

کاربرد شبکه های مبتنی بر نرم افزار در پیاده سازی تکنولوژی اینترنت اشیا

وحیده بابائیان^۱، علی عباسی دهمیانی^۲

^۱عضو هیات علمی گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند؛ babaiyan@birjandut.ac.ir

^۲کارشناس گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی بیرجند؛ aliabbasidehmiani@gmail.com

چکیده

کلمات کلیدی
 SDN; Open Flow; IOT

امروزه دنیای ارتباطات و اطلاعات با تغییرات زیادی روبرو شده است، روند سریع و رو به رشد سیستم های کامپیوتری از لحاظ نحوه محاسبات و روش های ذخیره و بازیابی از یک طرف و در طرف مقابل روند کند پیشرفت و یا تقریباً ثابت در شبکه های کامپیوتری و عدم پاسخگویی به نیازهای کنونی شرکت ها، سازمان ها، سرویس دهنده های مخابراتی و همچنین مواجهه شدن طراحان شبکه با یک سری محدودیت ها مثل: پیچیدگی، فقدان مقیاس پذیری و نبود هماهنگی بین نیازهای بازار و قابلیت های شبکه و مطرح شدن سرویس های ابری و سرویس دهنده های مجازی باعث شده است طراحان شبکه گامی بلند برای پیشرفت شبکه ها بردارند، که راه حل تحقق این پیشرفت در شبکه ها استفاده از شبکه های مبتنی بر نرم افزار است، این شبکه های نوظهور قادر به خودکار سازی بسیاری از فعالیت های شبکه هستند و همچنین می توانند توسعه و گسترش بخش هایی از شبکه را به صورت کاملاً نرم افزاری انجام دهند. شبکه های مبتنی بر نرم افزار (SDN)^۱ و اینترنت اشیا (IOT)^۲ دو تحول بزرگ نوظهور در حوزه شبکه هستند که نقاط اشتراکی زیادی با یکدیگر دارند و تداوم هر یک متکی به دیگری است. امنیت کنترل و مدیریت دستگاه های متصل به اینترنت اشیا در صورت استفاده از قابلیت ها و امکانات SDN پیشرفت به سزایی خواهد داشت. در این مقاله قصد داریم به تعریف SDN و IOT بپردازیم. مزایا و چالش های پیش روی آن ها و کاربرد شبکه های مبتنی بر نرم افزار در اینترنت اشیا را مطرح کنیم. همچنین به بررسی و مقایسه تحقیقات انجام شده در این حوزه می پردازیم.

۱- مقدمه

SDN انقلابی در شبکه های کامپیوتری است که معماری شبکه ها را متحول می کند. در شبکه کنونی سطح کنترل و سطح داده هر دو در سخت افزار فیزیکی نظیر سوئیچ ها و روترها قرار دارند که باعث می شود این سخت افزارها وظایف کنترلی سنگینی را بر عهده داشته باشند. همچنین پیکربندی شبکه های کنونی نیز بسیار زمان بر و گاهی مشکل است. در SDN سطح کنترلی در قسمت بالای این معماری در دستگاهی منطقی متمرکز به نام کنترلر قرار دارد و تصمیمات کنترلی به صورت متمرکز اتخاذ می شوند و سطح داده که در قسمت پایین قرار دارد و شامل سخت افزار فیزیکی نظیر سوئیچ است فقط وظیفه ارسال کردن داده ها را بر عهده دارد. این متمرکز کردن کنترل شبکه باعث می شود که مدیران شبکه به راحتی شبکه شان را مدیریت و کنترل کنند. هم چنین از طریق SDN، شرکت ها می توانند از طریق یک کنترلر متمرکز و بدون در نظر گرفتن سخت افزار شرکتی خاص شبکه را مدیریت کنند [1].

SDN چهار قابلیت ویژه را به همراه دارد: کنترل و هماهنگی متمرکز که شاه کلید SDN محسوب می گردد و در مقایسه با مکانیزم های توزیع شده سنتی سربار شبکه را کاهش می دهد. همچنین کنترل متمرکز توسعه شبکه آسان و بهینه تری را نسبت به متدهای توزیعی فراهم می آورد. با استفاده از قابلیت هماهنگی در زمان خرابی یکی از کنترلرها، کنترلر جانشین عهده دار وظایف کنترلر اصلی شده تا از وقوع شکست های احتمالی جلوگیری نماید. دومین قابلیت، قابلیت برنامه ریزی می باشد، SDN با این قابلیت پیاده سازی و توسعه توابع جدید را در هر دو بخش کنترلی و داده

ای ساده‌تر و سریع‌تر انجام می‌دهد. این قابلیت در هر دو سطح نرم‌افزار و سخت‌افزار بصورت بهینه صورت می‌پذیرد. هم‌چنین از آنجا که مدیریت توسط برنامه‌های کاربردی SDN و بصورت خودکار صورت می‌پذیرد کاهش هزینه‌های عملیاتی را به همراه دارد ضمن این‌که با ارتقاء نرم‌افزاری سیستم به جای جایگذاری‌های سخت‌افزاری هزینه‌های سرمایه‌ای نیز کاهش می‌یابد و این همان چیزی است که سرویس دهندگان به دنبال آن هستند.

سومین قابلیت مجازی‌سازی می‌باشد، لایه‌های SDN پیچیدگی‌های دستگاه‌های سخت‌افزاری را از بخش کنترلی مخفی نگه می‌دارند. با مجازی‌سازی، SDN امکان تقسیم شبکه‌های مدیریت شده را به چندین شبکه مجازی می‌دهد که با اشتراک گذاری زیرساخت یکسان، نیازهای امنیتی و سیاست‌های متفاوتی را بر روی این شبکه‌ها اعمال می‌نماید. اخیرت قابلیت، باز بودن می‌باشد. استانداردهای باز در SDN از جمله OpenFlow امکان طراحی و ساخت ارتباطات بازمتن را فراهم آورده‌اند. ضمن اینکه استاندارد باز باعث افزایش همکاری میان اپراتورها و سرویس‌دهنده‌های مختلف جهت ارائه سرویس‌های مشترک بهتر می‌شود [۲]. با پیشرفت شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار، توسعه‌دهندگان و راهبران شبکه می‌توانند برای آن سیاست گذاری کنند؛ یعنی به وقت نیاز پهنای باند و دیگر ملزومات شبکه را فعال کنند و وقتی نرم‌افزار بسته است، این امکانات را غیرفعال سازند. در مقایسه با تنظیم دستی سخت‌افزار، این روش وقت کمتری می‌طلبد، ترافیک شبکه را تنها به میزان لازم مصرف می‌کند و بهره‌وری کلی را افزایش می‌دهد. شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار توانایی بالقوه زیادی برای تغییر در شبکه دارند، به خصوص تغییر در پروتکل Open Flow که به عنوان ریشه تغییرات در این شبکه‌ها عمل می‌کند [۳]. برای شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار مزایای از قبیل متمرکز کردن تجهیزات شبکه، الگوریتم‌های ساده، صرفه جویی و بهینه شدن تجهیزات شبکه، مخفی‌سازی جزئیات بستر فیزیکی ارتباط از دید مدیریت شبکه، امکان برنامه ریزی کل مجموعه شبکه به منظور تأمین نیازهای خاص شبکه، تحقق ویژگی مجازی سازی با مکانیزم‌های آدرس دهی و هدایت بسته‌های گوناگون و امکان طراحی و توسعه برنامه‌هایی که توسط یک شرکت سوم بر روی یک بستر منتشر می‌شوند، مثلاً نرم‌افزارهای موجود در فیس بوک یا گوگل پلاس این ویژگی را دارا می‌باشند چون این نرم‌افزارها توسط گوگل یا فیس بوک نوشته نشدند بلکه توسط شرکت سومی با نام گوگل یا فیس بوک منتشر می‌شود حال منظور از این برنامه‌ها در SDN یعنی برنامه‌هایی که توسط خود SDN نوشته نشدند و ممکن است توسط شرکت‌های دیگری مثل سیسکو و اینتل و یا خود کاربر معمولی نوشته شوند [۴]. در جدول ۱ به طور خلاصه مقایسه‌ای بین شبکه‌های SDN نسبت به شبکه‌های متداول بیان شده است [۴].

جدول ۱: مقایسه بین شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار و شبکه‌های معمولی

مقایسه از لحاظ	شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار	شبکه‌های معمولی
خصوصیات	سطح داده و کنترل از هم جدا شده و مستقل از هم مدیریت و قابل برنامه‌ریزی هستند.	سطوح داده و کنترل پیوسته هستند و اضافه کردن یک پروتکل جدید باعث پیچیدگی در کنترل شبکه می‌شود.
پیکربندی	تقریباً پیکربندی به صورت خودکار انجام می‌شود و نیازی به دخالت انسانی ندارد که نرخ خطای کمتری را دارا می‌باشد.	انجام پیکربندی نیاز به دخالت انسان دارد و کاملاً به صورت دستی انجام می‌شود که باعث بالا رفتن نرخ خطا می‌شود.
کارایی	کنترل سراسری به صورت پویا با عبور اطلاعات از لایه‌های مختلف با کمترین تأخیر	اطلاعات به صورت محدود شده هستند و یک پیکربندی نسبتاً ایستا را دارا می‌باشد.
نوآوری	به مراتب پیاده سازی نرم‌افزاری برای تولید ایده‌های نوین آسان‌تر است و هم چنین توسعه و گسترش سیستم نرم‌افزاری به راحتی قابل انجام است.	پیاده سازی ایده‌های جدید با کمک سخت افزار امری پیچیده و تقریباً غیر ممکن است و زمان و هزینه زیادی را طلب می‌کند.

۱.۱- مفهوم اینترنت اشیاء (IoT):

اینترنت اشیاء یک زیرساخت پویای شبکه جهانی با قابلیت‌های خودپیکربندی براساس پروتکل‌های ارتباطی استاندارد، کاربردی و سازگار که در آن اشیاء فیزیکی و مجازی، ویژگی‌های فیزیکی و شخصیت‌های مجازی، دارای هویت شده و با استفاده از رابط‌های هوشمند در درون شبکه اطلاعات، یکپارچه شده‌اند [۵].

اینترنت اشیاء شبکه‌ای از اشیاء فیزیکی است که شامل تکنولوژی تعبیه شده برای برقراری ارتباط و حس کردن یا محاوره با حالات داخلی خودشان یا محیط خارجی و تلاقی پروتکل‌های کاری بیسیم، حسگرهای بهبودیافته، پروسسورهای ارزان‌تر، و گروهی از استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های ایجاد شده که نهایتاً همه این مفاهیم مسیر اصلی اینترنت اشیاء را بوجود می‌آورند [۶].

اینترنت اشیاء، محرک اصلی در استفاده از شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار است. اگر تعداد زیادی دستگاه برای اتصال به شبکه دارید، مهم‌ترین

چالش پیچیدگی است؛ و تنها چیزی که برای مقابله با پیچیدگی روزافزون سیستم‌های اطلاعاتی در اختیار قرار دارد، نرم‌افزار است. بدون وجود شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار، اینترنت اشیا نیز وجود نخواهد داشت [۷].

در حال حاضر می‌توان به وضوح اعلام کرد که اینترنت اشیا در بسیاری از حوزه‌های مختلف مسلط شده و در حال به رسمیت شناخته شدن است. از زمینه‌های کاربرد بالقوه اینترنت اشیا، می‌توان به شهرهای هوشمند، خودرو هوشمند، خانه‌های هوشمند، سلامت هوشمند، صنایع هوشمند، امنیت عمومی، انرژی و حفاظت از محیط زیست، کشاورزی و گردشگری به عنوان بخشی از آینده اینترنت اشیا نام برد که توجه روزافزونی را به دست آورده اند [۵].

۲.۱- چالش‌های پیش روی SDN برای IoT:

اگرچه SDN فواید زیادی برای IOT دارد، چالش‌هایی را نیز در پی خواهد داشت؛ چالش‌هایی از قبیل ناآشنایی با محیط، امنیت مبهم، هزینه، فقدان تخصص [۷]، عدم وجود یک استاندارد و یا زبان برنامه نویسی سطح بالا در توسعه برنامه‌های SDN، محدود بودن بستر آزمایشی برای تحقیقات [۸] می‌تواند در این راستا تأثیر گذار باشند.

۲- تحقیقات پیشین:

Carynthia Kharkongor و همکارانش در سال ۲۰۱۶ در مقاله‌ای که ارائه دادند به بررسی یک پروتکل مسیریابی پرداختند که مصرف انرژی در وسایل ناهمگن را در نظر می‌گیرد. در این مقاله یک کنترل‌کننده SDN در شبکه معرفی شده است که به عنوان یک مدیر متمرکز برای ارائه یک شبکه امن سرویس‌دهی می‌کند و این کار را با محروم ساختن دسترسی گره‌های خودخواهی انجام می‌دهد که در شبکه حضور دارند. این مسیریابی پیشنهادی از لحاظ نسبت تحویل بسته، متوسط تأخیر انتهابه‌انتها و همچنین توان عملیاتی بهتر از پروتکل‌های مسیریابی معمولی و رایج عمل می‌کند. از این رو، با استفاده از این مسیریابی پیشنهادی عملکرد کلی شبکه بهبود می‌یابد [۹].

FLAUZAC Olivier و همکارانش در سال ۲۰۱۶ به نحوه ساخت معماری مبتنی بر نرم افزار شبکه که به دو صورت ساختارمند و یا بدون زیر ساخت کار می‌کند و آن را اصطلاحاً دامنه شبکه نرم‌افزاری تعریف شده نامیده است. در این مقاله امکان دستیابی به امنیت شبکه ای که با تعریف شبکه بصورت نرم‌افزاری فراهم شده است را کارآمدتر و منعطف‌تر فراهم می‌کند. این معماری می‌تواند در زمینه شبکه‌های موردی سیار و IOT استفاده شود. به این گونه که در ابتدا، یک معماری جدید با کنترل کننده های SDN چندگانه در تعامل برابر ارائه شده است. سپس یک معماری پیشنهاد شده که مقیاس پذیر با دامنه های SDN چندگانه است. در هر دامنه می‌توان شبکه‌هایی با ساختار یا بدون زیرساخت داشت و هر کنترل کننده تنها در دامنه خود مسئولیت کنترلی را بر عهده دارد. ارتباطات بین دامنه‌ها با کنترل‌های خاصی به نام کنترل‌های مرزی صورت می‌گیرد. این کنترل کننده‌های مرزی باید در تعامل توزیع شده کار کنند [۱۰].

در مقاله‌ای دیگر FLAUZAC Olivier و همکارانش برای ساختن یک خوشه شبکه با استفاده از SDN پرداخته‌اند. آن‌ها یک پروتکل مسیریابی را پیشنهاد کرده‌اند که کارهای مسیریابی را روی خوشه SDN انجام می‌دهد. با استفاده از مجازی سازی شبکه و تکنولوژی‌های جریان باز برای ساختن گره‌های مجازی، یک سیستم اولیه که با SDN کنترل می‌شود را شبیه سازی کرده‌اند. این کار در دستیابی به یکی از اهداف SDN امید بخش است، که در آن مسیریابی بهتری برای اشیا داخل خوشه‌ها فراهم می‌شود [۱۱].

Keshav Sood و همکارانش در سال ۲۰۱۵ در یک مقاله بازبینی، اثرات تحقیقاتی کلیدی روی شبکه‌های بی‌سیم تعریف شده با نرم‌افزار را ارائه داده‌اند. در این مقاله اشاره شده است که شبکه‌های سنتی برای جمع آوری، ذخیره، پردازش، و انتقال داده‌های بزرگ، برای نیازهای آینده ضروری شبکه‌های IOT ناکارآمد هستند در حالی که SDN می‌تواند به طور چشم‌گیری کنترل شبکه و نیازهای مدیریتی را ساده کند [۱۲].

Yaser Jararweh و همکارانش در سال ۲۰۱۵ در مقاله‌ای به تأثیر SDN در اینترنت اشیا پرداختند. در این مقاله، یک چارچوب مبتنی بر نرم‌افزار برای اینترنت اشیا پیشنهاد شده است. در ابتدا، مشخص شده است که چگونه سیستم تعریف شده توسط نرم‌افزار، چالش‌های معماری سیستم سنتی را حل می‌کند، زیرا راه حل مرکزی، قابل برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیر، ساده و مقیاس‌پذیر برای کنترل سیستم‌ها فراهم می‌کند. و نشان‌داده‌شده که چگونه از ایده‌های SDN، SD Store و SD Sec برای ساخت آن بهره برداری کنیم و در آخرنشان داده شده که این عناصر چگونه با یکدیگر ارتباط برقرار کنند تا یک چارچوب جامع برای کنترل شبکه IOT ارائه شود و به چگونگی تنظیم سیستم‌ها برای جمع آوری داده-های بزرگ که از IOT تولید می‌شوند پرداخته‌اند [۱۳].

Zhijing Qin و همکارانش در این مقاله، یک رویکرد تعریف شده توسط نرم‌افزار برای محیط IOT را طراحی کرده‌اند تا به طور پویا سطح کیفی مناسبی را به وظایف مختلف IOT در سناریوهای بسیار بی نظیر شبکه‌های بی سیم هدایت کند [۱۴].

۳- بررسی و مقایسه:

در این قسمت می‌خواهیم به بررسی و مقایسه مقالات قسمت تحقیقات پیشین بپردازیم آن‌چه که در تمام این مقالات به وضوح قابل مشاهده است اثر مثبت SDN است که در پروژه‌های مختلفی نظیر پروتکل مسیریابی، معماری مبتنی بر شبکه نرم‌افزاری تعریف شده باساختار و یا بدون زیرساخت، مسیریابی در خوشه شبکه، شبکه‌های بی‌سیم و اینترنت اشیاء می‌باشد. که در زیر به اثرات آن‌ها در هر مورد اشاره‌ای کوتاه می‌کنیم. SDN در پروتکل مسیریابی باعث شده تا این پروتکل از لحاظ نسبت تحویل بسته، متوسط تاخیر و توان عملیاتی بهتر از پروتکل‌های مسیریابی معمولی عمل کند.

هم چنین در معماری شبکه‌های مبتنی بر SDN که بدون زیرساخت یا با زیرساخت هستند سبب دستیابی به امنیت شبکه‌ای کارآمدتر و منعطف‌تر شده‌است و این قابلیت را دارد که در زمینه شبکه‌های موردی و IoT نیز به کار گرفته شود. علاوه بر این SDN در مسیریابی خوشه‌ای که استفاده شده است سبب شده تا مسیریابی بهتری را برای اشیای داخل خوشه‌ها فراهم کند.

در زمینه شبکه‌های بی‌سیم نیز نقش SDN به خوبی به چشم می‌خورد به طوری که منجر شده تا ناکارآمدی شبکه‌های سنتی را در قسمت‌های جمع‌آوری، ذخیره، پردازش، و انتقال داده‌های بزرگ برطرف کرده و به طور چشم‌گیری کنترل شبکه و نیازهای مدیریتی را ساده کند. در زمینه اینترنت اشیاء SDN باعث می‌شود تا چالش‌های سیستم سنتی را حل کند، زیرا راه حل مرکزی، قابل برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیر، ساده و مقیاس پذیر برای کنترل سیستم‌ها فراهم می‌کند. هم‌چنین به چگونگی تنظیم سیستم‌ها برای جمع‌آوری داده‌های بزرگ که از IOT تولید می‌شوند کمک می‌کند. یکی دیگر از تأثیرات کنترل کننده SDN بر IOT است که ویژگی‌های جدید این معماری لایه‌ای قابل اعتماد بودن، موثرتر بودن و مدیریت کارآمد منابع است.

۴- نتیجه گیری:

ما در این مقاله به کاربرد SDN در اینترنت اشیاء پرداخته ایم. ابتدا به چالش‌های پیش روی این موضوع که نا آشنایی با محیط، امنیت مبهم، هزینه، فقدان تخصص و ... می‌باشد، گزارشاتی تهیه کردیم و سپس به تأثیر بالا و انکارناپذیر SDN در موضوعات مختلف نظیر پروتکل مسیریابی که باعث شده تا این پروتکل از لحاظ نسبت تحویل بسته، متوسط تأخیر و توان عملیاتی بهتر از پروتکل‌های مسیریابی معمولی عمل کند. و هم‌چنین در شبکه‌های بی‌سیم سبب شده تا ناکارآمدی شبکه‌های سنتی را در قسمت‌های جمع‌آوری، ذخیره، پردازش، و انتقال داده‌های بزرگ برطرف کند. علاوه بر این در اینترنت اشیاء سبب می‌شود تا راه‌حلی قابل برنامه‌ریزی، انعطاف‌پذیر، ساده و مقیاس‌پذیر فراهم کند.

۵- مراجع

- [۱] O. N. Fundation, "Software-defined networking: The new norm for networks," *ONF White Paper*, vol. 2, pp. 2-6, 2012.
- [۲] قاسم پور. محسن، ستاری نائینی. وحید، "تبادل بار پویا در شبکه‌های مبتنی بر نرم افزار،" دومین کنفرانس بین المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی، ۱۳۹۴.
- [۳] B. A. A. Nunes, M. Mendonca, X.-N. Nguyen, K. Obraczka, and T. Turletti, "A survey of software-defined networking: Past, present, and future of programmable networks," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 16, no. 3, pp. 1617-1634, 2014.
- [۴] HP Virtual Application Networks SDN Controller. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q&=esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjB9oze_azlAhVMURoKHFvfmCdAQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.onlinecomputer.com.co%2Farticulos%2Factivos%2Farchivos%2FHP_VAN_SDN.PDF&usq=AOvVaw0dzEa2oQeDFHgoXkgDTwIL
- [۵] O. Vermesan and P. Friess, *Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems*. River publishers, 2013.
- [۶] R. Jain and S. Paul, "Network virtualization and software defined networking for cloud computing: a survey," *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, no. 11, pp. 24-31, 2013.

- [۷] Á. L. Valdivieso Caraguay, A. Benito Peral, L. I. Barona Lopez, and L. J. Garcia Villalba, "SDN: Evolution and opportunities in the development IoT applications," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 10, no. 5, p. 735142, 2014.
- [۸] W. Xia, Y. Wen, C. H. Foh, D. Niyato, and H. Xie, "A survey on software-defined networking," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 17, no. 1, pp. 27-51, 2014.
- [۹] C. Kharkongor, T. Chithralekha, and R. Varghese, "A SDN Controller with Energy Efficient Routing in the Internet of Things (IoT)," *Procedia Computer Science*, vol. 89, pp. 218-227, 2016.
- [۱۰] O. Flauzac, C. J. Gonzalez Santamaría, and F. Nolot, "New security architecture for IoT network," *Procedia Computer Science*, vol. 52, pp. 1028-1023, 2015.
- [۱۱] O. Flauzac, C. Gonzalez, and F. Nolot, "Developing a distributed software defined networking testbed for IoT," *Procedia Computer Science*, vol. 83, pp. 680-684, 2016.
- [۱۲] K. Sood, S. Yu, and Y. Xiang, "Software-defined wireless networking opportunities and challenges for Internet-of-Things: A review," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 4, pp. 453-463, 2015.
- [۱۳] Y. Jararweh, M. Al-Ayyoub, E. Benkhelifa, M. Vouk, and A. Rindos, "SDIoT: a software defined based internet of things framework," *Journal of Ambient Intelligence Humanized Computing*, vol. 6, no. 4, pp. 453-461, 2015.
- [۱۴] Z. Qin, G. Denker, C. Giannelli, P. Bellavista, and N. Venkatasubramanian, "A software defined networking architecture for the internet-of-things," in *2014 IEEE network operations and management symposium (NOMS)*, 2014, pp. 1-9: IEEE.