

احتمالاً تا اواخر همین دهه، یخچال خانه‌مان فهرست اقلام مورد نیاز برای خرید را به ایمیل ما ارسال خواهد کرد. پزشکان نیز نسخه‌های دارویی را با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده توسط حس‌گرهای بسیار کوچکی به‌روزرسانی خواهند کرد که به بدن بیماران متصل می‌شوند. هر بامداد، ساعت‌های رومیزی فرمان باز شدن پرده‌های اتاق خواب را ارسال و دستگاه قهوه‌ساز را برای آغاز صبحی بانشاط روشن خواهند کرد. بنابر پیش‌بینی‌های سیسکو سیستمز تا سال 2020، اینترنت جهانی به بیش از 50 میلیارد تگ هوشمند، تلویزیون، گوشی هوشمند، لوازم آشپزخانه، خودرو، دوربین امنیتی و ابزارهای سنجشی متصل می‌شود.

این یک مفهوم ایده‌آل‌گرایانه است که به آن «اینترنت اشیا» گفته می‌شود. با وجود این، واقعیت ناخوشایندی در این زمینه وجود دارد؛ بدون بازبینی اساسی در زیربنای شبکه‌ای چین عظیم، گسترده و پویا، راه‌حلهایی که پیش روی ما قرار می‌گیرد، خود به مشکلی بزرگ‌تر بدل خواهد شد. در نتیجه، اینترنتی که امروز در اختیار داریم، برای مدیریت چنین ترافیکی که میلیاردها نود و ابزارهای متنوع در تعامل هرروزه با یکدیگر باشند، طراحی نشده است. در واقع در حال حاضر، اینترنت در تلاش برای برآمدن از عهده اطلاعاتی است که توسط فعالیت‌های محبوب و روزافزون اینترنتی مانند ویدیوهای جریانی (Streaming)، کنفرانس‌های صوتی و بازی‌های آنلاین ایجاد می‌شوند.

□□□□□□□□ URL □□□ □□□□□□□□ □□□□

شرکت‌های اینترنتی بزرگ در سرتاسر جهان با مشکل تأخیر (Latency) بالاتر از 120 میلی‌ثانیه در شبکه جهانی مواجه هستند. این تأخیر بیش از آن است که اتصالات مبتنی بر VoIP قادر به کنار آمدن با آن باشند. تصور کنید اگر گیم‌های کنسول و بینندگان کانال‌های کابلی (که حجم ترافیک آفلاین آن‌ها صدها اگزابایت تخمین زده می‌شود) ناگهان

همگی به یکباره به سرویس‌های ابری مهاجرت کنند، ترافیک اینترنت تا چه میزان کند خواهد شد. باید توجه داشت مشکل فقط افزایش حجم نیست. اپراتورهای شبکه همواره قادر هستند تا با ارسال بهینه‌تر اطلاعات و با استفاده از کابل و افزایش ایستگاه‌های سلولی ظرفیت‌های خود را افزایش دهند. این انتخاب گذشته از پرهزینه بودن، به هیچ عنوان یک راه حل مقیاس‌پذیر نیست؛ زیرا مشکل اصلی در فناوری به‌کارگرفته شده در قلب اینترنت نهفته است: در معماری مسیریابی آن.

امروزه اطلاعات موجود روی شبکه جهانی اینترنت با استفاده از مفهومی با قدمت چهار دهه با نام سویچینگ بسته‌ای (Packet Switching) جابه‌جا می‌شود. مطابق این مفهوم، داده‌ها به بخش‌های کوچک یا همان «بسته» تقسیم می‌شود. بسته‌های متفاوت ممکن است برای بازیابی و سرهم شدن در مقصد مسیرهای مختلفی را در زمان‌های متفاوت طی کنند. مسیریاب‌ها (یا همان روترها) که تصمیم‌گیری درخصوص تعیین مسیر بسته‌ها را برعهده دارند، از همان ابتدا طراحی چندان هوشمندانه‌ای نداشتند. اطلاع نداشتن از مبدأ یک بسته و ایجاد گلوگاه می‌تواند به مسدود شدن یک مسیر منجر شود و در این حالت روترها صرف‌نظر از محتوای بسته، از بخشی از یک ویدیو گرفته تا یک مکالمه صوتی یا یک ایمیل، رفتار یکسانی را در قبال بسته‌ها از خود نشان می‌دهند.

چنین عملکردی اوایل کارکرد فوق‌العاده‌ای از خود نشان داد. در آن زمان، قالب محتوای به اشتراک گذاشته شده مانند ایمیل و مرور صفحات اینترنتی، شامل بسته‌های کوچک اطلاعات بودند که هیچ اولویت خاصی نیز برای آنان در نظر گرفته نمی‌شد. به همین دلیل، روترها به دلیل الگوی یکسانی که در اغلب موارد وجود داشت، پردازش یکسانی را روی تمام بسته‌ها صورت می‌دادند.

این نگرش طی یک دهه گذشته به طرز چشم‌گیری دچار تغییر و تحول شد. امروزه ترافیک شبکه‌ای حاوی بسته‌های بزرگ‌تری از اطلاعات هستند که باید با روش‌های بسیار متنوع‌تر و پیچیده‌تری مدیریت شوند. برای مثال، سنجش‌گرهای هوشمند اطلاعات را به صورت رگباری از بسته‌های کوچک و در فواصل زمانی کوتاه ارسال کرده‌اند، درحالی‌که سرویس‌های تلویزیون مبتنی بر پروتکل اینترنت (IPTV) جریان‌های حجیم و مستمری را از اطلاعات تولید می‌کنند. ذات ترافیک‌های جدید اطلاعاتی موجب خواهند شد تا کاربردهای جدیدی در بازار پدیدار شوند. این شامل ابزارها و محصولات می‌شود که حتی تصورشان را هم نمی‌کنیم. اصول ابتدایی پاکت سویچینگ آن‌چنان انعطاف‌ناپذیر هستند که توانایی لازم را برای مدیریت چنین حجم پویایی از اطلاعات نخواهند داشت.

با این اوصاف، وقت آن رسیده است تا هوشمندی بیش‌تری به اینترنت اعطا کنیم. این کار فقط با اصلاح و به‌سازی ممکن نیست، بلکه از طریق طراحی روش جدیدی برای انتقال داده‌ها میسر خواهد بود. در این راه، مهندسان به الهام گرفتن از طبیعت روی آورده‌اند.

شبکه‌های بیولوژیک پس از میلیون‌ها سال تکامل تدریجی، راه‌حل‌های هوشمندانه‌ای را برای چیره شدن بر سخت‌ترین مشکلات شبکه‌ای به ارث برده‌اند؛ راه‌حلهایی مانند حفاظت در برابر عوامل آلودگی‌ها و سازگاری در برابر تغییر و شکست. به‌ویژه مغز و بدن انسان الگوی بسیار خوبی برای ساخت یک شبکه اطلاعاتی بهتر به حساب می‌آید. در این میان، چالش اصلی یافتن راهی برای تقلید و الگوبرداری از این سیستم بیولوژیک طبیعی است. (به کادر «حرکت به سوی مسیریابی هوشمند» در همین مقاله رجوع کنید). برای درک این‌که چرا اینترنت مبتنی بر پاکت سویچینگ باید با سیستمی به‌مراتب هوشمندتر جایگزین شود، نخست، باید روی ساختار شبکه اینترنت امروزی دقیق‌تر شویم. برای مثال، فرض کنید می‌خواهید نماهنگی را از یوتیوب مشاهده کنید. برای این‌که اطلاعات ویدیو از روی سرور گوگل روی گوشی هوشمند شما جریان پیدا کند، بسته‌ها باید از طریق ساختار درخت‌واره‌ای از زیرشبکه‌ها عبور کنند. این بسته‌ها مسیر خود را از دورترین نقطه خارج از شبکه یعنی از «شبکه دسترسی» آغاز می‌کنند. در این نقطه، ترمنال‌های انتهایی مانند تلفن‌ها، حس‌گرها، سرورها و پی‌سی‌ها اتصال خود را برقرار می‌کنند. سپس، بسته‌ها حرکت خود را از طریق شبکه‌های منطقه‌ای به شبکه مرکزی یا Backbone ادامه می‌دهند. در این‌جا، رشته‌های متراکمی از کابل‌های فیبر نوری ترافیک را با سرعت بالا و تا فواصل طولانی جابه‌جا می‌کنند. در انتها بسته‌ها راه خود را به «شبکه دسترسی» پیدا می‌کنند، همان جایی که گوشی هوشمند شما قرار دارد.

وظیفه روترها هدایت هر بسته اطلاعاتی به در دسترس‌ترین مسیر در این ساختار درخت‌واره است. روش کار به این صورت است که داخل هر روتر مجموعه‌ای از میکرو تراشه‌ها به نام موتور مسیریابی (Routing Engine) جدولی را نگهداری می‌کنند که حاوی فهرست تمام مسیرهای ممکن به مقصدهای مختلف هستند. موتور مسیریابی همواره این فهرست را با استفاده از اطلاعات اخذ شده از نودهای مجاور خود - که شبکه را برای دریافت علایمی از مسدود شدن ترافیک در شبکه نظارت می‌کند - به‌روزرسانی می‌کند. زمانی که یک بسته از طریق پورت ورودی یک روتر وارد می‌شود، مجموعه دیگری از تراشه‌ها به نام موتور ارسال (Forwarding Engine) نشانی مقصد بسته را بازخوانی و جدول مسیریابی را برای یافتن بهترین نود برای ارسال بسته جست‌وجو می‌کند. پس از آن، بسته را به صف انتظار یا بافر منتقل می‌کند تا در آن‌جا منتظر ارسال بماند. روتر این فرآیند را برای هر بسته ورودی به همین شکل تکرار می‌کند. چنین طراحی نقایص متعددی دارد. نخست این‌که توان محاسباتی زیادی مورد نیاز است. جدول جست‌وجو و

بافر بسته‌ها حدود 80 درصد از توان و ظرفیت پردازنده و حافظه روتر را به خود اختصاص می‌دهند. کند بودن و سرعت پایین از دیگر نکات منفی است. تصور کنید یک حامل ایمیل مجبور به محاسبه مجدد مسیر تحویل برای تمام ایمیل‌ها و بسته‌های به مقصد رسیده شود. روترها به طریق مشابه، این واقعیت را نادیده می‌گیرند که مسیر بسیاری از بسته‌های ورودی احتمالاً یک ترمینال واحد است. همچنین، روترها بر نوعی جریان اطلاعاتی نظارت می‌کنند که هر بسته به آن تعلق دارد. این مطلب به‌ویژه در زمان اوج ترافیک داده مشکل‌ساز خواهد بود؛ زیرا در آن هنگام بسته‌ها درون بافر روتر انباشته خواهند شد. چنان‌چه داده‌هایی بیش‌تر از توان و ظرفیت بافر روتر به ورود به بافر اقدام کنند، روتر به‌صورت تصادفی مبادرت به نادیده گرفتن اطلاعات اضافی می‌کند. در این سناریو، یک بسته ویدیوی جریانی (صرف‌نظر از داشتن مشخصه زمان انقضا برای تحویل) همان میزان تأخیر در زمان تحویل را متحمل خواهد شد که یک بسته حاوی اطلاعات ایمیل. به طریق مشابه، انتقال یک فایل حجیم می‌تواند موجب انسداد ترافیک صدا و مرورگر شود، به‌گونه‌ای که هیچ جریان اطلاعاتی در آن بازه زمانی به مقصد واصل نشود.

## درس‌های شبکه‌ای از دنیای واقعی

مهندسان اینترنت می‌توانند مطالب زیادی را از شبکه‌های اجتماعی و بیولوژیک بیاموزند.



حتی در شبکه‌های بزرگ مسیرها را کوتاه کنیم. مثال: ارتباطات اجتماعی، روابط ژنتیکی، شبکه‌های عصبی مغز. فواید: هنگامی که اطلاعات در مسیرهای کوتاه‌تری انتقال یابند، تأخیر به‌وجود آمده کاهش خواهد یافت.



تنها درصد کمی از نودها دارای لینک‌های متعدد هستند. مثال: روابط جسمی در انسان، تقدیرنامه‌های علمی. فواید: کاهش تعداد هاب‌ها باعث کاهش خطر انتشار آلودگی ویروسی شده و از ما در برابر حملات محافظت می‌شود.



لینک‌های کند خیلی هم بد نیستند. مثال: برخی ساختارهای مولکولی. فواید: لینک‌های ضعیف یا ناپایدار موجب ارتقای اتصالات مشکل‌دار می‌شوند. پراکندگی انقطاع‌ها موجب انتقال دسترس‌ی شبکه به مکان‌هایی می‌شود که امکان ایجاد لینک‌های قدرتمند وجود ندارد.



مقداری از سرعت را فدای پایداری کنیم. مثال: سیستم‌های کنترل ترافیک (شامل نورافکن‌ها، علائم و محدودیت‌های سرعت). فواید: کنترل جریان اطلاعات به جلوگیری از ازدحام ترافیکی و در نتیجه انسداد مسیرها کمک می‌کند.



انتشار اطلاعات با استفاده از «خبرچینی» به‌جای انتشار آن. مثال: شایعات، ویدیوهای زنجیره‌ای. فواید: انتشار اطلاعات به‌صورت تصادفی مؤثرتر از مخابره آن خواهد بود.



کنترل و آموزش یا مقیاسی متفاوت. مثال: عملکردهای غیرارادی (همانند تنفس و هضم غذا) در مقایسه با کنترل ادراکی. فواید: کنترل بی‌درنگ نودها را قادر خواهد ساخت تا اتفاقات را شناسایی کنند و آموزش تدریجی باعث ارتقا و نمو شبکه می‌شود.

حال وقتی یک نقطه مسیریابی کلیدی به هر دلیل در دسترس نباشد، مانند زمانی که مرکز شبکه وودافون در روتردام هلند در سال 2012 دچار آتش‌سوزی شد، چه اتفاقی خواهد افتاد؟ در حالت ایده‌آل دیگر، روترها قادر هستند مسیر ترافیک را برای دور زدن نقطه مسدود شده تغییر دهند. در بیشتر موارد، مسیرهای انحرافی محلی باعث انتقال پشته مسدود شده به نقطه‌ای دیگر می‌شوند. برخی روترها از بسته‌ها سرریز می‌شوند که همین امر موجب مسیریابی مجدد و ارسال زنجیروار بسته‌ها می‌شود و در نهایت، به مسدود شدن بخش بزرگی از شبکه منجر خواهد شد. پس از حادثه آتش‌سوزی وودافون، 700 آنتن موبایل برای مدت یک هفته از دسترس خارج بودند. اگر هوشمندی بیش‌تری برای تصمیم‌گیری به روترها اضافه شود - به‌ویژه این‌که کدام بسته باید نادیده گرفته شده و کدام یک باید اولویت بالاتری برای ارسال داشته باشد - این دستگاه‌ها خواهند توانست جریان اطلاعات را به طور مؤثرتر مدیریت کنند. برای رسیدن به این نقطه، روترها باید اطلاعات بیش‌تری را در مقایسه با در دسترس بودن یک مسیر راجع به شبکه جمع‌آوری کنند. برای نمونه، چنان‌چه یک روتر اطلاع داشته باشد که یک بسته اطلاعاتی حاوی اطلاعات با کیفیت بالای IPTV بوده و مقصد آن یک تلفن ماهواره‌ای است، می‌تواند درباره لغو ارسال بسته‌هایی با اولویت پایین‌تر تصمیم‌گیری کند.

در انتها، روترها ناچار هستند تا تصمیمات و اقدامات خود را در تمام سطوح اینترنت، از Backbone گرفته تا ترمینال نهایی، با نرم‌افزارهایی هماهنگ کنند که اطلاعات را اجرا می‌کنند. همچنین، هم‌زمان با ورود دستگاه‌ها، سرویس‌ها و وظایف جدیدی که در آینده وارد اینترنت خواهند شد، این سیستم باید هوشمندی کافی برای سازگار شدن کسب کند. نخستین قدم برای طراحی یک اینترنت هوشمندتر، دادن توانایی مسیره‌دهی اطلاعات به تمام کامپیوترهای متصل به شبکه است. با افزودن قابلیت محاسباتی به ابزارهای مصرفی، نیازی نخواهد بود تا ارتباطات متقابل تجهیزات الزاماً روی شبکه اصلی صورت پذیرد. برای این کار می‌توان از هر فناوری بی‌سیم دیگر مانند وای‌فای یا بلوتوث استفاده و

به این ترتیب مجموعه‌ای از شبکه‌های توری هم‌زمان ایجاد کنیم. با استفاده از چنین طراحی، تمام ترمینال‌ها اعم از تبلت، تلویزیون، ترموستات، خودرو، توستر، مسواک و... قادر خواهند بود تا حتی به‌جای ترمینال‌های دیگر نیز اقدام به ارسال و رله کردن بسته‌های اطلاعات کنند.

با بارگذاری آفلاین ترافیک محلی از روی اینترنت، شبکه‌های توری می‌توانند پهنای باند را طی انتقال در مسافت‌های طولانی (مانند IPTV) آزاد و به این ترتیب نیاز به ارتقای زیرساخت‌های پرهزینه را برطرف سازند. همچنین، این شبکه‌ها با افزودن گذرگاه‌های مسیریابی شده، گلوگاه‌های موجود در شبکه را دور زده و در نتیجه در نواحی که دسترسی به اینترنت ضعیف است، اطلاعات جاری شده و برای مثال در زمان بروز حوادث طبیعی، سرویس‌های سلولی موبایل با انتقال به زیرساخت‌های زیر زمین سطح پوشش خود را افزایش دهند.

این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند.

برای مدیریت داده‌ها و ترمینال‌های مختلف و متنوع مسیریابی (حتی برای خود ترمینال‌ها) به روش‌های کارآمدتری برای ساخت و انتخاب مسیر اطلاعات احتیاج است. یک روش برای مهندسی این پروتکل‌ها الهام گرفتن از شبکه‌های پیچیده‌ای است که از قبل در طبیعت وجود داشته است: سیستم عصبی غیرارادی انسان. این سیستم کنترل تنفس، گردش خون، دما، مبارزه با عوامل بیماری‌زا و بسیاری دیگر از عملکردهای بدن انسان را بر عهده دارد. تمام این وظایف (همان‌گونه که از نام آن نیز مشخص است) به‌طور غیرارادی و بدون داشتن آگاهی و کنترل نسبت به آن صورت می‌گیرند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم عصبی غیرارادی، توانایی تشخیص اختلالات و اقدام به‌موقع در جهت سازگاری بدن آن هم پیش از آن است که این اختلالات به تهدیدی برای انسان تبدیل شوند. اگر هنوز موضوع قدری مبهم است، به مثالی از سیستم هاضمه توجه کنید. فرض کنید یک همبرگر بزرگ و آب‌دار را نوش جان کرده‌اید. برای آغاز هضم این همبرگر، معده باید میزان متناسبی از اسید معده را ترشح کند. شاید یک محاسبه ساده به‌نظر بیاید؛ گوشت بیشتر یعنی اسید بیشتر. در واقع، بخشی از مغز که کنترل این جریان را بر عهده دارد، تحت تأثیر ورودی‌هایی از دیگر سیستم‌ها شامل مزه، حافظه، جریان خون، سطح و میزان هورمون‌ها، فعالیت ماهیچه‌ای و سیستم مصونیت بدن است. آیا همبرگری که خوردید، حاوی باکتری مضری که باید کشته یا حذف شود نبوده است؟ آیا بدن شما نیاز به ذخیره‌سازی خون و انرژی برای امورات مهم‌تری مانند فرار از دست یک دشمن ندارد؟ یا در نظر گرفتن تعداد زیادی از اعضا و فعالیت‌ها در آن واحد، سیستم غیرارادی عملکرد بدن را تنظیم می‌کند.

به‌طریق مشابه، بروز یک اختلال در شبکه مانند تجمع ترافیک یا یک نود از کار افتاده، بلافاصله پس از وقوع توسط اینترنت شناسایی خواهد شد. در حال حاضر، روترها، سرورها و ترمینال‌های کامپیوتر در زمان بروز مشکل به‌جای کار هماهنگ، هریک به تنهایی اقدام به حل آن می‌کنند. این حالت همانند اتفاقی که پس از آتش‌سوزی وودافون شاهد آن بودیم، باعث بدتر شدن وضعیت خواهد شد.

این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم توزیع داده‌ها در سطح محلی و منطقه‌ای عمل کنند.

برای دستیابی به یک اینترنت کارآمدتر به وجود پروتکل‌های مسیریابی و فورواردینگ جدیدی نیاز است که عملکردی مشابه با سیستم عصبی غیرارادی داشته باشند. مهندسان شبکه کماکان در حال جست‌وجو و تحقیق برای رسیدن به بهترین طراحی ممکن در جهت چنین سیستمی هستند و راه‌حلهایی که ارائه می‌دهند با جهت‌گیری مناسب مطالعات و همکاری بیشتر با دانشمندان و محققان حوزه‌های بیولوژیک و عصب‌شناسی، پیچیدگی و کارآمدی بیشتری خواهند یافت.

ایده جدیدی که توسط آی‌بی‌ام مطرح شده است، (MAPE) Monitor Analyze Plan Execute) یا به زبان ساده‌تر،

«چرخه معرفت» نام دارد. الگوریتم‌های شکل گرفته بر اساس این معماری باید چهار وظیفه اصلی را انجام دهند: نخست این‌که محیط اطراف یک روتر مانند سطح باتری، ظرفیت حافظه، نوع داده‌های ترافیک، تعداد نودهایی که به آن متصل هستند و پهنای باند تمام ارتباطات پیرامونی آن را نظارت کنند. سپس، الگوریتم معرفت تمام داده‌ها را تحلیل می‌کند. این الگوریتم‌ها با به‌کارگیری تکنیک‌های آماری مشخص می‌کنند آیا ورودی‌ها از الگوی معمول تبعیت می‌کنند یا نه؟ اگر این طور نبود، آیا روتر می‌تواند به‌خوبی از عهده آن‌ها بر بیاید؟ به‌عنوان مثال، اگر یک روتر که به‌طور معمول داده‌های ویدیویی با کیفیت پایین را دریافت می‌کند، ناگهان با داده‌های یک ویدیوی با کیفیت بالا روبه‌رو شود، الگوریتم پیش از این‌که بافر روتر با بسته‌ها سرریز شود، قدرت و توان روتر را برای پردازش این جریان ویدیویی مورد محاسبه قرار می‌دهد.

در مرحله بعد، «طرحی» برای مقابله با هرگونه مشکل احتمالی (مانند این‌که شاید ویدیوی ورودی خیلی حجیم باشد) تهیه می‌شود. برای مثال، ممکن است از سرور ارسال‌کننده ویدیو خواسته شود تا نرخ جریان ویدیو را کاهش دهد یا شاید این‌گونه تشخیص داده شود که بهتر است جریان شکسته شده و اطلاعات از یک نود دیگر و از طریق مسیرهای متفاوت به مقصد ارسال شوند. در انتها، «طرح» تهیه شده به اجرا درخواهد آمد. دستورات اجرایی ممکن است تغییراتی را در جدول مسیریابی ایجاد کنند و با تنظیم مجدد روش‌های صف‌بندی، کاهش قدرت مخابره، انتخاب کانال متفاوت دیگری برای مخابره یا یکی دیگر از چند عملیات ممکن، انتقال داده‌ها را سرعت ببخشند. این امکان وجود دارد که یک معماری مسیریابی مانند حلقه MAPE کلید حل مشکلات اینترنت باشد. چنین معماری نه تنها مانع از کار افتادن روترهای منفرد می‌شود، بلکه با نظارت مستمر بر اطلاعات نودهای مجاور و فرامین اصلاح شده، در داخل شبکه‌های محلی چرخه‌هایی از بازخوردهای اصلاحی را ایجاد می‌کنند. به این ترتیب، این چرخه‌های محلی اطلاعات را با دیگر شبکه‌های محلی به اشتراک می‌گذارند و هوشمندی مفیدی را در سرتاسر شبکه اینترنت منتشر می‌کنند.

باید این واقعیت را در نظر داشت که هیچ الگوریتم جادویی وجود ندارد که با تمام نودها و شبکه‌های محلی هماهنگی داشته باشد. برای مثال، ممکن است شبکه‌های توری (Mesh) تشکیل شده از گوشی‌های هوشمند بهترین استفاده را از پروتکل‌های مبتنی بر هوشمندی جمعی کنند. مانند مورچه‌های پیشاهنگی که منابع غذایی را به دیگر مورچه‌ها نشان می‌دهند. در این حین، نظارت گسترده بر شبکه‌ها مانند سیستم «غبار هوشمند» که با استفاده از میلیاردها حسگر میکروسکوپی، اطلاعات را در سطحی وسیع به اشتراک می‌گذارند، می‌تواند مورد نیاز برای ارسال و مخابره داده‌ها را به‌حداقل برساند.

پروتکل‌های غیرارادی به اینترنت کمک می‌کنند تا جریان امروز اینترنت را بهتر مدیریت کنند. از آنجا که دامنه زمانی نفوذ سرویس‌های جدید آنلاین و ابزارها با عمر مفید یک روتر قابل مقایسه نیست، لازم است تا روترها قادر به آموزش و مجهز به قوه ادراک باشند.

برای این‌که این اتفاق روی دهد، مهندسان باید از پیشرفته‌ترین سیستم تکاملی که می‌شناسیم، یعنی ادراک انسان کمک بگیرند. بر خلاف سیستم‌های غیرارادی که بر پایه قوانین از پیش تعریف شده کار می‌کنند، سیستم‌های ادراکی بر اساس تجربیات خود تصمیم می‌گیرند. برای مثال، وقتی می‌خواهید یک توپ را روی هوا بگیرید، تصمیم بر چگونگی جایگیری بدنتان بر اساس تجربه دریافت موفق قبلی گرفته می‌شود. اگر موفق به گرفتن توپ بشوید، این تجربه باعث تثبیت نتیجه‌گیری شما خواهد شد. اگر حرکت شما ناموفق باشد، در استراتژی خود بازبینی خواهید کرد. در حال حاضر، دانشمندان به اندازه کافی از ادراک طبیعی انسان شناخت ندارند تا بتوانند دقیقاً از آن تقلید کنند. با وجود این، تجربیات به‌دست آمده نشان می‌دهند که می‌توان بر پیشرفت‌های حاصل در حوزه‌های هوش مصنوعی (شامل الگوریتم‌های شناخت الگو)، استنتاج آماری و تکنیک‌های یادگیری سعی و خطا به‌عنوان ابزارهای سودمند برای مهندسان تکیه کرد. با استفاده از این ابزارها این امکان وجود دارد که بتوان اینترنتی بسازیم که قضاوت در برابر جریان‌ات داده ناآشنا یا مبارزه با حملات بدافزارهای جدید را بیاموزد، آن گونه که به یک کامپیوتر منفرد شناسایی هرزنامه را می‌آموزیم.

مهندسان کماکان در جست‌وجوی بهترین چهارچوب کاری برای طراحی شبکه‌های ادراکی هستند؛ بهترین نقطه برای شروع مدلی است که در اواخر دهه 1990 میلادی برای ساخت رادیوهای هوشمند پیشنهاد شد. این معماری به نام چرخه ادراک یا Observe Orient Plan Decide Act Learn (OOPDAL) شناخته می‌شود. مانند حلقه MAPE در یک سیستم غیرارادی، OOPDAL با زیر نظر گرفتن شرایط محیطی، شامل داده‌های حسگر داخلی و سیگنال‌های نودهای مجاور آغاز شد. سپس، الگوریتم ادراکی با ارزیابی و اولویت‌بندی جمع‌آوری اطلاعات سیستم را هدایت کردند. از این مرحله به بعد، پیچیدگی ماجرا بیش‌تر شد. برای عملیات با اولویت پایین، الگوریتم اقدام به طراحی نقشه‌های جایگزین می‌کند. بعد از آن، برای اجرای یک طرح «تصمیم» گرفته می‌شود. در آخر، از طریق ساخت یک رفتار داخلی یا توسط اعلام به نودهای مجاور تصمیم به «اجرا» گذاشته می‌شود. چنان‌چه اقداماتی با اولویت‌های فوری‌تر نیاز باشد، الگوریتم قادر خواهد بود تا یک یا هر دو مرحله «تصمیم» و «اجرا» را از دستور کار خارج سازد. در

نهایت، با مشاهده نتایج این عملیات الگوریتم «می‌آموزد».

این الگوریتم می‌تواند به موازات لوپ‌های OOPDAL می‌تواند به موازات لوپ MAPE اجرا شوند (کادر «حرکت به سوی مسیریابی هوشمند» را ببینید). زمانی که الگوریتم ادراکی می‌آموزد، قادر خواهد بود تا مدل‌های پیش‌بینی را ایجاد کند که به صورت مستمر قادر به اصلاح الگوریتم دانش بوده و هم‌زمان توانایی روتر را برای مدیریت تغییر جریان داده بهبود بخشد. این تعاملات مشابه روشی هستند که مغز هشیار شما عضلات بازو را پس از سال‌ها بازی کردن و گرفتن توپ آموزش می‌دهد. متخصصان شبکه هنوز راه طولانی را برای ساخت شبکه‌های کاملاً ادراکی حتی در آزمایشگاه‌ها در پیش دارند. یکی از بزرگ‌ترین چالش‌ها در این مسیر طراحی الگوریتمی است که بتواند بیاموزد که نه تنها استفاده از منابع (مانند قدرت پردازش، حافظه و طیف رادیویی) را به حداقل برساند، بلکه کیفیت تجربه کاربری را نیز افزایش دهد. این دست‌آوردی کوچک نیست. اکنون دیگر تجربه کاربری یکی از مهم‌ترین اهداف به‌شمار می‌آید. تصویری بی‌کیفیت از ویدیو کنفرانس روی گوشی هوشمند ممکن است کاربر نوجوان را قانع کند، ولی برای یک مدیر تجاری که در حال مذاکره با مشتریان احتمالی است، پذیرفتنی نیست. به‌طریق مشابه، شما فریز شدن تصویر را در هنگام تماشای یک برنامه تلویزیونی رایگان خواهید پذیرفت، ولی همین وضعیت نباید برای یک سرویس خریداری شده اتفاق بیفتد.

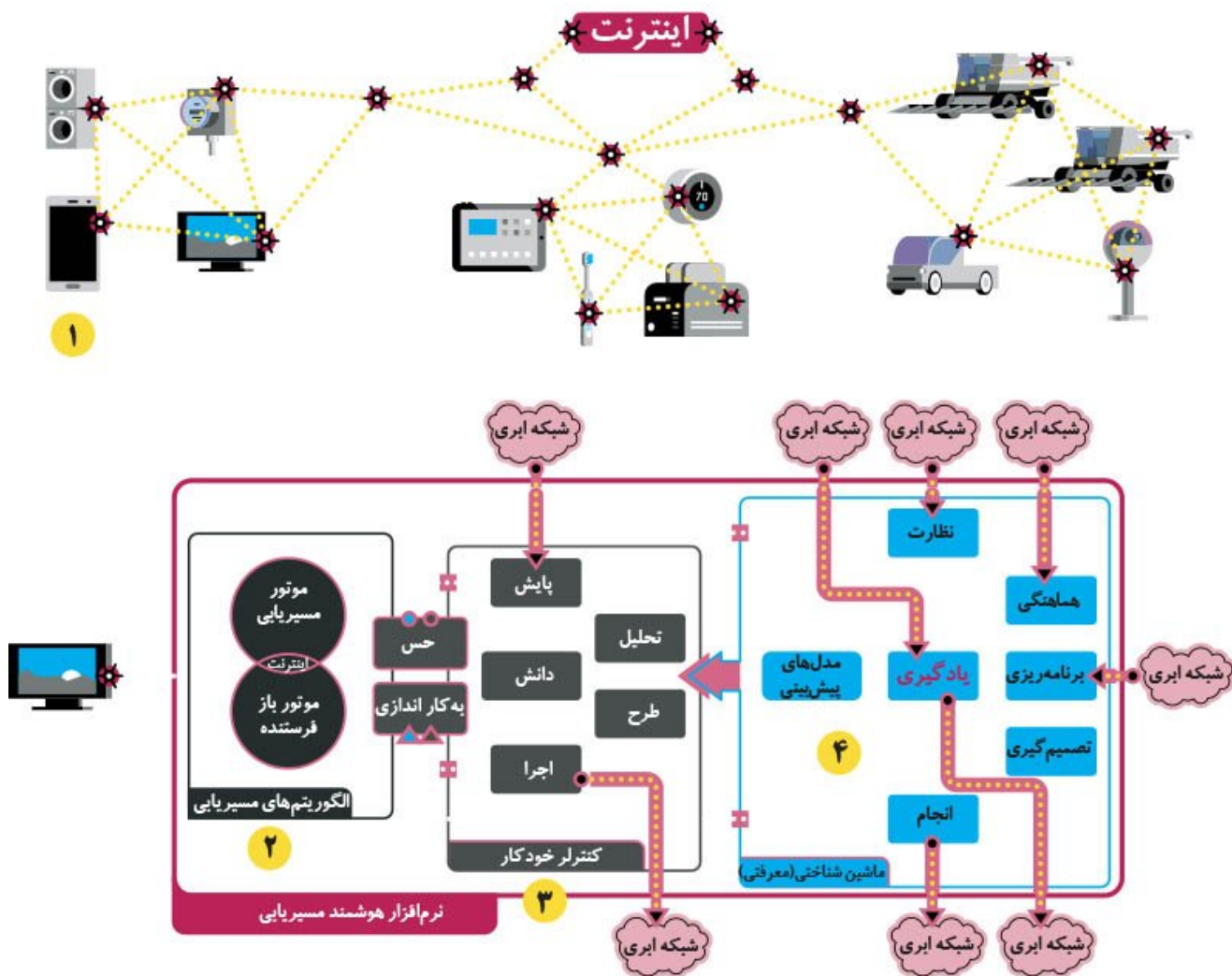
با وجود این، من و همکارانم در دانشگاه فناوری آینده‌وون هلند به پیش‌رفت‌هایی دست یافته‌ایم. با استفاده از یک شبیه‌ساز شبکه یا «اینترنت در جعبه» می‌توانیم وضعیت مختلف شبکه را شبیه‌سازی و تأثیر آن را بر کیفیت انواع مختلف ویدیوهای جریانی مشاهده کنیم. در این آزمایش‌ها، توانستیم صدها متغیر قابل اندازه‌گیری شامل زمان تأخیر، محتوای ویدیو، دقت تصاویر و نرخ فریم را برای پیش‌بینی کیفیت آزمایش شناسایی کنیم. با استفاده از پروتکل‌های حسی جدید، ترمینال‌ها نیز قادر خواهند بود مواردی مانند نوع صفحه نمایش مورد استفاده افراد، فاصله بین کاربر و صفحه نمایش و شرایط نور محیط نمایش را اندازه‌گیری کنند.

در همکاری که با شرکت تلفونیکا اسپانیا صورت گرفت، توانستیم الگوریتم دستگامی را به‌وجود بیاوریم که با استفاده از بسیاری از این متغیرها، قادر به اندازه‌گیری و پیش‌بینی تجربه کاربری استفاده از برنامه‌های IPTV روی گوشی‌های هوشمند است. این مدل‌ها با پیش‌بینی بسیار دقیق (با دقت حدود 90 درصد بنا به اظهار کاربران در یک نظرسنجی صورت گرفته) نشان می‌دهند که امکان آموزش شبکه‌ها برای تطبیق با شرایط محیطی متفاوت وجود دارد. در تحقیقی دیگر نشان دادیم که یک شبکه با چه سرعتی می‌تواند با استفاده از روش سعی و خطا میزان نرخ داده مورد نیاز برای یک ویدیوی جریانی را با هدف دستیابی به بهترین کیفیت کاربری ممکن بیاموزد. بهترین فایده این مدل این است که می‌توانیم آن را روی هر نوع شبکه و هر گونه ویدیو، صرف‌نظر از این‌که شبکه تا پیش از آن ویدیو را دیده یا نه، اجرا کنیم.

مهندسان شبکه هنوز راه طولانی تا ساخت هوش پیچیده برای اینترنت در پیش دارند. این تغییر یک شبه روی نمی‌دهد. تلاش‌ها هم‌اینک در جریان است. در یک شبکه پیش‌رفته، سرویس‌هایی مانند گوگل و فیس‌بوک از الگوریتم‌های پیچیده یادگیری برای پی بردن به تنظیمات مورد علاقه ما، انجام پیشنهادات و تبلیغات هدفمند استفاده می‌کنند. سازندگان ابزارهای بی‌سیم در حال ساخت رادیوهایی هستند که با «گوش دادن» به امواج هوا، فرکانس و قدرت سیگنال خود را به‌طور خودکار تنظیم می‌کنند. مهندسان دیگری در حال نهایی کردن ساخت شبکه‌های موبایل ad-hoc هستند که پلیس و خودروهای امدادی بتوانند به‌طور مستقیم با یکدیگر تماس برقرار کنند. به‌تدریج ابداعات مشابه به بخش‌های دیگر شبکه نیز راه خواهد یافت. شاید تا سال 2030 بخش عظیمی از اینترنت بتواند به‌طور خودمختار عمل و بخش‌های دیگر نیز شگفتی‌های درونی خود را کم‌کم نمایان کنند. شبکه آینده تنوع بسیار زیادی را همانند اکوسیستم زنده سیاره‌مان در هوشمندسازی به نمایش خواهد گذاشت.

### حرکت به سوی مسیریابی هوشمند

اینترنت آینده نیازمند الگوریتم‌های هوشمندتری برای مواجهه با جریان‌های متفاوت و متنوع داده‌ها و همین‌طور اجتناب از بروز خطا است. با وجود این‌که تاکنون راه‌حل‌های قطعی برای این مطلب به‌دست نیامده است، این امکان وجود دارد تا طراحی‌های نخست، ما را به سمت معماری مناسب هدایت کنند.



1- هر نود شبکه‌ای مانند تلفن، تلویزیون، لوازم آشپزخانه، حس‌گرهای محیطی یا حتی دستگاه‌هایی که هنوز وارد بازار نشده‌اند، به‌عنوان وسیله مسیریابی شناخته خواهند شد. ابزارهای مجاور هر نود در یک شبکه توری (Mesh) قادر خواهند بود تا حتی به‌صورت آفلاین ترافیک را روی شبکه اصلی منتقل کنند و سرویس اینترنت را به مصرف‌کننده‌های سیار برسانند.

2- موتورهای مسیریاب و فورواردینگ بهترین راه را برای رساندن بسته‌های داده به مقصدشان شناسایی و صف انتقال را ایجاد می‌کنند. (در حال حاضر، این موتورها در روترهای Dump جاسازی شده‌اند، ولی در آینده نزدیک به‌جای دستگاه‌های سخت‌افزاری مجزا، به‌صورت یک نرم‌افزار روی دستگاه‌ها نصب خواهند شد.)

3- کنترلرهای غیرارادی موتورهای مسیریابی و فورواردینگ را با استفاده از لوپ‌های MAPE هدایت می‌کنند و با نظارت بر داده‌های حسی داخلی و سیگنال‌های دریافتی از دیگر نودها، پاسخ‌گویی مناسب را «طراحی» و آن را «اجرا» می‌کنند. ابزارهای موجود در همسایگی عملیات را با استفاده از سیگنال‌های کنترلی به‌صورت آبی شناسایی می‌کنند.

4- موتورهای ادراکی روترها را در سازگاری با تغییرات پیش‌بینی نشده یاری می‌رسانند و با به‌کارگیری چرخه‌های OOPDAL محیط اطراف را تحت نظر می‌گیرند. سیستم با اولویت‌بندی وظایف هدایت شده و «تصمیمات» متناسب با «نقشه‌ها» اخذ، «اجرا» و نتایج حاصل از بازخوردها «آموخته» خواهند شد. با به اشتراک‌گذاری معلومات، ابزارها راساً نسبت به انتشار هوشمندی در سطح شبکه اقدام خواهند کرد.

منبع:

اسپكتروم  
**تاریخ انتشار:**  
16 مهر 1394

---

**نشانی منبع:** <https://www.shabakeh-mag.com/are-network/1836>