرش نمونه سناریوهای موبایل، مرکز داده و امنیت منطبق بر استاندارد IETF توسط گرامر پیشنهادی پرداخته خواهد شد. برای بررسی پذیرش رشته توسط گرامر از الگوریتم CYK [۲۰] استفاده می‌گردد کد الگوریتم آن در شکل ۳ نمایش داده شده است. این الگوریتم یک روش پایین به بالا است و با گرفتن یک رشته و گرامر مشخص می‌کند که آیا رشته توسط گرامر قابل پذیرش می‌باشد یا خیر.

۴-۲- ارزیابی گرامر با سناریوی موبایل

نمونه‌ای از سناریوی موبایل در حوزه SFC که در IETF معرفی‌شده [۲۲] در شکل (۴) نشان داده شده است. روند پذیرش زنجیره (معرفی‌شده در شکل ۴)، توسط گرامر پیشنهادی به کمک الگوریتم CYK در شکل (۵) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد این زنجیره ازنظر گرامر صحیح و قابل‌پذیرش است زیرا از پایین به بالا به قانون شروع کننده گرامر G رسیده است.

۴-۳- ارزیابی گرامر با سناریوی مرکز داده

نمونه‌ای از سناریوی مرکز داده در حوزه SFC که در IETF معرفی‌شده [۲۱] در شکل (۶) نشان داده‌شده است. روند پذیرش زنجیره (معرفی‌شده در شکل ۶)، توسط گرامر پیشنهادی به کمک الگوریتم CYK در شکل (۷) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد این زنجیره ازنظر گرامر صحیح و قابل‌پذیرش است زیرا از پایین به بالا به قانون شروع کننده گرامر G رسیده است.



شکل ۶- نمونه‌ای از سناریوی مرکز داده در IETF [۲۱]

{T,D,X, Y,Z,W}				
{X,Y,Z, W}	{T,D,X,Y, Z,W}			
{X,Y,Z, W}	{T,D,X,Y, Z,W}	{X,Y,Z, W}		
{X,Y,Z, W}	{T,D,X,Y, Z,W}	{X,Y,Z, W}	{X,Y,Z ,W}	
{X,Y,Z, W}	{X,Y,Z,W}	{X,Y,Z, W}	{X,Y,Z ,W}	{X,Y,Z ,W}
woc	e-fw	mon	adc	a-fw

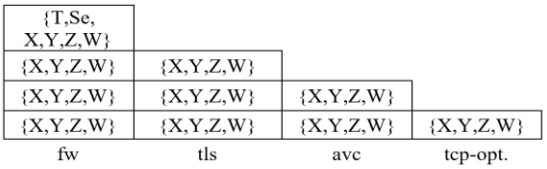
شکل ۷- روند پذیرش نمونه سناریو مرکز داده (شکل ۶) توسط گرامر پیشنهادی با الگوریتم CYK

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۴- ارزیابی گرامر با سناریوی امنیتی

نمونه‌ای از سناریوی امنیتی در حوزه SFC که در IETF معرفی‌شده [۲۳] در جدول ۱۰ نشان داده شده است. روند پذیرش زنجیره معرفی‌شده در جدول ۱۰ توسط گرامر پیشنهادی به کمک الگوریتم CYK در شکل (۸) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد این زنجیره ازنظر گرامر صحیح و قابل‌پذیرش است زیرا از پایین به بالا به قانون شروع کننده گرامر G رسیده است.



شکل ۸- روند پذیرش نمونه سناریو امنیتی (HTTPS Data از جدول ۱۰) توسط گرامر پیشنهادی با الگوریتم CYK

جدول۱۰- نمونه‌ای از سناریوی امنیتی در IETF [۲۳]

Packets	Service Function Path
TCP Handshake	SFP-1. AVC:Firewall
TLS Client Hello	SFP-1; Switched to SFP-2 after AVC
Rest of TLS HS	SFP-2. AVC:TLS Proxy:Firewall
HTTPS Data	SFP-2. AVC:TLS Proxy:Firewall

۵- تحلیل و بررسی نتایج

با توجه به شکل (۲)، در روش پیشنهادی *WG-Mobile* نسبت به *WOG*، حدود ۴۰ درصد زنجیره‌های سرویس معتبر تشخیص داده شده و در حوزه شبکه موبایل می‌باشند. این نسبت با افزایش طول زنجیره سرویس ثابت خواهد بود. در روش پیشنهادی *WG-Datacenter* نسبت به *WOG*، حدود ۱۱ درصد زنجیره‌های سرویس معتبر تشخیص داده شده و در حوزه شبکه مرکز داده می‌باشند. در روش پیشنهادی *WG-Security* نسبت به *WOG*، حدود ۱ درصد زنجیره‌های سرویس معتبر تشخیص داده شده و در حوزه امنیت شبکه می‌باشند. این میزان با افزایش طول زنجیره سرویس به ۱/۳ درصد افزایش می‌یابد. در کل روش پیشنهادی استفاده از گرامر با در نظر گرفتن تمامی قوانین، حدود ۵۲ درصد زنجیره‌های سرویس را معتبر تشخیص داده و از تولید مابقی زنجیره سرویس‌های نامعتبر جلوگیری می‌کند. در روش پیشنهادی گرامر، عبارات منظم و آتاماتان معین معادل آن نمایش داده شد و معادل بودن آنها به طور کامل نشان داده شد. در گرامر پیشنهادی با افزایش تعداد سرویس‌ها میزان کاهش زنجیره سرویس‌ها بیشتر خواهد شد. این کاهش در زنجیره‌های با طول کمتر از ۷ ملموس‌تر می‌باشد چرا که روش پیشنهادی تعداد محدودی از سرویس‌ها را به دنبال هم قرار داده و توجهی به تعداد سرویس‌ها ندارد بنابراین تعداد سرویس‌های بیشتر بر سرویس‌های انتخابی در ابتدای زنجیره تاثیر ندارد. در نتیجه تعداد زنجیره‌های سرویس نسبت به کل زنجیره‌ها کمتر خواهد بود.

۶- نتیجه‌گیری

مسئله جاگذاری زنجیره عملکرد سرویس‌ها در شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار که یک مسئله *NP-Hard* می‌باشد که رابطه مستقیمی با تعداد زنجیره سرویس‌ها دارد. تمرکز این مقاله بر کاهش تعداد این زنجیره سرویس‌ها با توجه به استاندارد IETF بوده است. از اینرو با تعریف گرامر مبتنی بر این استاندارد در سه حوزه موبایل، مرکز داده و امنیت این هدف دنبال شد. برای گرامر تولید، عبارات منظم و آتاماتان متناهی نیز بررسی شد. بر اساس ارزیابی‌های صورت گرفته روش پیشنهادی باعث کاهش حدود ۴۸ درصدی تعداد زنجیره‌های سرویس شده است. درضمن با کمک الگوریتم CYK پذیرش نمونه مثال‌هایی از سناریوهای مختلف مطرح شده در استاندارد IETF نشان داده شد که تمامی این سناریوها به درستی توسط گرامر پیشنهادی مورد پذیرش قرار گرفتند.

۷- مراجع

[1] J. Halpern, and C. Pignataro, "Service Function Chaining (SFC) Architecture", IETF Secretariat, RFC7665, 2015.

[2] W. Lee, Y. H. Choi, and N. Kim, "Study on Virtual Service Chain for Secure Software-Defined Networking", Advanced Science and Technology Letters, Vol. 29, NO. 13, 2013, pp. 177-180.

www.SID.ir

Archive of SID

[3] W. John, K. Pentikousis, G. Agapiou, E. Jacob, M. Kind, A. Manzalini, F. Risso, D. Staessens, R. Steinert and C. Meirosu, "Research directions in network service chaining", IEEE SDN for InFuture Networks and Services, 2013, pp. 1-7.

[4] P. Quinn, and T. Nadeau, "Problem Statement for Service Function Chaining", IETF Secretariat, RFC7498, 2015.

[5] J. Blendin, J. Ruckert, N. Leymann, G. Schyguda, and D. Hausheer, "Position paper: software-defined network service chaining", 3rd European Workshop on Software Defined Networks, 2014, pp. 109-114.

[6] P. Quinn, and J. Guichard, "Service function chaining: Creating a service plane via network service headers", Computer, Vol. 47, NO. 11, 2014, pp. 38-44.

[7] H. Oh, D. Yu, Y.-H. Choi, and N. Kim, "Study on Search Algorithm for Finding an Efficient Service-Chaining Path", Advanced Science and Technology Letters, Vol. 51, NO. 1, 2014, pp. 102-105.

[8] S. Mehraghdam, M. Keller, and H. Karl, "Specifying and placing chains of virtual network functions", 3rd IEEE International Conference on Cloud Networking, 2014, pp. 7-13.

[9] M. Shirazipour, H. Mahkonen, M. Xia, R. Manghirmalani, A. Takacs, and V. S. Vega, "A monitoring framework at layer 4-7 granularity using network service headers", IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Network, 2015, pp. 54-60.

[10] M. Medhat, G. Carella, C. Luck, M.-I. Corici, and T. Magedanz, "Near optimal service function path instantiation in a multi-datacenter environment", 11th International Conference on Network and Service Management, 2015, pp. 336-341.

[11] M. C. Luizelli, L. R. Bays, L. S. Buriol, M. P. Barcellos, and L. P. Gaspary, "Piecing together the nfv provisioning puzzle: Efficient placement and chaining of virtual network functions", IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, 2015, pp. 98-106.

[12] T. Na, and J. Kim, "Cloud-based service function chaining with distributed VMs and its underlay-aware improvement", International Conference on Information Networking, 2015, pp. 428-429.

[13] S. Mehraghdam, and H. Karl, "Specification of Complex Structures in Distributed Service Function Chaining Using a YANG Data Model", Computing Research Repository, Vol. abs/1503.02442, 2015, eprint arXiv:1503.02442.

[14] S. Sahhaf, W. Tavernier, J. Czentye, B. Sonkoly, P. Skoldstrom, D. Jocha, and J., Garay, "Scalable Architecture for Service Function Chain Orchestration", 4th European Workshop on Software Defined Networks, 2015, pp. 19-24.

[15] S. Mehraghdam, and H. Karl, "Placement of Services with Flexible Structures Specified by a YANG Data Model", IEEE NetSoft Conference and Workshops, 2016, pp. 184-192.

[۱۶] محمد علی بهشتی نیا و نیلوفر قاضی وکیلی، "ارزیابی الگوریتم‌های زمانبندی تولید کارگاهی انعطاف پذیر و مقایسه آنها با الگوریتم ژنتیک دوبخشی"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی, دوره ۱۳، شماره ۴۰، سال ۱۳۹۴، صفحه ۱۶-۱.

[۱۷] فرشاد حکیم پور، سیامک طلعت اهری و ابوالفضل رنجبر، "ارزیابی و مقایسه الگوریتم‌های بهینه سازی ژنتیک، شبیه سازی تبرید و فاخته‌ها در مکان یابی رقابتی تسهیلات (مطالعه موردی: بانکها)"، مدل سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۴۸، سال ۱۳۹۶، صفحه ۲۳۱-۲۴۶.

[۱۸] عباس رستمی، امیر نوروزی، هادی مختاری و یاسر نعمتی، "مساله بهینه سازی پورتفولیوی چندهدفه با اهداف حداکثر کردن بازده، حداقل کردن ریسک و حداقل کردن تعداد دارایی"، مدل سازی در مهندسی، دوره ۱۴، شماره ۴۵، سال ۱۳۹۵، صفحه ۱۰۹-۹۹.

[19] X. Li, and C. Qian, "A survey of network function placement", 13th IEEE Annual Consumer Communications & Networking Conference, 2016, pp. 948-953.

[20] B. Reus, "Limits of Computation: From a Programming Perspective", Springer International Publishing, Switzerland, 2016.

[21] S. Kumar, M. Tufail, S. Majee, C. Captari, and S. Homma, "Service Function Chaining Use Cases In Data Centers", IETF Secretariat, draft-ietf-sfc-dc-use-cases-06, 2017.

[22] W. Haeffner, J. Napper, M. Stiemerling, D. Lopez, and J. Uttaro, "Service Function Chaining Use Cases in Mobile Net-works", IETF Secretariat, draft-ietf-sfc-use-case-mobility-07, 2017.

[23] E. Wang, K. Leung, J. Felix, J. Iyer, and P. Patel, "Service Function Chaining Use Cases for Network Security", IETF Secretariat, draft-wang-sfc-ns-use-cases-03, 2017.

[24] P. Martin, J. S. Jan, M. K. Boˇrivoj, "Tree Compression Pushdown Automaton", Kybernetika, Vol. 48, No. 3, 2012, pp. 429-452.

www.SID.ir