تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

رویکردهای نوین مبتنی بر پروتکل جریان‌باز اس‌دی‌ان و مجازی‌سازی توابع شبکه، جهت برقراری تعامل ارائه‌دهندگان محتوا و اینترنت

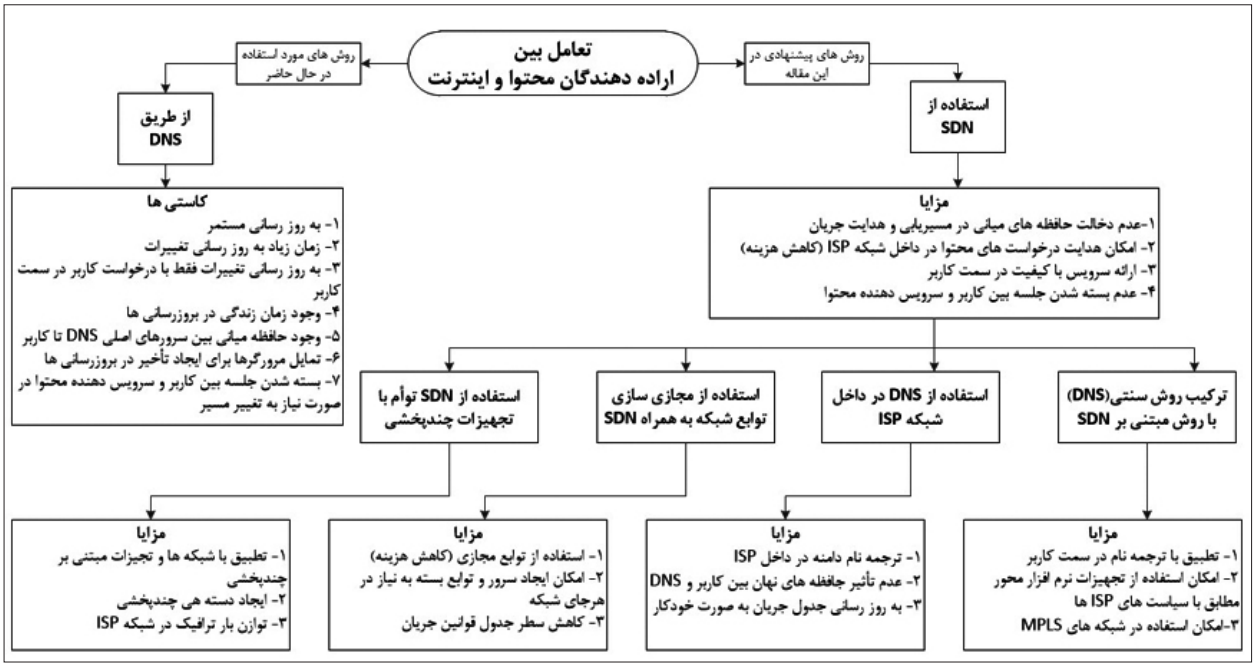
محمد مهدی تکین*
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد تهران مرکز، تهران، ایران.
پست الکترونیکی: Mohammadtakin@outlook.com

سعید بختیاری
استادیار گروه فاوا، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران.
پست الکترونیکی: Saeid.bakhtiarii@chmail.ir

چکیده:

با افزایش سریع مصرف داده در شبکه‌های اجتماعی و دیگر شبکه‌های تحویل محتوا (سی‌دی‌ان)، به ترتیب تعداد و ظرفیت ارائه‌دهندگان محتوا افزایش یافته است. در همین راستا، برای اجتناب از ترافیک‌های خارج از شبکه، ارائه‌دهندگان سرویس اینترنت با ارائه‌دهندگان محتوا شروع به همکاری کرده‌اند. نتیجهٔ این همکاری ارائهٔ خدمات با کیفیت بهتر به مشتریان، کاهش هزینه، کاهش بار شبکه و پشتیبانی از توازن بار برای هر دو طرف است. درحال حاضر همکاری بین ارائه‌دهندگان محتوا و اینترنت با استفاده از رویکردهای مبتنی بر حل‌کننده‌های سامانه نام دامنه (دی‌ان‌اس) است. رویکردهای مبتنی بر دی‌ان‌اس محدودیت‌های فراوانی مانند زمان بالای بروزرسانی تغییرات در سمت کاربر دارند که در این مقاله این محدودیت‌ها به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت. با توجه به نواقص رویکردهای مبتنی بر دی‌ان‌اس، شبکه نرم‌افزاری تعریف شده(اس‌دی‌ان)، رویکرد نوینی برای حل این مشکلات است، از همین رو در این مقاله ضمن تحلیل کیفی رویکردهای نوین مبتنی بر شبکه نرم‌افزاری تعریف شده، به بیان مفاهیم و ضرورت استفاده از این رویکردها جهت برقراری تعاملات پرداخته می‌شود. اطلاعات لازم با استفاده از روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری و به شیوه تحلیلی و توصیفی به تشریح آن‌ها پرداخته شده است. در انتها برخی از رویکردهای مبتنی بر شبکه نرم‌افزار تعریف شده مقایسه و علت تفاوت در عملکرد آن‌ها بررسی می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق برتری رویکردهای مبتنی بر اس‌دی‌ان را نشان می‌دهد. این رویکردها با جایگزین کردن درصد کمی از منابع با تجهیزات اس‌دی‌ان در شبکهٔ آی‌اس‌پی پیاده‌سازی می‌شود. همچنین در مواردی که با معماری‌های مبتنی بر چندپخشی ادغام شود (سودا) علاوه بر کاهش بار خارج از شبکه آی‌اس‌پی، میزان تأخیر مسیر و پاسخ‌دهی را در در مقایسه با روش سنتی تا ۶۰٪ کاهش می‌دهد. همچنین حداقل زمان پاسخ به کاربر را در شرایط غیر بهینه تا ۶۰ ثانیه کاهش خواهد داد. بنابراین ارائه محتوا و تعامل با استفاده از رویکردهای مبتنی بر اسدیان موجب بهینه‌سازی قابل توجه در تجهیزات مصرفی، سرعت و

* نویسندهٔ مسئول



شکل ۱: نمای کلی از روش های مرور شده در این مقاله

توازن بار در شبکه و سرورهای محتوا می‌شود.

واژه‌هـای کلیدی: شـبکه تحویل محتوا، ارائه‌دهندگان سرویس اینترنت، شـبکه نرم‌افزاری تعریف شده، سامانه نام دامنه

۱- مقدمه

در چشـم‌انداز اینترنت امروز، استفاده از شبکهٔ تحویل محتوا[1] (سی‌دی‌ان) به‌طور چشم‌گیری در حال افزایش است. توزیع محتوا در حال حاضر بیشـتر از یک سـوم ترافیک اینترنت را به خود اختصاص داده و در آینده، نزدیک نیمی از آن را در برمی‌گیـرد[۱]. کارایی بـالای توزیع محتوا و افزایـش تقاضای کاربـران برای دریافت هر چه بیشـتر محتوا، باعث به‌وجود آمدن و رشـد صنعت جدیدی به این نام شـده اسـت. این عمل به بهترین ارائه‌دهندگان محتوا ماننـد نت‌فلیکس[2] اجازه می‌دهد، با کاهش تأخیر و افزایش بازده تا حد امکان محتوا را به مشتریان خود نزدیک کنند. سی‌دی‌ان‌ها با ذخیره کردن محتوا در نزدیکی کاربر، امکان دسـتیابی به گذردهی بالا و تأخیـر کم در توزیع محتوای حجیم (مانند: جریان‌های ویدیویـی) را ایجاد کردهاند[۲]. تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، معرف نیازمندی‌های جدیدی جهت تعامل بین ارائه‌دهندگان اینترنت[3] و محتوا و سـود دوطرفه این تعاملات است[۳]. این همکاری به آن‌ها اجازه می‌دهد بر اسـاس ساختار شبکه خود، مناسب‌ترین سی‌دی‌ان را انتخاب کنند تا مانع به‌وجود آمدن ترافیک‌های پراکنده و گران‌قیمت شـوند. همچنین ارائه‌دهندگان محتوا می‌تواننـد مصرف کاربر نهایی را به‌درسـتی محاسـبه کرده و با دسـته‌بندی جایگزین‌های سی‌دی‌ان در نزدیک کاربر به کیفیت خدمات بالاتری دسـت یابند. در این‌گونه تعاملات سی‌دی‌ان‌آی‌اس‌پی[4]، وظیفهٔ مشاهده و کنترل کل شبکه مشـتریان، بر عهده ارائه‌دهندگان اینترنت است[٤]. دست‌یابی به بهترین تعامل، نیازمند ارائه اطلاعات حساس و طبقه‌بندی‌شده بین ارائه‌دهندگان اینترنت و محتوا است. ایـن اطلاعات تبادل شـده در کسـب‌وکار هر دو بسـیار محرمانه و تأثیرگذار اسـت که در ادامه این مقاله به نحوهٔ انتقال ایمن این اطلاعات پرداخته خواهد شد.

درحـال حاضر تعامل بیـن ارائه‌دهنـدگان اینترنت و

1- Content Delivery Network (CDN)
2- Netflix
3- Internet Service Provider (ISP)
4- ISP-CDN Collaboration

محتوا به‌صورت یک نیاز جدی، در حال اجرا است. استفاده سامانه نام دامنه[5] (دی‌ان‌اس) از روش‌های مرسوم و سنتی در این تعاملات است که به علت تاخیر زیاد و عدم انعطاف‌پذیری، مشکلات زیادی را در کیفیت تجربه شده توسط کاربر به‌وجود می‌آورد. در حقیقت ضرورت این مقاله بر تسهیل برقراری تعاملات با استفاده از روش‌های جدید با کارآیی بالا به‌عنوان جایگزین روش‌های سنتی است. همانطور که در شکل ۱ نمایش داده شده، این مقاله به تحلیل و بررسی روش‌های جدید مبتنی بر شبکه نرم‌افزاری تعریف‌شده (اس‌دی‌ان)[6] در تعاملات سی‌دی‌ان-آی‌اس‌پی به‌منظور رفع کاستی‌های روش‌های مبتنی بر دامنه نام، پرداخته می‌شود. ساختار این مقاله به شرح زیر است: در بخش دوم این مقاله دلایل ذکرشده برای انتخاب یک روش جایگزین بررسی شده و کاستی‌های روش‌های مبتنی بر دی‌ان‌اس مورد بحث قرار می‌گیرند. در بخش سوم برخی از سیاست‌ها، ابزارها و سازوکارهای تأثیرگذار در رویکردهای مورد بحث مقاله، مختصراً شرح داده خواهند شد. در بخش چهارم، رویکردهای نوین مبتنی بر اس‌دی‌ان برای برقراری تعامل بین آی‌اس‌پی و سی‌دی‌ان مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش پنجم نتایج مقاله‌های مختلف که به ارائه رویکردهای جدید پرداخته‌اند بررسی و به مقایسه چندین رویکرد پرداخته می‌شود. در بخش ششم نتیجه‌گیری کلی از مباحث این مقاله صورت می‌گیرد.

۲- کاستی‌های روش مبتنی بر دی‌ان‌اس

با توجه به افزایش ساعت‌های شلوغی اینترنت نسبت به میانگین ترافیک اینترنت، انطباق با نیازهای شبکه و شرایط آن در طول روز برای ارائه‌دهندگان اینترنت و محتوا، بسیار حائز اهمیت است. این موضوع موجب تعریف روش‌های مختلف مبتنی بر رویکردهای سامانه نام دامنه جهت تغییر مسیر شد. استفاده از این رویکردها توسط ارائه‌دهندگان شبکه توزیع محتوا دشواری‌های زیادی برای افزایش کیفیت تجربه‌شده توسط کاربر دارد که به شرح زیر است:

۱- باید به‌صورت مستمر دی‌ان‌اس‌ها را به روز رسانی کنند[۵].

۲- در مواقعی که نیاز به تغییر مسیر جریان وجود دارد، اعمال تغییرات و ارائه آن به کاربر نهایی، زمان زیادی خواهد برد. البته دی‌ان‌اس کارسازهای معتبر، در تلاش هستند با کم کردن زمان پاسخ، به بهبود این نقص کمک کنند[٦].

۳- دی‌ان‌اس‌ها فقط به درخواست‌های رسیده از کاربران پاسخ می‌دهند و بدون دریافت درخواست اقدام به بروزرسانی نمی‌کنند. درنتیجه معمولاً از یک زمان برای زندگی[7](تی‌تی‌ال) کوتاه برای رفع این مشکل استفاده می‌کنند. اکثر مرورگرهای اصلی تمایل دارند که مقادیر زمان برای زندگی را نادیده بگیرند و اطلاعات ورودی را حداقل برای یک دقیقه نگه‌دارند.

٤- استفاده از حافظه‌های دی‌ان‌اس در بین مسیر کاربر، حتی در مواردی که اپراتور شبکه توانایی رفع خطا با سرعت بالا را دارد زمان پاسخ را افزایش می‌دهد[۷].

۵- در مواردی که نشانی جدید جایگزین سی‌دی‌ان به کاربر ابلاغ می‌شود، نیاز به تغییر مسیر جریان داده و بستن نشست تی‌سی‌پی[8] و تشکیل یک نشست جدید در مبدأ و مقصد است. حتی اگر فرایند تغییر نشانی، با سرعت بالا صورت گیرد همچنان کاربر متوجه وجود خطا در هنگام مشاهده ویدیو می‌شود.

در حال حاضر تعاملات سی‌دی‌ان-آی‌اس‌پی، بر پایه ترجمه نشانی نشانی وب به نشانی آی‌پی[9] جایگزین سی‌دی‌ان صورت می‌گیرد. با توجه به مشکلات روش‌های مبتنی بر دی‌ان‌اس که در بالا ذکر شد، ارائه‌دهندگان محتوا درجهت افزایش کارایی مجموعه خود اقدامات زیر را در جهت بهبود تعامل مبتنی بر دی‌ان‌اس انجام داده‌اند:

۱- آن‌ها به‌منظور بهتر شدن این رویکرد اقدام به تهیهٔ سرویس‌دهندهٔ نام معتبر مخصوص به خود نموده‌اند[٤].

5- Domain Name Service (DNS)
6- Software Defined Network (SDN)
7- Time To Live (TTL)
8- Transmission Control Protocol (TCP)
9- Internet Porocol (IP)

این سازوکار با هدایت درخواست‌ها به سمت نزدیک‌ترین سی‌دی‌ان به سه روش: مسیریابی مجدد درخواست دی‌ان‌اس، مسیریابی مجدد درخواست اچ‌تی‌تی‌پی[10] و مسیریابی مجدد درخواست چندپخشی[11]، مشکل یافتن محل استقرار کارساز را برطرف می‌کند[۲].

۲- با توجه به محدودیت بروزرسانی دی‌ان‌اس‌ها، سرعت اعمال تغییرات سی‌دی‌ان‌ها وابسته به این است که ارائه‌دهندگان شبکه بتوانند درصورتی‌که کاربر درخواست دی‌ان‌اس ارسال نکرد، اطلاعات را به‌صورت بیدرنگ به کاربر ارسال کنند.

اقدامات صورت گرفته توسط ارائه‌دهندگان محتوا نتوانست مشکلات را برطرف کند. زیرا در بازار تجاری کنونی بیش از ۹۱٪ کاربران از مرورگرهای گوگل کروم و موزیلا فایرفاکس استفاده می‌کنند[۸]. این مرورگرها اطلاعات دی‌ان‌اس را حداقل یک دقیقه بدون توجه به تی‌تی‌ال در حافظهٔ نهان خود نگه می‌دارند. در بهترین شرایط اگر این مرورگرها به‌عنوان تنها نگه‌دارنده دی‌ان‌اس در مسیر کاربران در نظر گرفته شوند، به‌طور متوسط ۳۰ ثانیه زمان می‌برد تا تغییرات در اطلاعات دی‌ان‌اس، به کاربر نهایی ابلاغ گردد[۷]. در نظر بگیرید کاربر در حال تماشای یک ویدیو، با کیفیت بالا به‌صورت زنده در وبگاه آپارات[12] است. ناگهان ارائه‌دهنده محتوا دچار مشکل شده و از دسترس خارج می‌شود. با توجه به فرایند هدایت جریان مبتنی بر دی‌ان‌اس و تحقیقاتی که در مقاله [۷] صورت گرفته، حداقل ۶۰ ثانیه زمان لازم است تا جریان شبکه کاربر به سمت یک جایگزین مناسب هدایت گردد. وجود یک روش جدید برای رفع این زمان، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. حال با توجه به موارد بالا نیاز به یک روش جدید که زمان ازدست‌رفته را بهبود ببخشد و موجب افزایش کیفیت تجربه کاربر شود بسیار ضروری است. ساختار اسدیان به‌گونه‌ای طراحی‌شده است که از حل این مشکل اطمینان می‌دهد. پروتکل‌های مختلف اس‌دی‌ان مانند جریان باز[13] اجازه می‌دهند که تغییر مسیر جریان‌ها به مسیر جدید بسیار ساده‌تر، در مقیاس زمان کمتر و با انعطاف بیشتر توازن بار نسبت به دی‌ان‌اس صورت پذیرد[۳].

۳- سیاست‌ها، ابزارها و سازوکارها در تعاملات سی‌دی‌ان-آی‌اس‌پی مبتنی بر اس‌دی‌ان

شبکه‌های مبتنی بر اس‌دی‌ان که با پروتکل جریان‌باز طراحی می‌شوند، با استفاده از قابلیت انعطاف‌پذیری و هدایت مجدد جریان‌ها، نیازهای تغییر مسیر ترافیک به جایگزین سی‌دی‌ان را برطرف می‌کنند. بااین‌حال هدایت‌های صورت گرفته در شبکهٔ طراحی‌شده نباید در نشست تی‌سی‌پی اختلال ایجاد کند. این موضوع موجب افزایش بی‌رویه جدول جریان‌ها شده که به‌نوبه خود به دلیل نیاز بیشتر به حافظه، هزینه‌های لازم برای ساخت و تأمین چنین شبکه‌ای را افزایش می‌دهد. روش‌های مختلفی برای کاهش هزینه و اجرای ساده معماری مبتنی اس‌دی‌ان ارائه گردیده است که در بخش‌های آینده به آن پرداخته می‌شود.

۳-۱-سیاست‌های سیستم

به منظور ایجاد تعامل دو طرفه، پیشتر باید سیاست‌های زیر تعریف گردند:

- مخفی بودن اطلاعات: اصلی‌ترین دلیل برای شرکت نکردن در مدیریت ترافیک مشترک این است که هر دو طرف، اطلاعات مخفی با اهمیت بالا دارند که در موفقیت آن‌ها تأثیرگذار بوده است. اطلاعاتی که آی‌اس‌پی در اختیار سی‌دی‌ان قرار می‌دهد شامل توپولوژی و سطح‌بندی شبکهٔ خود است که نقاط ضعف ساختاری آن را نمایان می‌کند. همچنین ارائه‌دهندگان سی‌دی‌ان مجبور به آشکارسازی سیاست‌های آرایش گره‌های جایگزین هستند که محل استقرار کارسازها را شامل می‌شود. سیستم طراحی‌شده باید به‌صورتی باشد که

10- Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
11- Anycast
12- Aparat.com
13- OpenFlow

بـــه هر دو طرف اجـــازه دهد فقط اطلاعاتی را آشـــکار سازند که مایل به شرح آن هستند[۳].

- مهندســـی ترافیک یکپارچه: سی‌دی‌ان‌ها برای پشتیبانی از توازن بار دســـت به تغییر مســـیر ناگهانی در شبکه می‌زنند. این جریان‌های ترافیکی در زمان‌های پرمصرف، موجب ازدحام در شبکه می‌شوند. بدین ترتیب مجموعه طراحی‌شـــده باید اجازه یکپارچه‌سازی دقیق ترافیک را داشته باشد[۳].
- قـــدرت تصمیم‌گیری نهایی: انتخاب جایگزین مناســـب به‌عنوان هســـته اصلی مدل تجارت سی‌دی‌ان شناخته می‌شـــود که باید توسط ارائه‌دهندهٔ سی‌دی‌ان صورت گیرد. همچنین ارائه‌دهندگان سی‌دی‌ان اطلاعات کاملی در مورد بار روی جایگزین‌هـــا دارند که این اطلاعات باید در حین پردازش به حساب کاربر نیز وارد گردد. البته آی‌اس‌پی نیز باید نقش پیشنهادکننده را بازی کند که در مرحله آخر سی‌دی‌ان این پیشنهاد را رد یا تایید کند[۳].

۳-۲- ابزار و ســـازوکار مورد اســـتفاده در شبکه‌های مبتنی بر اس‌دی‌ان

۱- مســـیریابی مجدد درخواست چندپخشی: سربار و تأخیر کم و ســـاختار ســـاده از ویژگی‌های این سازوکار اســـت. در این روش رعایـــت توازن بار موجـــب افزایش انعطاف‌پذیری شبکه می‌گردد. با کمترین میزان استفاده از اس‌دی‌ان می‌توان به یک روش ترکیبی شامل توازن بار و مسیریابی چندپخشی دست‌یافت که مقاله [۲] آن را سودا[۱۴] می‌نامد. در بخش ٤، رویکرد ســـودا به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۲- مجازی‌سازی توابع شبکه[۱۵] (ان‌اف‌وی): با توجه به مشـــکلات حافظه و هزینه بالای رفع آن، که در ابتدای این بخش به آن اشاره شد برخی رویکردها (مانند: [۷] و [٤]) برای رفع این محدودیت‌ها از ان‌وی‌اف استفاده می‌کنند.

14- Software Defined Anycast (SoDA)
15- Network Function Virtualization (NFV)

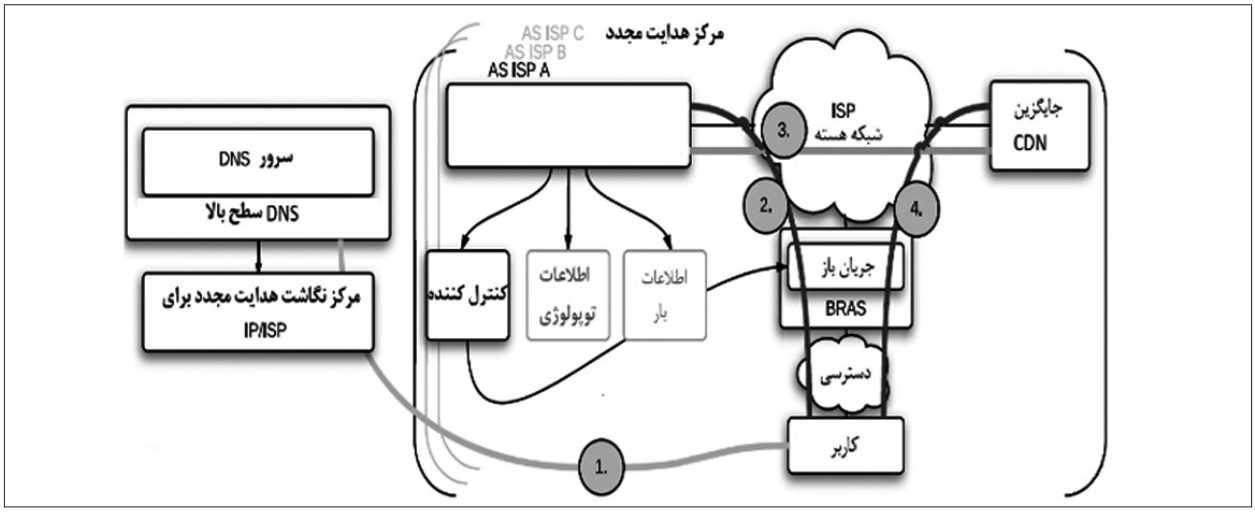
۴- رویکردهای مبتنی بر اس‌دی‌ان

مشـــکلات موجود در روش‌های مبتنی بـــر دی‌ان‌اس، عـــدم تأثیر اقدامـــات ارائه‌دهنـــدگان خدمـــت در رفع این مشکلات و ویژگی‌های اس‌دی‌ان، پژوهشگران را وادار به پیشـــنهاد رویکردهایی مبتنی بر اس‌دی‌ان جهت تعامل بین ارائه‌دهنـــدگان اینترنت و خدمت کرده اســـت. در این مقاله ســـعی شده اســـت تا با جمع‌بندی این رویکردها ضرورت اســـتفاده از اس‌دی‌ان در مجموعه‌هـــای توزیع محتوا بیان شـــود. در این بخش سعی شـــده این رویکردها بررسی و طبقه بندی شـــوند و نقاط ضعف و قوت هریک به درستی بیان گردد.

٤-۱- ترکیب روش‌های ســـنتی با روش‌های مبتنی بر اس‌دی‌ان

معماری پیشنهادی که در مجموعهٔ ارائه شده مقالهٔ [۳] ارائه گردیده است، در دو سطح مبتنی بر دی‌ان‌اس جهانی و مرکز هدایت مجدد پایه‌ریزی شـــده اســـت (شکل ۲). در ساختار بخش اصلی این معماری، یک مرکز نشانی‌دهی[۱۶] (آرســـی) در داخل شـــبکهٔ هر آی‌اس‌پی تعبیه می‌شـــود. کاربر از ارائه‌دهنده محتوا درخواســـت محتوا می‌کند. این درخواســـت به‌صورت بازگشتی در یک کارساز دی‌ان‌اس معتبر، ترجمه و پاســـخ داده می‌شود. سپس نشانی ترجمه شده، برای آرسی موجود در آی‌اس‌پی ارسال می‌گردد. در این مرحله، آرسی، نشســـت تی‌سی‌پی کاربر را قطع کرده و همزمان فرایند محاســـبه و انتخاب بهینه‌ترین جایگزین ســـی‌دی‌ان برای توزیع محتوا را انجام می‌دهد. حالت‌های نشست برقرارشده توسط آرسی به سمت کارساز جایگزین منتقل می‌گردند[۳]. برای اطمینان از صحت انتقال حالت‌ها، آرسی اطلاعات سیگنال‌های کارساز دسترسی از راه دور باند پهن[۱۷] (برّس) را در نزدیک کاربر ذخیره می‌کند. سپس جریان‌ها از طریق ســـوییچ‌های جریان‌باز به سمت کاربر نشانی‌دهی می‌شوند. درنهایت محتوا از کارساز جایگزین انتخاب‌شـــده، به کاربر تحویل داده می‌شود[۳]. همان‌طور

16- Redirection Center (RC)
17- Broadband Remote Access Server (BRAS)



شکل۲: بررسی اجمالی مجموعه طراحی شده در مقاله]۳[. (۱) کاربر پس از حل درخواست توسط دی‌ان‌اس به طرف آرسی موجود در آی‌اس‌پی هدایت می‌شود.(۲) آرسی نشست وب را قطع می‌کند. (۳) آرسی جریان دریافتی را به یک جایگزین سی‌دی‌ان مناسب هدایت می‌کند. (۴) کاربر از طرف جایگزین سی‌دی‌ان سرویس دهی می‌شود.

که مشخص است این رویکرد، به همکاری دو واحد مختلف مجزا وابسته است که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

- واحد حل‌کنندهٔ دی‌ان‌اس

هدف از این واحد ارائه یک کارساز مناسب با توجه به سیاست‌های انتخاب کارساز سی‌دی‌ان است. که دو حالت دارد:

۱- کاربر از حل‌کنندهٔ ارائه‌شده توسط آی‌اس‌پی استفاده کند: تمام درخواست‌های رسیده را که با نشانی‌های موجود در آی‌اس‌پی شروع می‌شود، به سمت آرسی ارسال می‌شود که به آن حرکت مستقیم به جلو[۱۸] نیز می‌گویند.

۲- کاربر از حل‌کننده‌های کمکی سوم (دی‌ان‌اس‌های عمومی) استفاده کند: فرایند انتقال درخواست کاربر به آرسی مناسب، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

- واحد مرکز هدایت

در این واحد با استفاده از اس‌دی‌ان روند انتخاب بهترین جایگزین، توسط نرم‌افزار کاربردی انتخاب جایگزین ارائه‌شده توسط سی‌دی‌ان ممکن می‌شود. با در نظر گرفتن این موضوع، آرسی سه وظیفهٔ بسیار مهم را بر عهده دارد: (۱) گوش دادن به نشست‌ها، شناسایی و انتقال آن‌ها (۲) نظارت بر وضعیت شبکه (آرسی به وضعیت پایش موجود در شبکه دسترسی دارد.) (۳) هدایت جریان، استفاده از ابزارهای برنامه سی‌دی‌ان برای انتقال حالت‌های نشست.

به‌طور خلاصه با استفاده از مدل کاربردی مرکز هدایت، هر دو طرف به اطلاعات مهمی دست می‌یابند. آی‌اس‌پی می‌تواند به‌طور دقیق به اطلاعات انتقالی در توپولوژی ارائه‌دهنده سی‌دی‌ان دست یابد و آن را کنترل کند. سی‌دی‌ان نیز به ساختار و توپولوژی ارائه شده توسط آی‌اس‌پی دسترسی پیدا می‌کند.

با شناخت واحدهای در نظر گرفته شده می‌توان چهار گزینه برای استفاده از اس‌دی‌ان در شبکه موجود آی‌اس‌پی‌ها ارائه کرد. این چهار گزینه با توجه به ساختار امروزی آی‌اس‌پی‌ها ارائه گردیده است:

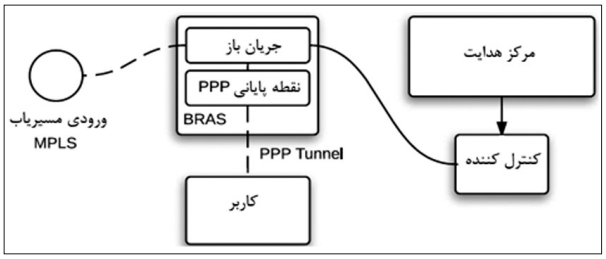
۱- لوح پاک: به معنای جایگزینی کامل و استفاده از سخت‌افزارهای اس‌دی‌ان در تمام سطوح هسته تا سطح دسترسی است. این روش، نیازمند سرمایه‌گذاری در سطح کلان می‌باشد. فواید این رویکرد انعطاف‌پذیری و سهولت در اجرای مفاهیم جدید هدایت جریان است؛ که البته در مقابل، هزینهٔ بالایی نیز در بر دارد[۳].

۲- فقط دسترسی: به معنی جایگزینی در لایه دسترسی شبکه، که اولین قدم از محدوده کاربر به سمت BRAS است.

18- Straight forward

جدول ۱: قوانین مورد استفاده برای بازنویسی و شناسایی جریان

رویکرد	مطابقت	گسترش پذیری	دانه‌بندی
هر آی‌پی	(Src IP, Dst IP) = (Cl IP, RC IP)	O(n)	هر کاربر
هر زیرشبکه	(Src IP, Dst IP) = (Src IP\Subnet, RC IP)	O(n/s)	هر گروه
تی‌او اس	(Tos, Dst IP) = (x, RC IP)	O(t)	هرگروه ویا کاربر



شکل ۳: جریان‌باز در شبکه‌های ام پی ال آس[۳]

امکان مدیریت جریان به‌صورت مستقیم را فراهم می‌سازد و در مقابل، به تعداد زیادی سوییچ جریان باز در محدوده کاربـر نیاز خواهد داشـت. به همین دلیـل کنترل فیزیکی آی‌اس‌پی‌ها بر روی دارایی خود از بین می‌رود[۳].

۳- فقط هسـته: این روش نیازمنـد تعویض تجهیزات سـوییچ کردن برچسـبی چندین پروتـکل[۱۹] (ام‌پی‌ال‌اس) موجود در آی‌اس‌پی‌ها است؛ بنابراین، بعید به نظر می‌رسد که آی‌اس‌پی ها در آینده، تجهیزات خود را با سخت‌افزارهای اس‌دی‌ان تعویض نمایند[۹].

٤- فقط لبه: لبه‌های یک آی‌اس‌پی به‌عنوان متصل‌کننده BRAS و ورودی مسـیریاب ام‌پی‌ال‌اس شناخته می‌شوند. استفاده از سخت‌افزار اس‌دی‌ان در BRAS به دلیل محدود بودن تعداد آن‌ها حتـی در بزرگ‌ترین آی‌اس‌پی‌ها هزینه را بسـیار کم می‌کنـد. این روش امکان دسـت‌کاری تمام جریان‌ها برای تمام کاربران، قبل از ورود به هسـتهٔ شبکه را ممکن می‌سازد که به معنی عدم تغییر در زیرساخت‌های هسته مبتنی بر ام‌پی‌ال‌اس می‌باشـد. اجرای اس‌دی‌ان در سطح لبه دو مشـکل عدم امکان گسترش و از دست رفتن توانایی کنترل کلی جریان را در بر دارد.

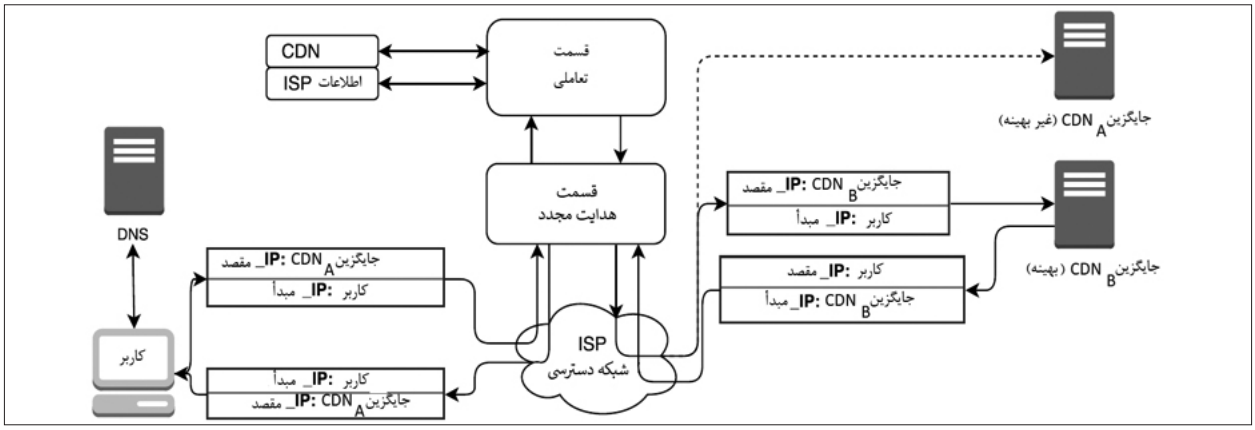
در شکل ۳ دست‌کاری ترافیک بعد از بسته بندی پروتکل نقطه به نقطه[۲۰] و قبل از برچسـب‌زنی ام‌پی‌ال‌اس در روش فقط لبه مشـخص شده اسـت. جریان‌ها از طریق نوشتن مجدد بسته‌ها، هدایت شده که این کار اجازهٔ مسیریابی بر مبنای آی‌پی را به ام‌پی‌ال‌اس می‌دهد[۳].

در مرحلهٔ انتقـال جریان و بازنویسـی، از قانون‌های جدول ۱ در سوییچ‌های جریان‌باز استفاده می‌شود. سطر اول بر اسـاس هر کاربر اقدام به تغییر نشـانی مقصد با نشـانی آرسـی می‌نماید ایـن قانون با توجـه به محدود بـودن تعداد صف سـخت‌افزاری سـوییچ‌های جریان‌باز با مشکل گسـترش‌پذیری روبرو است. سطر دوم جدول، بازنویسـی نشـانی مقصد برای یک زیرشـبکه را نشان می‌دهد. پیاده‌سـازی این رویکرد با توجه به سیاست‌های اهدای آی‌پی در آی‌اس‌پی ممکن است دشوار باشد، اما در کاهش تعداد دستورات جریان‌باز بسیار مؤثر است. سطر سوم، ارائه‌دهندهٔ سـی‌دی‌ان ممکن است اقدام به هدایت و علامت‌گـذاری جریان‌ها نماید. در ایـن رویکرد آی‌اس‌پی دسـتور تطابق برای هر جایگزین که مقـدار تی‌اواس آن مشخص شده است را اعمال می‌کند.

٤-۲- فراینـد ترجمـه دی‌ان‌اس در داخـل شـبکه آی‌اس‌پی

در این رویکرد که در مقاله [٤] ارائه شـده است، دیگر نیاز به حل دی‌ان‌اس توسط کاربران محلی نیست. معماری این مجموعه از دو بخش منطقی شامل: بخش هدایت مجدد و بخش تعاملی موجود در شبکه‌های آی‌اس پی-سی‌دی‌ان تشکیل شده اسـت[٤]. شکل ٤ اجزای مختلف این معماری را نشـان می‌دهد. این رویکرد علاوه بر بهبود راهکارهای پیشـین، در اجرای درخواست مسیریابی مجدد نیز بسیار شبیه به راهکارهای قدیمی مبتنی بر دی‌ان‌اس است. تفاوت

19- Multi Protocol Label Switching (MPLS)
20- Point to Point Protocol



شکل ۴: معماری رویکرد بر اساس دو بخش هدایت مجدد و تعاملی[۴]

ایـــن روش انتقـــال جریان کاربر به قســـمت هدایت مجدد، بلافاصله بعد از ورود به شبکه است. این واحد با استفاده از اطلاعات واحد تعامل کننده که شـــامل الگوریتم انتخاب جایگزین سی‌دی‌ان است، کارساز جایگزینی مناسب برای نشست کاربر را انتخاب می‌کند. در مرحلهٔ تعامل‌کننده، یک فرایند ترجمهٔ نشـــانی شبکهٔ مقصد[۲۱] بر روی آی‌پی مقصد بسته اعمال می‌شود، که صراحتاً جریان کاربر را به سمت جایگزین سی‌دی‌ان هدایت می‌کند[٤].

از سوی دیگر هنگامی‌که محتوا به دست کاربر می‌رسد، یک فرایند مشابه اتفاق می‌افتد. بسته به قسمت هدایت مجدد منتقل شـــده و مجدداً یک فرایند ترجمه نشانی شبکهٔ مبدأ[۲۲] بر روی این بســـته اجرا می‌گردد تا به دست کاربر برسد. این فرایند به‌طـــور کامل از دید کاربر پنهان می‌ماند و نیاز به هیچگونه تنظیماتی در سمت کاربر ندارد[٤]. باید در نظر داشـــت که جداسازی دو بخش مســـیریابی مجدد و بخش تعامل، اجـــازه این ارتباط را می‌دهد. معماری پیشـــنهادی با قرار دادن یک رابط برنامه‌نویســـی کاربردی[۲۳]، بین این دو بخـــش، امکان تعامل و دریافت هرچه بیشـــتر اطلاعات را ممکن می‌ســـازد. البته آی‌اس‌پی‌ها و سی‌دی‌ان‌هایی که به‌صورت جداگانه فعالیت دارند، تنها بخشـــی از اطلاعات را در اختیار یکدیگر قرار می‌دهند. یکی از مهم‌ترین موارد این رویکرد، محل استقرار قسمت‌های مختلف این معماری اســـت. فرض بر این است که آی‌اس‌پی‌ها با در نظر گرفتن تأخیر، تا زمانی که اجزای معماری بین مســـیر مشتری و جایگزین ســـی‌دی‌ان قرار گیرند، روش‌هـــای این معماری قابـــل اجرا خواهند بود. در جـــدول ۲، یک نمونه از قوانین اجرا شده در این رویکرد آورده شده است. همچنین زمانی که بســـته‌ای از جریان کاربر به سمت سی‌دی‌ان به سوییچ جریان‌باز برسد منطق شبه کد زیر اجرا می‌گردد.

```
For each packet:
    If packet.flow in table:
        Rewrite, Forward
    Else:
        Send to Controller
```

این کد برای تمام بســـته‌ها اجرا شـــده و اگر قانون مربوط بـــه یک جریـــان مشـــخص، در جـــدول قوانیـــن نرم‌افزار محور وجود داشـــت، بســـته‌های مربوط به آن جریان را بازنویســـی و ارســـال می‌کند. در غیر این صورت بســـته را جهت شناســـایی و نصب قانون مربـــوط به آن جریان، برای کنترل‌کننده ارســـال می‌کند. فرایند تعامل بین بخش مســـیریابی مجدد و بخش تعاملی توســـط یک کنترل‌کنندهٔ جریان‌باز برقرار می‌شود. این کنترل‌کننده بر عملیات تمام سوییچ‌های محدودهٔ خود حکمرانی می‌کند. اگر بسته‌ای از جریان کاربر و سی‌دی‌ان دریافت شود که دستوری برای آن در ســـوییچ‌ها وجود نداشته باشـــد به این کنترل‌کننده ارسال می‌شود. کنترل‌کننده با کمک بخش تعاملی جایگزین معتبر را انتخاب می‌کند؛ سپس کنترل‌کننده همانند ساختار موجود در جدول ۲ قانون مربوط به این جریان را بر روی ســـوییچ‌ها نصب می‌کند تا سایر بســـته‌ها نیز مسیریابی

21- Destination Network Address Translation (DNAT)
22- Source Network Address Translation (SNAT)
23- Application Programming Interface (API)

جدول ۲: نمونهٔ قوانین مورد استفاده در سوییچ‌های جریان باز در رویکرد مبتنی بر آس‌دی‌ان

اولویت	درگاه ورودی	پروتکل	پورت مبدا	پورت مقصد	اقدام	آدرس مبدا	آدرس مقصد
۱۰	*	TCP	*	۸۰	تغییر آدرس مقصد به ۱۰،۰،۱،۲	۱۰،۰،۰،۱	۱۰،۰،۱،۱
۱۰	*	TCP	۸۰	*	تغییر آدرس مقصد به ۱۰،۰،۱،۱	۱۰،۰،۱،۲	۱۰،۰،۰،۱
۱۰	*	TCP	۴۴۴۴	۸۰	تغییر آدرس مقصد به ۱۰،۰،۱،۲	۱۰،۰،۰،۱	۱۰،۰،۱،۱
۱۰	*	TCP	۸۰	۴۴۴۴	تغییر آدرس مبدا به ۱۰،۰،۱،۱	۱۰،۰،۱،۲	۱۰،۰،۰،۱
۰	*	TCP	*	۸۰	ارسال بسته به کنترل کننده	۲۴/۱۰،۰،۰،۰	۲۴/۱۰،۰،۱،۰

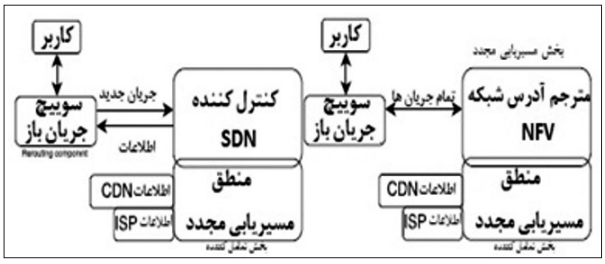
شوند.

قوانین اول و دوم برای جریان‌های کاربران به‌صورت ۱:۱ می‌باشند. قوانین سوم و چهارم برای جریان‌های کاربران به‌صورت ۱: به تعداد زیادی کارساز جایگزین و قانون پنجم برای جریان‌هایی است که باید به سمت جایگزین دیگری ارسال گردند.

٤-۳- استفاده از مجازی‌سازی توابع شبکه به همراه اس‌دی‌ان

پیشرفت‌های اخیر و بهینه‌سازی‌های صورت گرفته در مجازی‌سازی، امکان معرفی حافظه‌های محتوای مختلفی را به‌وجود آورده است. رویکردهایی وجود دارد که از طریق راه‌اندازی ان‌اف‌وی در کنار اس‌دی‌ان بسیاری از نیازمندی‌های هدایت آی‌پی را برطرف می‌کنند. در مقاله‌های [٤] و [۷] با استفاده از مسیریاب نرم‌افزار کلیک[۲٤] به‌راحتی تنظیمات مجازی مورد نیاز پیاده‌سازی شده است. در مقالهٔ [٤] علاوه بر ارائه رویکرد فقط-اس‌دی‌ان، رویکرد دیگری با نام رویکرد اس‌دی‌ان و ان‌اف‌وی مطرح شده که در مقاله ما با نام رویکرد ترکیبی بیان می‌شود. شکل ۵، این دو رویکرد را در کنار یکدیگر نشان می‌دهد. در رویکرد ترکیبی از یک سوییچ جریان‌باز، و یک بخش مجزا ان‌اف‌وی برای بخش مسیریابی استفاده می‌شود.

در این رویکرد از یک سوییچ جریان‌باز به همراه یک کنترل‌کننده استفاده می‌شود با این تفاوت که در بخش مسیریابی مجدد از تنظیمات نرم‌افزار کلیک استفاده شده است. کلیک یک معماری نرم‌افزاری است که توانایی



شکل ۵: شکل سمت چپ رویکرد فقط اس‌دی‌ان / شکل سمت راست رویکرد اس‌دی‌ان و ان‌وی‌اف[۴].

ساخت مسیریاب‌های انعطاف‌پذیر و تنظیم شونده را دارد. از این ویژگی کلیک برای ساخت مسیریابی مجدد مجازی استفاده می‌شود[۱۰]. اجزاء معماری این رویکرد به شرح زیر می‌باشند:

- بخش مسیریابی مجدد

در این بخش، از سوییچ‌های جریان‌باز برای شناسایی جریان‌های کاربر و سی‌دی‌ان استفاده می‌شود. به همین دلیل پیچیدگی آن بسیار کم است. در جدول ۳، تعداد کم قوانین جریان‌باز این رویکرد نشان داده شده است. تمام بسته‌های مرتبط با جریان کاربر و سی‌دی‌ان، برای مسیریابی مجدد به سمت تابع مجازی کلیک ارسال می‌شوند. در این تابع، بسته‌ها به‌راحتی به سمت جایگزین، ترجمهٔ نشانی شبکهٔ مقصد و به سمت کاربر، ترجمهٔ نشانی شبکهٔ مبدأ می‌شوند. همچنین اطلاعات حالت هر جریان در آن ذخیره و استفاده می‌شود.

- بخش تعاملی

فرایند ترجمه نشانی شبکه، برای انتخاب جایگزین سی‌دی‌ان از روش ساده با گردش نوبت[۲۵] استفاده می‌کند. این روش بر اساس مجموعه‌ای از نشانی‌های جایگزین‌های

24- Click Software Router

25- Round Robin

جدول ۳: نمونهٔ قوانین مورد استفاده در سوییچ‌های جریان باز در رویکرد اس‌دی‌ان و ان‌وی‌اف

اولویت	درگاه ورودی	پروتکل	IP مبدا	IP مقصد	پورت مبدا	پورت مقصد	اقدام
۱۰	*	TCP	۲۴/۱۰،۰،۰،۰	۲۴/۱۰،۰،۱،۰	*	۸۰	ارسال بسته‌ها به تابع مجازی
۱۰	*	TCP	۲۴/۱۰،۰،۱،۰	۲۴/۱۰،۰،۰،۰	۸۰	*	ارسال بسته‌ها به تابع مجازی

سی‌دی‌ان و مجموعه‌های طیف آی‌پی‌های آی‌اس‌پی‌ها و سی‌دی‌ان‌های مختلف عمل می‌کند. ولی از هیچ الگوریتم پیشرفته‌ای برای فرایند ترجمه نشانی استفاده نمی‌کند. برای عملیات تغییر نشانی آی‌پی از یک رابط استفاده می‌شود که در همان مجموعه‌های با گردش نوبت موجود است. نتیجهٔ الگوریتم انتخاب جایگزین توسط ارائه‌دهندهٔ سی‌دی‌ان برای تابع مجازی ترجمه ارسال می‌شود. این تابع از آی‌پی‌های معرفی شده برای هدایت جریان‌های کاربر به جایگزین استفاده می‌کند[٤].

در روش ترکیبی مفهوم جدیدتری با نام اطلاعات و کنترل محیطی درون شبکه‌های تعاملی در مقاله [٧] مطرح گردیده است. به این معنی که مهم‌ترین اصل معماری دسترسی و کنترل کل شبکه و نمای کلی از وضعیت شبکه فعلی توسط گردانندهٔ[٢٦] شبکه، است. این اطلاعات برای مشخص کردن زمان و محل اجرای هدایت آی‌پی، استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، اگر کارساز سی‌دی‌ان در محل جغرافیایی الف به‌عنوان ارائه‌دهنده خدمت، از بین رود، انتظار می‌رود که کاربر به کارساز دیگری در همان ناحیه هدایت شود. به‌طور کلی، شبکه‌ای که از اصول اس‌دی‌ان استفاده می‌کند، باید دسترسی معقول به دانش و کنترل کلی را داشته باشد. در این رویکرد همانند دیگر رویکردها از یک سوییچ جریان‌باز برای کنترل جریان‌ها و ترافیک شبکه استفاده شده است. جریان‌های ورودی از کاربران موجود در یک زیر شبکه خاص به سمت یک کارساز جایگزین سی‌دی‌ان، نشانه گذاری می‌شوند. ترافیک شناسایی شده با این معیارها به سمت یک دستگاه هدایت آی‌پی مشخص ارسال می‌شود. با این تفاوت که به جای استفاده از یک واسط میانی[٢٧] برای اجرای بخش هدایت آی‌پی، از مجازی‌سازی استفاده شده است. الزامات تغییر مسیر، از طریق تجسم عملکرد شبکه به دست می‌آید. در این رویکرد فرض شده اطلاعات و کنترل محیطی در اختیار طراح است و نحوهٔ به‌دست آمدن این اطلاعات بررسی نشده است. پیکربندی مسیریاب نرم‌افزاری کلیک، برای بازنوشت نشانی به سمت نقطهٔ نهایی، با استفاده از دو مؤلفهٔ مجزا که هرکدام یک عنصر در نرم‌افزار کلیک هستند با نام‌های ControlSocket و RoundRobinIPMapper به‌صورت پویا براساس الگوهای مورد نیاز قابل اجرا می‌باشد[٧]. همانند دیگر رویکردهای مورد بررسی در این مقاله، این رویکرد نیز نیازمند استفاده از یک رابط جهت انتخاب جایگزین سی‌دی‌ان است. رابط ارائه‌دهندهٔ سی‌دی‌ان را می‌توان در مؤلفهٔ ControlSocket که یک عنصر باز جهت ارتباط با دیگر نرم‌افزارها است، قرار داد. این مؤلفه به دیگر نرم‌افزارها اجازهٔ نوشتن و خواندن برروی مسیریاب‌های مجازی طراحی شده با کلیک را می‌دهد. مؤلفهٔ RoundRobinIPMapper که به‌صورت یک عنصر مترجم نشانی شبکه در نرم‌افزار کلیک موجود است نیز در صورت نیاز براساس یک الگوی مشخص نوعی توازن بار ایجاد می‌کند. این مؤلفه امکان بازنوشت جمعی از نشانی‌های آی‌پی را فراهم می‌کند. مجموعه طراحی شده تا زمانی که سوییچ‌های جریان‌باز بین کاربر نهایی و کارسازهای سی‌دی‌ان قرار دارند، با استفاده از قوانین جدول ٤، امکان هدایت جریان را فراهم می‌کند.

در این معماری، با استفاده از ان‌اف‌وی، اطلاعات حالت با الگویی شبیه ترجمه نشانی شبکه ذخیره می‌شوند[٧]. نشانی مقصد بسته‌هایی که از کاربر نهایی به سمت کارساز سی‌دی‌ان ارسال می‌گردند، در فرایند ترجمهٔ نشانی مقصد تغییر می‌کنند. به همین ترتیب، نشانی مبدأ بسته‌هایی که از

26- Operator
27- Middlebox

جدول ۴: نمونهٔ قوانین مورد استفاده در سوییچ‌های جریان باز در رویکرد اس‌دی‌ان و مجازی‌سازی توابع شبکه

اولویت	پورت ورودی	پروتکل	آدرس مبدا	آدرس مقصد	پورت مبدا	پورت مقصد	اقدام
۱۰	*	TCP	۱۰.۰.۰.۱	۲۴/۱۰.۰.۱.۰	*	۸۰	ارسال بسته‌ها به ماشین مجازی ترجمه نشانی
۱۰	*	TCP	۲۴/۱۰.۰.۱.۰	۱۰.۰.۰.۱	۸۰	*	ارسال بسته‌ها به ماشین مجازی ترجمه نشانی

سمت کارساز برمی‌گردند نیز در یک فرایند ترجمه نشانی مبدأ تغییر می‌کنند. قسمت هدایت آی‌پی در این رویکرد به‌صورت مجازی پیاده‌سازی شده که امکان اجرا در شبکه‌های جریان‌باز از قبل فعال را فراهم می‌کند. مراحل هدایت آی‌پی به شرح زیر است:

۱- به محض بروز خطا در شبکه یا کارساز جریان هریک از کاربران به سمت هریک از کارسازها، باید مشخص شود.

۲- آغاز فرایند هدایت توسط ان‌اف‌وی، و انتخاب نشانی مربوط به سی‌دی‌ان جایگزین در این مرحله قرار دارد.

۳- نصب قوانین جریان مورد نظر برروی سوییچ‌های جریان‌باز که با نشانی آی‌پی کاربر و کارساز سی‌دی‌ان مطابقت داشته باشند.

٤- قوانین جریان‌باز باید ترافیک جریان کاربر به سمت کارساز و بالعکس را شناسایی و به بازنوشت کننده مجازی ارسال کنند.

٥- ترافیک به بازنوشت کننده مجازی برای بازنوشت آی‌پی ارسال می‌شود.

٦- ان‌اف‌وی حالات جریان را ردیابی و براساس آن نشانی‌های مبدأ و مقصد را بازنویسی می‌کند.

۷- در نهایت بسته‌ها مجددا از ان‌اف‌وی بازنوشت کننده به سمت سوییچ جریان‌باز ارسال می‌شوند.

۸- در نهایت کاربر تصور می‌کند که هنوز با کارسازی که از قبل در حافظه دی‌ان‌اس آن ذخیره شده است ارتباط دارد. اما از دید شبکه، آن‌ها به نشانی به روز شده کارساز متصل هستند.

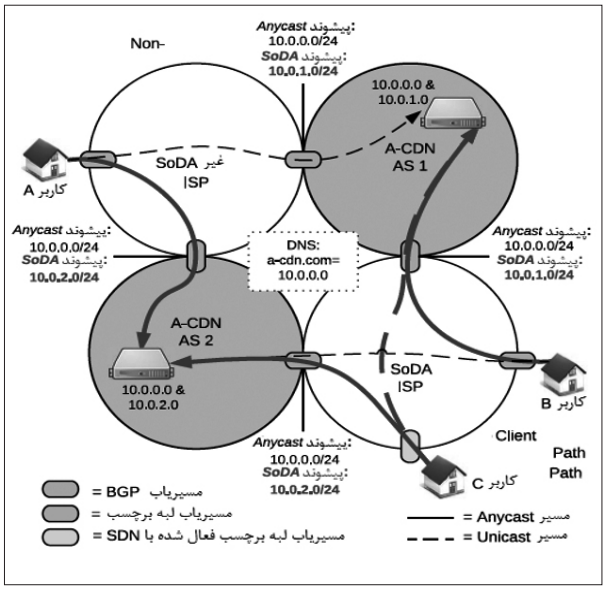
اطلاعات ارائه شده به هر یک از اجزای این مجموعه از منابع مختلف ارسال می‌شود. بسته‌ها با توجه به میزان اطلاعات به اشتراک گذاشته شده توسط آی‌اس‌پی و سی‌دی‌ان، بازنوشت می‌شوند. رویکرد پیشنهادی برای حفظ اطلاعات حساس طرفین، فقط به اطلاعات محدودی مانند نشانی آی‌پی نقاط پایانی و زیرشبکه‌های ارائه‌دهندهٔ اینترنت نیاز دارد. سازوکارهای بازخورد جهت ارائه اطلاعات به‌صورت محرمانه در این معماری به‌طور جدی بررسی نشده است.

استفاده از اس‌دی‌ان توأم با تجهیزات چندپخشی آی‌پی

رویکرد دیگر مورد بررسی در این مقاله، معماری سودا است. کاربران در این معماری توسط یک درگاه شبکه باند پهن[۲۸] (بی‌ان‌جی) همراه با دسترسی کنترل شده و اطلاعات صورتحساب، به شبکه متصل می‌شوند. بی‌ان‌جی مسیر ترافیکی بین هر دو شبکه مبتنی بر نرم‌افزار و سودا را فراهم می‌کند. این رویکرد همانند رویکردهای مبتنی بر مجازی‌سازی، در لبه بین هسته و شبکه دسترسی، یک لایه اس‌دی‌ان در بی‌ان‌جی‌ها فرض می‌کند. این رویکرد امکان مدیریت ترافیک را قبل از مسیریابی مرکزی فراهم می‌کند. این استقرار نسبت به سوییچ کردن برچسبی چندین پروتکل یا آی‌پی ویرایش ششم[۲۹] بودن سازوکارهای مسیریابی هسته بی‌تفاوت است.

در شکل ٦، نحوهٔ ادغام سودا با یک معماری ارائه محتوای چندپخشی[۳۰] قابل‌مشاهده است. مهم‌ترین تغییر در این معماری، تخصیص پیشوند چندپخشی به هر یک از خوشه‌های[۳۱] ارائه محتوای چندپخشی است. پیشوند

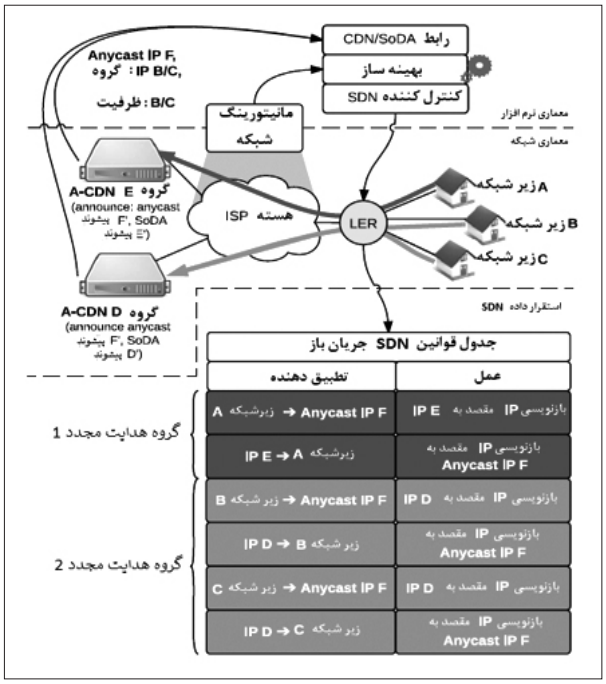
28- Broadband Network Gateway (BNG)
29- Internet Protocol Version 6 (IPv6)
30- Anycast CDN
31- Cluster



شکل ۶: سطح داخلی یک سیستم خودمختار برای تطابق معماری سودا با چندپخشی مبتنی بر اس‌دی‌ان[۲]

سودا همانند پیشوند چندپخشی، برای هر خوشهٔ ارائه محتوای چندپخشی منحصر به فرد است. این کار از مسیریاب‌های لبه برچسب[۳۲] به سمت هر خوشهٔ ارائه محتوای چندپخشی، مسیرهای تک‌پخشی را فراهم می‌کند. با انتخاب یک نشانی مقصد از پیشوند دسته سودا، انتخاب مسیر انجام می‌شود. یک مسیریاب لبه برچسب که با اس‌دی‌ان راه‌اندازی شده باشد، توانایی انتخاب مسیر متفاوت نسبت به مسیر چندپخشی، جهت توازن بار ترافیک بین خوشه‌های پروکسی سی‌دی‌ان را فراهم می‌کند[۲]. این رویکرد با حداقل سخت‌افزار جریان‌باز قابل‌اجرا است، درنتیجه ارزش‌افزوده این رویکرد از ابتدای مهاجرت آی‌اس‌پی به یک شبکهٔ مبتنی بر اس‌دی‌ان بسیار واضح است. مجموعهٔ طراحی‌شده مبتنی بر این رویکرد در شکل ۷، قابل‌مشاهده است. هر بسته که از طریق چندپخشی، به‌طرف حل‌کنندهٔ دی‌ان‌اس ارسال می‌شود با یک جفت (IPn، Cn) همراه می‌گردد که به‌صورت تک‌پخشی[۳۳] ارسال می‌گردد. آرایهٔ IPn به مفهوم تک‌پخشی برای هر دستهٔ پروکسی n و Cn به مفهوم بیشترین ظرفیت تحمل حجم ترافیک دستهٔ پروکسی است. تمامی این اطلاعات به سمت یک بهینه‌ساز

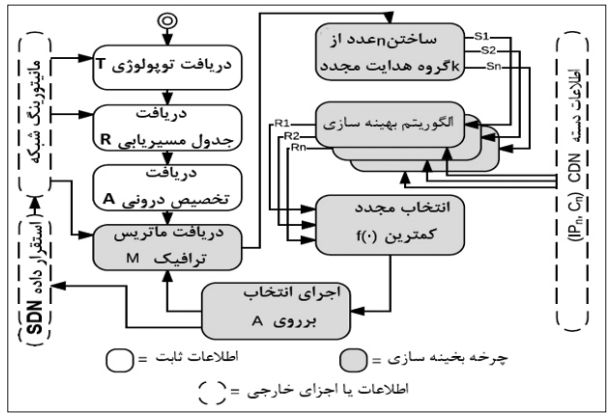
32- Label Edge Router (LER)
33- Unicast



شکل ۷: رونمایی از مجموعهٔ طراحی شده از طریق سودا[۲]

ارسال می‌شود. این بهینه‌ساز بر اساس چشم‌انداز شبکه ارائه محتوای چندپخشی و آی‌اس‌پی، برشبکهٔ مشتریان را به یک آی‌پی از دسته ارائه محتوای چندپخشی متصل می‌نماید. نتیجهٔ این تصمیم‌گیری برای به‌روزرسانی به سمت کنترل‌کنندهٔ اس‌دی‌ان ارسال می‌شود.

فرایند هدایت با استفاده از دو نوع قانون موجود در شکل ۷، انجام می‌پذیرد. نوع اول برای زیرشبکهٔ کاربران و نوع دوم برای هدایت برگشتی بسته‌ها استفاده می‌شوند. مزیت‌های این رویکرد، شفاف بودن از دید کاربر و ارسال به‌روزرسانی‌ها فقط به سوییچ مبدأ چندپخشی است. ارسال به‌روزرسانی به چند دستگاه اس‌دی‌ان در یک‌زمان، می‌تواند موجب ازدحام بی‌قید و شرط در شبکه شود. مقالهٔ [۲] با استفاده از فرمول ۱، بهینه‌سازی این رویکرد را برای یافتن دسته پروکسی A محاسبه کرده است. در این فرمول، T توپولوژی مورد استفاده، R ماتریس مسیریابی و M ماتریس ترافیک آی‌اس‌پی هستند. هدف اصلی پیدا کردن مسیری با کمترین از خروجی تابع زیر است. مقدار وزن‌های ضرب شده در هر پارامتر باید طوری انتخاب شوند که



شکل ۸: روندنمای بهینه‌سازی رویکرد سودا[۲]

منجر به بهینه شـــدن تابع و درنهایت یافتن مســـیر بهینه شود.

$$f(A,T,R,M) = Wwpd \times wpd(A,T,R,M) + Wwah \times wah(A,T,R,M) + Wet \times et(A,T,,R,M) + Wllf \times \left(1 - llf(A,T,R,M)\right) + Wclf \times \left(1 - clf(A,T,R,M)\right) + C \times \left(llv(A,T,R,M) + clv(A,T,R,M)\right)$$

فرمول (۱)

در این فرمول، wpd متوســـط تأخیر مسیر دوطرفه در تمـــام تخصیص‌های وزن با در نظـــر گرفتن حجم ترافیک است. wah، میانگین شمارش گام برای همهٔ تخصیص‌ها با توجه به حجم ترافیک اســـت. et، حجم ترافیک مبادله شده در مســـیر ارتباطی با فاصله AS بیشـــتر از یک اســـت. llf، شـــاخص عدالت راج جین[۱۱] برای استفاده از لینک و clf شاخص منصفانه راج جین برای استفاده از کارساز است. llv نقض بار ارتباط و clv نقض ظرفیت کارســـاز هســـتند که توســـط عامل هزینهٔ C مجازات می‌شوند[۲]. نتیجهٔ این معادلهٔ ریاضی، الگوریتم شـــکل۸ است. این الگوریتم برای بهینه‌سازی این رویکرد استفاده می‌شود.

الگوریتـــم اطلاعـــات لازم A، T،R و گـــروه پروکســـی چندپخشـــی را جمـــع‌آوری کـــرده و ماتریـــس M را به‌روزرسانی می‌کند. در ادامه مقدار n برای $S_1,....S_n$ انتخاب می‌شود. این مجموعه‌ها برای مسیریابی گروه‌های هدایت k کاربرد دارند. ســـپس الگوریتم بهینه‌ســـاز شبیه‌سازی ذوب فلـــزات[۱۲][۳۴] بـــر روی هـــر یک از ایـــن مجموعه‌ها اعمال می‌شود که نتایج این الگوریتم برای انتخاب کمترین f کاربـــرد دارند. نتیجهٔ این الگوریتم بهینه‌ســـازی، تعداد n تابع $R_1,....R_n$ است. این اطلاعات با به‌روزرسانی گروه‌های تغییر مسیر، در مسیریاب‌های لبه برچسب مربوط به شبکه اعمال می‌شـــود. اگر k انتخاب شـــده بزرگ باشد، به علت افزایش تعداد مســـیرها موجب افزایش هزینه بهینه‌سازی می‌شـــود. همچنین اگر n بزرگ باشد، هزینهٔ مصرف واحد پردازنده مرکزی[۳۵] بالا خواهد رفت.

۵- مقایسه و بحث

بـــرای درک بهتر تفاوت رویکردهـــای مورد بحث در این مقاله، در این بخش به مقایسه برخی از نتایج موجود در رویکردهای نام‌برده پرداخته می‌شـــود. در جدول ۵، زمان دریافت مســـیر جدید در مقاله‌های [٤] و [۷] مقایسه شـــده است. هر دو مقاله برای شبیه‌ســـازی از شبیه‌ساز مینی‌نت اســـتفاده کرده‌اند و مقدار زمان برای زندگی هر پاســـخ‌ها ۲۰ ثانیه نظر گرفته شده اســـت. مقالهٔ [٤] مدت زمان دریافت محتوا در رویکرد پیشـــنهاد شدهٔ خود را با دو حالت غیر بهینه ســـنجیده اســـت. این دو حالت شامل: قطع کامل ارتباط کارســـاز و ازدحام در مســـیر کارساز می‌باشـــد. مقالهٔ [۷] به بررســـی زمان تجربه شده توسط کاربر بـــرای دریافت محتوا از یک کارســـاز بهینه، بدون قطع شـــدن و یا ازدحام در شـــبکه پرداخته است. سپس این نتایج را در حالت عدم بهینه بودن کارســـاز مقایســـه کرده اســـت. هر دو مقالـــه از مرورگرهای گوگل کروم و موزیلا فایرفاکس اســـتفاده کرده‌اند که پیش‌تر در بخش دوم این مقاله به آن‌ها اشـــاره شد. شـــرایط غیر بهینه و ازدحام پهنـــای باند ۱ مگابیت بر ثانیه برای رســـیدن به کارساز ســـی‌دی‌ان، در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در جدول ۵ مشـــخص اســـت تأخیر دریافت محتوا در شرایط غیرمطلوب، بیشـــتر از حالت بهینه خواهد شد که امری بدیهی است. علت این تغییر، تفاوت در نوع محتوای درخواست شده توسط کاربر است. زمان دریافت محتوا

34- Simulated Anealing

35-Central Processing Unit (CPU)

جدول ۵: مقایسهٔ رویکردهای مبتنی بر اس‌دی‌ان و مجازی‌سازی توابع شبکه

مقاله	حالت بهینه	کروم فقط اس‌دی‌ان	کروم اس‌دی‌ان-ان‌وی‌اف	کروم دیان‌اس	فایرفاکس فقط اسدی‌ان	فایر فاکس اس‌دی‌ان	فایرفاکس دی‌ان‌اس
شرایط غیر بهینه مقاله [۷]	۳۲ ثانیه	حدود ۵۶ ثانیه	حدود ۵۷ ثانیه	حدود ۹۰ ثانیه	حدود ۵۷ ثانیه	حدود ۵۶ ثانیه	حدود ۹۰ ثانیه
شرایط غیر بهینه (قطع ارتباط)	۲۲/۸ ثانیه (بدون قطع ارتباط)	عدم محاسبه	۲۶/۸ ثانیه	۱۴۴/۳ ثانیه	عدم محاسبه	۲۷/۲ ثانیه	۹۵/۶ ثانیه
شرایط غیر بهینه (ازدحام)	۱۲۸/۸ ثانیه (با ازدحام)	عدم محاسبه	۲۷/۴ ثانیه	۸۳/۵ ثانیه	عدم محاسبه	۲۷/۲۵ ثانیه	۸۵/۷۳ ثانیه

در رویکرد مقاله [۷]، تقریباً نصف تأخیر ناشی از پاسخ دی‌ان‌اس است. همچنین هنگام قطع ارتباط با کارساز، رویکرد مقالهٔ [٤]،در مقایسه با رویکرد قدیمی استفاده از دی‌ان‌اس، حدود ۲ دقیقه در زمان تجربه شده توسط کاربر صرفه‌جویی می‌کند. زمان بهینه، هنگام ازدحام در شبکه کارساز بسیار زیاد می‌باشد که با استفاده از رویکرد اس‌دی‌ان-ان‌وی‌اف تقریباً ۱۰۰ ثانیه کاهش یافته است. این زمان بسیار به زمان دریافت محتوا در شرایط غیر ازدحام و بهینه نزدیک است که کارایی مجموعه بررسی شده در این مقاله را نشان می‌دهد.

همچنین در مقالهٔ [۲] رویکرد سودا ارزیابی شده که نشان دهنده مزایای سودا با جایگزین کردن ۱۰٪ از منابع با تجهیزات اس‌دی‌ان در شبکهٔ ارائه‌دهنده اینترنت قابل مشاهده می‌باشد. همچنین سودا در کاهش بار خارج از شبکه ارائه‌دهنده اینترنت بسیار تأثیرگذار است تا حدی که آن را به صفر رسانده است. تأخیر مسیر برای سودا در مقایسه با روش سنتی نشان‌دهندهٔ برتری ٦۰٪ این روش است.

به‌طور کلی رویکردهای مبتنی بر اس‌دی‌ان وابستگی ارائه‌دهندگان محتوا در بروزرسانی نشانی‌ها در کارسازهای نام دامنه را تا حد زیادی برطرف می‌کند. همچنین درصورت احتیاج به هدایت مجدد به کارساز جایگزین دیگر، ضمن انتخاب کارساز در داخل شبکه آی‌اس‌پی، نیاز به برقراری نشست مجدد را برطرف کرده تا کیفیت سرویس تجربه شده از سمت کاربر افزایش یابد.

۶- نتیجه‌گیری

افزایش بی‌رویه استفاده از محتوا موجب ازدیاد ارائه‌دهندگان محتوا در اینترنت شده است. همواره حجم بسیار زیادی از ترافیک مصرفی اینترنت به دریافت محتوا از این ارائه‌دهندگان اختصاص می‌یابد. تمام ارائه‌دهندگان محتوا برای ارائه بهتر سرویس به کاربر، اقدام به نصب کارسازهای جایگزین در نزدیکی کاربران می‌نمایند. نشانی این جایگزین‌ها در کارسازهای نام معتبر تعریف می‌گردند تا درصورت نیاز ترافیک کاربر را به این کارسازها انتقال دهند. سازوکارهای فعلی مبتنی بر کارسازهای نام دامنه با کاستی‌هایی روبرو است که با توجه به علاقه مرورگرها به ذخیره این نشانی‌ها این کاستی‌ها افزایش یافته اند. درصورت از کار افتادن یک کارساز ارائه محتوا، نیاز به هدایت ترافیک کاربران به کارساز جایگزین وجود دارد که با استفاده از سازوکارهای مبتنی بر کارسازهای نام دامنه، کاربر با تأخیر حداقلی ٦۰ ثانیه به محتوای مورد نظر خود دست می‌یابد. مشکل دیگر سازوکار سنتی هدایت ترافیک به خارج از شبکه ارائه‌دهندگان اینترنت است که موجب افزایش هزینه می‌گردد. موارد ذکر شده نیاز به تعامل بین ارائه‌دهندگان اینترنت و محتوا را به‌وجود آورده‌اند. این تعامل نتایج قابل قبولی برای هر دو طرف دارد. ارائه‌دهنده

اینترنت از ترافیک‌های خارج از شـــبکهٔ خود اجتناب می‌کند و ارائه‌دهندگان محتوا به کیفیت تجربهٔ بهتری از دید کاربر دســـت می‌یابد. رویکردهای مورد استفاده برای برقراری این تعامل به دلیل این‌که مبتنی بر کارساز نام دامنه هستند نتوانســـتند ضعف‌های ذکر شده را پوشش دهند. تمام این موارد موجب پدیدار شدن رویکردهای جدید مبتنی بر شبکه تعریف شـــده با نرم‌افزار چهت ایجاد تعامل شد. مهم‌ترین عامل این رویکردها عدم بســـته شدن جلسه و انتقال کامل حالت به کارســـاز جایگزین است. این فرایند با استفاده از ســـوییچ‌های جریان‌باز و کمتریـــن قوانین برای آن‌ها قابل اجـــرا خواهد بود. هدف دیگر ایـــن رویکردها مخفی ماندن تغییر هدایت از دید کاربر اســـت. همچنیـــن این رویکردها در صـــورت نیاز جریـــان کاربران را به‌صورت نوســـانی بیـــن کارســـازهای مختلف هدایـــت می‌کننـــد. ویژگی‌های رویکردهای مبتنی بر اس‌دی‌ان پیش‌زمینه‌ای برای مهاجرت تدریجی ارائه‌دهندگان اینترنت به شبکهٔ مبتنی بر اس‌دی‌ان را فراهم می‌سازد. مجازی‌سازی کارسازها و توابع شبکه در مواقعی که ارائه‌دهندهٔ محتوا نیاز به راه‌اندازی کارساز جدیدی در منطقهٔ خاصی دارند از طریق رویکردهای میتنی بر اس‌دی‌ان به مراتب ســـاده‌تر هستند. انتظار می‌رود در آینده در سطوح گسترده از این رویکردها استفاده شود.

مراجع

[1] I. Cisco, "Cisco visual networking index: Forecast and methodology, 2014–2019," CISCO White paper, pp. 2014-2019, 2015.

[2] M. Wichtlhuber et al., “SoDA: Enabling CDN-ISP collaboration with software defined anycast,” in IFIP Networking Conference (IFIP Networking) and Workshops, 2017, 2017, pp. 1-9: IEEE.

[3] M. Wichtlhuber, R. Reinecke, and D. Hausheer, “An SDN-based CDN/ISP collaboration architecture for managing high-volume flows,” IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 12, no. 1, pp. 48-60, 2015.

[4] J. Lai, Q. Fu, and T. Moors, “Using SDN and NFV to enhance request rerouting in ISP-CDN collaborations,” Computer Networks, vol. 113, pp. 176-187, 2017.

[5] B. Frank et al., “Pushing CDN-ISP collaboration to the limit,” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 43, no. 3, pp. 34-44, 2013.

[6] J. S. Otto, M. A. Sánchez, J. P. Rula, and F. E. Bustamante, “Content delivery and the natural evolution of DNS: remote dns trends, performance issues and alternative solutions,” in Proceedings of the 2012 Internet Measurement Conference, 2012, pp. 523-536: ACM.

[7] J. Lai, Q. Fu, and T. Moors, “Rapid ip rerouting with sdn and nfv,” in Global Communications Conference (GLOBECOM), 2015 IEEE, 2015, pp. 1-7: IEEE.

[8] W3schools. (2018). Browser Statistics. Available: https://www.w3schools.com/browsers/

[9] A. Bahnasse, F. E. Louhab, H. A. Oulahyane, M. Talea, and A. Bakali, “Novel SDN architecture for smart MPLS Traffic Engineering-DiffServ Aware management,” Future Generation Computer Systems, 2018.

[10] C. Bu, X. Wang, M. Huang, and K. Li, “SDNFV-based dynamic network function deployment: model and mechanism,” IEEE Communications Letters, vol. 22, no. 1, pp. 93-96, 2018.

[11] R. Jain, D.-M. Chiu, and W. R. Hawe, A quantitative measure of fairness and discrimination for resource allocation in shared computer system. Eastern Research Laboratory, Digital Equipment Corporation Hudson, MA, 1984.

[12] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi, “Optimization by simulated annealing,” science, vol. 220, no. 4598, pp. 671-680, 1983.