وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات
پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

شبکه‌های اطلاعات محور: رویکرد آتی معماری شبکه

عنوان گزارش: شبکه‌های اطلاعات محور: رویکرد آتی معماری شبکه
کلمات کلیدی: اشیاء داده‌ای، تحرک‌پذیری، نامگذاری، اطلاعات محور
تهیه کنندگان: زهرا میرمحمدی
ناظر علمی: امیر منصور یادگاری
گروه پژوهشی: ارزیابی امنیت شبکه و سامانه ها
سال انتشار: ۱۴۰۳

خلاصه مدیریتی

با توجه به الویت موضوعات مرتبط با شبکه ملی اطلاعات ، شناسایی و بررسی ویژگی‌های شبکه‌های آینده و خصوصی سازی آن برای شبکه ملی اطلاعات از مواردی است که پرداختن به آن بسیار حائز اهمیت است. شبکه اطلاعات محور[1] (ICN) یک رویکرد جدید است که به جای دستگاه‌های ذخیره کننده بر محتوای آن، تمرکز می‌کند. ICN اخیراً توجه زیادی از جوامع تحقیقاتی و استانداردسازی شبکه را به خود جلب کرده است. تلاش‌های جهانی در این خصوص، به طور جمعی، معماری جدید شبکه مبتنی بر داده را شکل دهی نموده است. در معماری اینترنت، اطلاعات از طریق میزبان اصلی منتقل می‌شوند، در حالی‌که در ICN، اطلاعات بر اساس نام محتوی و از نزدیکترین میزبان انتقال می‌یابند. این تغییر رویکرد رویکرد، عملکرد اینترنت را در آینده ، با اطمینان پذیری، مقیاس‌پذیری، سرعت بخشیدن به ارسال محتوی و قابلیت بکارگیری در ارتباطات بی‌سیم و سیار بهبود می‌دهد. ICN از مقیاس‌پذیری و تحرک‌پذیری در هر دو سمت سرویس‌گیرنده و سرویس-دهنده پشتیبانی می‌کند، هم‌چنین مجوز ذخیره‌سازی داده‌ها را در حافظه‌های موقت محلی امکان‌پذیر می‌کند. در ICN نام محتوی نقش اصلی را دارد. هر محتوی یک نام منحصر به فرد در لایه شبکه دریافت می‌کند و از این نام برای مسیریابی آن محتوا در شبکه استفاده می‌شود. بنابراین، استخراج چارچوب مناسب برای نامگذاری محتوا در شبکه‌های اطلاعات محور، چالشی مهم است. از آنجایی‌که ICN محتوی را به جای میزبان نامگذاری می‌کند، نگرانی واقعی در مورد موضوع مقیاس‌پذیری پدید می آید. زیرا در اینترنت حجم محتوی بسیار بیشتر از دستگاه‌ها است و قرار است طرح نامگذاری همه این محتواها را به وضوح شناسایی کند که این امر نامگذاری را دشوار می‌کند. از طرفی نام باید به گونه‌ای تعریف شود که منحصر به فرد باشد و اصالت محتوا را تایید کند.

این مستند بر آن است که با توجه به استاندارد ITU و پژوهش‌های جدید در چالش های امنیتی، نامگذاری محتوی را شناسایی و چارچوبی مناسب جهت نامگذاری محتوی در شبکه‌های اطلاعات محور با رویکردی امنیتی ارائه دهد.

[1] Information Centric Network

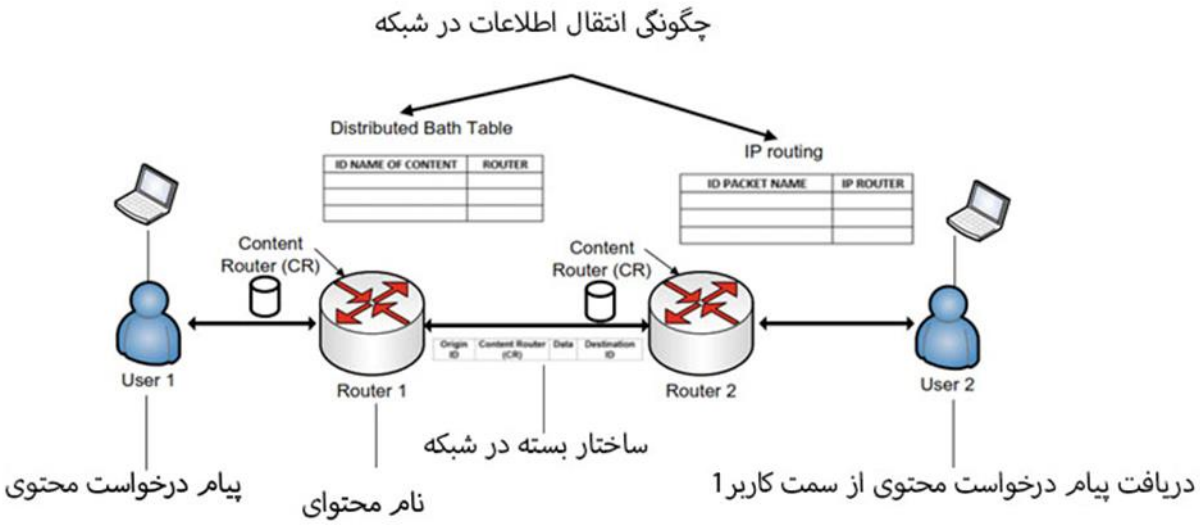
فهرست مطالب

۱ مقدمه

در دهه‌های گذشته شبکه اینترنت ، بر اساس یک مدل ارتباطی میزبان محور، که برای تامین نیازهای کاربران اولیه مناسب بود، خدمات و سرویس ارائه می‌داد. در معماری‌های سنتی شبکه، مسیریابی داده‌ها بین گره‌های مختلف با استفاده از انواع مختلف آدرس‌های IP و از طریق یک روتر با استفاده از پروتکل‌های مسیریابی مانند TCP / IP انجام می‌شد. امروزه از شبکه‌ها، بیشتر برای بازیابی محتوی استفاده می‌شود و دیگر برای ارتباط مستقیم بین افراد یا با یک دستگاه یا سرور خاص مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این روند، نیازمند یک معماری شبکه جدید بهینه‌سازی شده برای بازیابی محتوی است که منجر به ظهور معماری شبکه اطلاعات محور شده است. با پیشرفت اینترنت، شبکه‌های سنتی با چالش‌های جدی مدیریت حجم زیادی از اطلاعات مواجه شده‌اند. مفهوم ICN در عصری متولد شده است که کاربران بیشتر و بیشتر علاقه خود را به محتوی و نه مکان یا سرور که محتویات در آنها ذخیره می‌شوند تغییر داده‌اند. این رفتار محتوا محور، ساختار ارتباطی نقطه به نقطه شبکه‌های IP را ناکارآمد کرده است لذادر سال‌های اخیر انتقال از اینترنت به شبکه‌های محتوی محور آغاز شده است.

امروزه ارسال و دریافت محتوا از طریق دستگاه‌های حاوی آن صورت می‌گیرد. این وضعیت به این معنی است که اپراتور شبکه ارائه‌دهنده خدمات باید یک معماری شبکه جدید داشته باشد تا اجازه ذخیره‌سازی و بازیابی محتوا، به سایر کاربران شبکه داده شود. این فناوری، موجب بهینه سازی و افزایش عملکرد توپولوژی شبکه می‌شود، بدین معنی که هم سریع‌تر و هم باکیفیت‌تر خدمات شبکه ارائه می‌گردد زیرا بر خلاف آدرسآدرس‌های IP، نام محتوا با یک مکان خاص در شبکه مرتبط نیست. همچنین بدلیل اینکه، ICN فرایند پشتیبانی از تحرک کاربر نهایی را پشتیبانی می‌کند، نام محتوا به جلسه ارتباطی وابسته نیست. به عبارت دیگر، ارائه خدمات بی‌وقفه بدون نیاز به برقراری مجدد جلسات ارتباطی ساده، حتی هنگام تحرک سرویس دهنده فراهم است این بدان معنی است که کاربران درخواست‌های خود را که حاوی نام محتوا است ارسال می‌کنند و سپس محتوا را از نزدیکترین روتر ICN که حاوی یک کپی ذخیره شده از آن است، به جای سرورهای تولید کننده محتوا دریافت می‌کند. عملکرد این شبکه‌ها مبتنی بر شیء داده است. بدین صورت که محتوای قابل انتقال به عنوان یک واحدشیء داده نام‌گذاری شده (NDO)[۱]، که شامل یک شناسه منحصر به فرد، داده‌ها و ابرداده ها است، در نظر گرفته می‌شود. NDO از وضوح نام در راستای ارسال محتوا از طریق شبکه ICN، با استفاده از مسیریابی، جهت انتقال برای اشیاء داده نامگذاری شده استفاده می‌کند. علاوه بر این، ICN امنیت ارسال را با امضای ناشر به جای تامین کانال ارتباطی امن بین دو نقطه پایانی تضمین می‌کند. ICN، با تکیه بر مسیریابی مبتنی بر نام محتوا، ذخیره‌سازی در شبکه و امنیت خود داده‌ها به عنوان یک معماری امیدوار کننده از اینترنت آینده در نظر گرفته می‌شود.

[۱] Name Data Objective



شکل ۱: انتقال اطلاعات در شبکه‌های اطلاعات محور[۲]

به عنوان مثال، شکل۱، دو کاربر داخل شبکه هستند، در مرحله اول درخواست محتوا از طرف کاربر۱ شروع می‌شود، سپس برای درخواست هدایت پیام، سیستم از فناوری وضوح نام، استفاده می‌کند. در مرحله دوم، مسیریابی از طریق شبکه ICN با استفاده از نام محتوا انجام می‌شود که نیاز به اتصال به یک روتر محتوا [۱](CR) دارد. جستجو در این روترها برای درخواست‌های ساخته شده توسط کاربران درگره‌های ذخیره‌کننده این شیء داده‌ای انجام می‌شود. دو راه برای مسیریابی این محتوا وجود دارد. اول آنکه، ازیک جدول دسته‌ای توزیع شده [۲](DHT) برای مسیریابیICN استفاده می‌شود و راه دوم استفاده از مسیریابی بدون ساختاراست که همان مسیریابی IP است. NDO مبتنی بر ارسال محتوا از نزدیک‌ترین نود حاوی آن در شبکه ICN صورت می‌پذیرد. به همین منظور، نسخه‌های مختلفی از محتوا وجود دارد که در شبکه توزیع می‌شوند و می‌توانند بین گره‌های شبکه به اشتراک گذاشته شوند. از سوی دیگر، در یک شبکه اطلاعات محور، کاربران با ارسال مجدد NDO بازیابی شده، آنها را به‌عنوان شی داده نامگذاری شده در گره‌های شبکه تکرار می‌کنند .

در این راستا، تلاش‌های تحقیقاتی بسیاری برای بررسی شبکه‌های اطلاعات محور (ICN) به عنوان اصول و زیربنایی برای اینترنت آینده درحال انجام است. اهداف اصلی در این بخش عبارتند از[۱-۳]:

(الف) شناسایی ویژگی‌های اصلی معماری ICN

---

[۱] Content Router

[۲] Distributed Bath Table

(ب) شناسایی معماری‌های مختلف ICN در جهت برجسته کردن شباهت‌ها و تفاوت‌های بین آنها با توجه به ویژگی-های اصلی مرحله بالا

(ج) شناسایی نقاط ضعف کلیدی معماری‌های مختلف ICN و تشریح چالش‌های اصلی آنها.

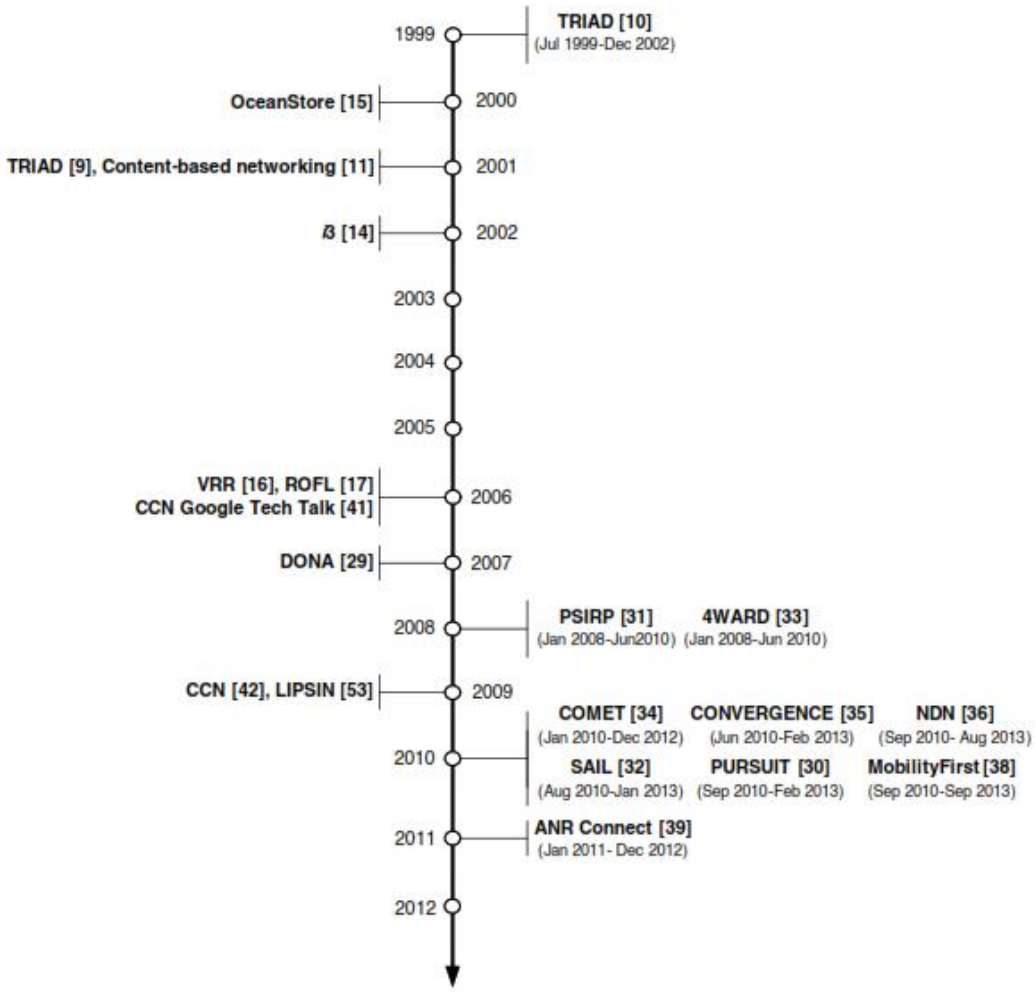
۲ شبکه‌های اطلاعات محور

رشد عظیم اینترنت و معرفی برنامه‌های جدید برای پاسخگویی به نیازهای در حال ظهور، باعث ایجاد الزامات جدیدیمانند پشتیبانی از توزیع محتوای مقیاس‌پذیر، تحرک، امنیت، اعتماد و غیره از معماری شبکه شده است. در حالی‌که، اینترنت در ابتدا هرگز برای داشتن چنین الزاماتی طراحی نشده نبود. به همین منظور یک چرخه معیوب جهت تکامل برای بخشی از عملکردآن مانند Mobile IP که راه حلی موقتی بود، مطرح شد. بر این اساس در ITU کارگروهی تعیین شده است که با شناسایی محدودیت‌های شبکه فعلی، در حال بحث در مورد الزامات و اهداف کلیدی شبکه آینده است و معماری‌ها ورویکرد رویکردهای جدیدی را برای رسیدگی به آنها توصیه می‌کند .آنها شبکه‌های اطلاعات محور را به عنوان یک کاندید امیدوار کننده برای معماری شبکه‌های آینده پیشنهاد می‌دهند. البته با الهام از این واقعیت که اینترنت به طور فزاینده‌ای برای انتشار اطلاعات، نه برای ارتباط جفتی بین کاربران شبکه استفاده می‌شود. همچنین ICN قصد دارد نیازهای فعلی و آینده را بهتر از معماری شبکه موجود منعکس کند. با نامگذاری محتوا در لایه شبکه، ICN از مزیت قابلیت ذخیره‌سازی در شبکه و مکانیسم‌های چندپخشی، پشتیبانی و تحویل کارآمد و به موقع اطلاعات را به کاربران تسهیل می‌کند. از آنجا که ICN مبتنی برتوزیع اطلاعات است به منظور تحقق طیفی از الزامات و اهداف شبکه‌های آینده و با توجه به محدودیت‌های موجود در معماری شبکه فعلی مانند مدیریت داده‌های حجیم، تحرک پذیری و بالا بردن امنیت، معماری جدید را پیشنهاد می‌دهد.[۴-۸]

۲-۱ تاریخچه شبکه‌های اطلاعات محور

در سال‌های اخیر، اینترنت به یک زیرساخت جهانی برای توزیع گسترده اطلاعات تبدیل شده است. شبکه فعلی اتصال بیش از ۱ میلیارد دستگاه، نمایه حدود یک تریلیون صفحه وب و انتقال حجم عظیمی از داده‌ها را در بر می‌گیرد. کاربران بیشتر علاقه مند به دریافت اطلاعات / محتوا / داده‌ها در هر کجا که ممکن است قرار داشته باشد، هستند. البته باید این واقعیت که اینترنت هنوز بر اساس یک مدل ارتباطی میزبان محور است، را در نظر گرفت. در معماری اینترنت فعلی، کاربران به عنوان مشتری، نیاز دارند که درخواست نه‌تنها اطلاعات مورد نظر، بلکه سرور خاصی را که می‌توانند از آن اطلاعات مورد نیاز را بازیابی کنند، مشخص نمایند. مکانیسم‌های لایه شبکه بومی اینترنت نمی‌توانند اطلاعات درخواست شده را از مکان مطلوبی که درآن میزبانی می‌شود، پیدا و واکشی کنند، مگر اینکه کاربر به نحوی مکان مطلوب را در درخواست خود، دانسته و اعلام کند. در جامعه تحقیقاتی، اولین ایده‌ها برای تغییر از طراحی شبکه میزبان محور به طراحی شبکه اطلاعات محور تقریبا یک دهه پیش در مقالات اصلی Gritter و Cheriton [۹] در زمینه پروژه TRIAD [۱۰] Carzaniga and معرفی شد. به موازات تلاش‌های پروژه‌های تحقیقاتی ملی، بخش استانداردسازی اتحادیه بین المللی

مخابرات (ITU-T) فعالیت‌هایی را برای استانداردسازی معماری شبکه جدید تحت نام شبکه داده‌آگاه[۱](DAN) در اوایل سال ۲۰۱۲ آغاز کرد. فاز دوم پروژه‌های ICN از سال ۲۰۱۴ و اوایل سال ۲۰۱۵ مانند NDN-NP، RIFE، POINT و ICN ۲۰۲۰ آغاز شد. هدف اصلی این پروژه‌ها ارائه مفهوم عملیاتی ICN در مقیاس معقول با سناریوهای خدمات واقع بینانه بود. بنابراین، سناریوهای مختلف مورد استفاده ICN پیشنهاد [۱۰،۱۱] و سپس نمونه‌های اولیه آن‌ها همزمان در بسترهای آزمایشی در مقیاس بزرگ مانند NDN Testbed تایید شده است. مروری بر پروژه های ICN در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲:تاریخچه شبکه‌های اطلاعات محور[۹]

[۱] Data Awair Network

۲-۲ اصطلاحات، مفاهیم و مرور کلی

در این بخش مفاهیم و اصول کلیدی ICN معرفی و مشخص می‌شود که چگونه هر یک از آن‌ها قصد دارند برخی از مشکلات و محدودیت‌های شبکه فعلی را برطرف کند. این بحث هم‌چنین چارچوبی را برای بررسی جزئیات انواع معماری ICN بیان می‌کند.[۱۲]

۲-۲-۱ تمرکز بر روی نام‌گذاری اطلاعات

از ویژگی‌های اصلی شبکه‌های اطلاعات محور، تمرکز بر نام محتوا به جای آدرس آن است. به همین‌منظور نامگذاری از ارکان مهم این شبکه می‌باشد. در شبکه‌های داده‌آگاه[۱]، به هر واحد محتوایی قابل شناسایی با یک نام‌گذاری منحصربه فرد، متمایز و قابل شناسایی، یک شیء داده‌ای گفته می‌شود. نامگذاری اشیاء داده یک مفهوم کلیدی برای ICN است که امکان شناسایی آنها را مستقل از مکانشان فراهم می‌کند. برای نام‌گذاری منحصربه‌فرد یک شیء داده در ICN، دو رویکرد عمده طرح نام‌گذاری، سلسله مراتبی[۲]، و طرح نامگذاری مسطح[۳]، وجود دارد. اولی ریشه در پیشوند یک ناشر دارد که امکان تجمیع اطلاعات مسیریابی را فراهم می‌کند و مقیاس‌پذیری یک طرح مسیریابی را افزایش می‌دهد. دومی از مقدار درهم سازی شده یک شیء داده استفاده می‌کند. به دلیل استفاده از یک مقدار درهم سازی، طرح نامگذاری مسطح یک نام با طول ثابت برای هر شیء داده تولید می‌کند که سرعت زمان جستجوی نام را افزایش می‌دهد.[۱۳-۱۵]

اشیاء داده نام‌گذاری شده، اطلاعات اصلی که توسط نویسنده از طریق ناشر منتشر شده‌اند، هستند. شیء داده هر گونه اطلاعات برای اهداف عمومی[۴] یا خصوصی[۵] است. اشیاء داده نام‌گذاری شده، به صورت فایل در پایگاه داده و حافظه-های‌نهان[۶] نگهداری می‌شوند. به هر یک از اشیاء داده قبل از انتشار برای استفاده، یک نام و شناسه منحصر به فرد اختصاص داده می‌شود. تایید اصالت اشیاء داده توسط ناشر آن و اولین پایگاه داده منتشر کننده آن تایید می‌شود. برای نام‌گذاری داده، الگوریتم‌ها و روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که در بخش های بعد مفصل به آن‌ها خواهیم پرداخت.

۲-۲-۲ مسیریابی

مسیریابی مبتنی بر اشیاء داده[۷] نام‌گذاری شده، به دنبال پیدا کردن بهترین منبع برای شیء داده، بر اساس یک نام مستقل از مکان است. این کار با یک پروتکل مسیریابی در جدولی که اطلاعات مکان‌های ذخیره‌سازی محتوا در

---

۱ Data Awair Network
۲ Hierarchical Naming
۳ Flat Naming
۴ Public
۵ Privet
۶ Catch
۷ Data Objective Naming

مسیریاب‌ها پر شده است، آغاز می‌شود. مسیریاب‌ها مبتنی بر خاصیت چند منبعی بهترین منبع اطلاعات درخواست شده را پیدا می‌کنند. مسیریاب دارای یک لیست رتبه‌بندی شده از لینک‌ها برای هر محتوا است. پس از آن، یک طرح ارسال/دریافت، ارسال بسته‌ها را به سمت متقاضی بسته، از مکان‌های مناسب به صورت پویا مدیریت می‌کند.

مسیریابی ICN شامل سه مرحله است:

(الف) وضوح نام[۱]: یک نام، محتوا را به مکان‌یاب تولیدکننده یا منبعی که می‌تواند محتوا را ارائه کند، مطابقت می‌دهد یا بعبارتی ترجمه می‌کند. به عبارت دیگر، این نام شامل تطبیق از نام محتوا با یک ارائه‌دهنده یا منبع است که می‌تواند این محتوا را تامین کند، در حالی‌که مسیریابی داده‌ها شامل ساخت یک مسیر برای انتقال اطلاعات از آن ارائه دهنده به میزبان درخواست کننده است[۱۶]

(ب) کشف[۲]: مسیریاب‌ها اطلاعات تمامی منابع را در اختیار دارند. پس از دریافت پیام درخواست محتوا از سمت کاربر در صورتی‌که مسیریاب این اطلاعات را در اختیار نداشته باشد، پیام پیداکردن محتوا[۳] را در شبکه ارسال می‌کند. سپس با بازخوردی که از سایر مسیریاب‌ها دریافت می‌کند منابعی که این محتوا را در اختیار دارند شناسایی می‌کند. [۱۷]

(ج) تحویل[۴]: پس از شناسایی منابع ذخیره‌ساز محتوا، اطلاعات توسط منبع منتخب به سمت کاربر متقاضی ارسال می‌شود. روش ارسال به دو صورت زوجی[۵] یا غیر زوجی[۶] صورت می‌پذیرد. در روش زوجی دقیقاً از همان مسیری‌که پیام پیداکردن محتوا انتشار پیدا کرده و منطبق بر روش وضوح نام، اطلاعات ارسال می‌شود اما درروش غیر زوجی کاملاً مستقل از وضوح نام و حتی ممکن است مبتنی بر TCP/IP ارسال صورت گیرد.

در مسیریابی، در مرحله اول، نام یک شیء داده، به مکان یاب آن ترجمه می‌شود. سپس، مرحله کشف، متناسب با درخواست کاربر، منبع ذخیره‌سازی شیء داده پیدا می‌شود. در مرحله نهایی، شیء داده درخواست شده به سمت مشتری هدایت می‌شود.[۱۸]

۲-۲-۳تحرک پذیری[۷]

معماری آدرس اینترنت با توجه به میزبان‌های ثابت طراحی شده است، زیرا آدرسآدرس IP آدرس منحصربفرد و ثابتی برای لینکی داخل شبکه است که میزبان در حال حاضر به آن متصل است. با این حال، آمار نشان می‌دهد که تعداد میزبان‌های غیر ثابت که به‌طور مداوم به اینترنت دسترسی دارند روز به روز بیشتر می‌شوند و پیش‌بینی‌ها می‌گویند که

---

[۱] Name Resolution
[۲] Discovery
[۳] Pending Content Message
[۴] Delivery
[۵] Coupled
[۶] Decoupled
[۷] Mobility

ترافیک از پایانه‌های بی‌سیم به مراتب بیش از ترافیک با سیم خواهد بود. دستگاه‌های بی‌سیم و تلفن همراه ممکن است به راحتی شبکه‌ها، آدرسآدرس IP خود را تغییر دهند و در نتیجه ساختار و معماری، ارتباطی جدید را بر اساس اتصال متناوب و متحرک نیاز دارند. قابلیت تحرکICN با هدف دریافت محتوا بدون هر نوع وابستگی به آدرس و مبتنی بر محتوا، این مشکلات را برطرف کرده است. با توجه به بازیابی محتوای مبتنی بر نام در ICN، تغییر در محل فیزیکی کاربر، دریافت مداوم محتوا را قطع نمی‌کند. به طور خاص، تحرک ICN نیاز به همکاری نزدیک با مسیریابی ICN برای تایید اصالت یک شیء داده منتقل شده، دارد. در ICN از تحرک پذیری مشتری کاملاً پشتیبانی می‌شود ولی پشتیبانی از تحرک ناشر[۱] دشوار است، زیرا سیستم وضوح نام یا جداول مسیریابی باید پویا بوده و مرتب به روز شود.[۱۹]

۲-۲-۴امنیت

اینترنت برای کار در یک محیط کاملاًقابل اعتماد طراحی شده است. لذا، احراز هویت کاربر و داده‌ها، یکپارچگی داده‌ها و حریم خصوصی کاربر در ابتدا یک الزام نبود. در واقع هدف اولیه، تمرکز بر روی باز بودن و انعطاف پذیری در اجازه دادن به میزبان های جدید برای پیوستن به شبکه بود. این جنبه به شدت مرتبط با ساختار نامگذاری است. از یک طرف، نام‌های قابل خواندن برای انسان نیاز به یک عامل قابل اعتماد یا یک رابطه اعتماد با سیستم حل و فصل نام دارد تا آن رابطه اعتماد یا سیستم حل وفصل نام، تایید کنند که محتوا کشف شده برای ارسال مربوط به نام درخواست شده است. از طرف دیگر، نام‌های قابل خواندن برای انسان نیاز به یک عامل قابل اعتماد یا یک رابطه اعتماد با سیستم نام دارند تا اصالت، هویت و یکپارچگی محتوا مرتبط با نام درخواست شده را تایید کنند.

با توجه به معماری ICN، محتوا را می‌توان از هر نقطه در ICN به دلیل حافظه پنهان در شبکه بازیابی کرد و بنابراین منشا اطلاعات همیشه نمی‌تواند یک نهاد قابل اعتماد باشد. به همین دلیل، یک مکانیسم امنیتی باید ارائه شود تا اطمینان حاصل شود که محتوای بازیابی شده از زمان انتشار آن از ناشر معتبر تغییر داده نشده است. علاوه بر این، احراز هویت منبع داده و تایید یکپارچگی بین یک محتوا و ناشر آن، محور دیگری از امنیت ICN است. به عبارت دیگر اهداف اصلی امنیت در این نوع از شبکه‌ها، اعتبارسنجی اطلاعات یا محتوا به گونه‌ای در نظر گرفته شود که یکپارچگی و قابلیت اطمینان، حفظ گردد.[۲۰]

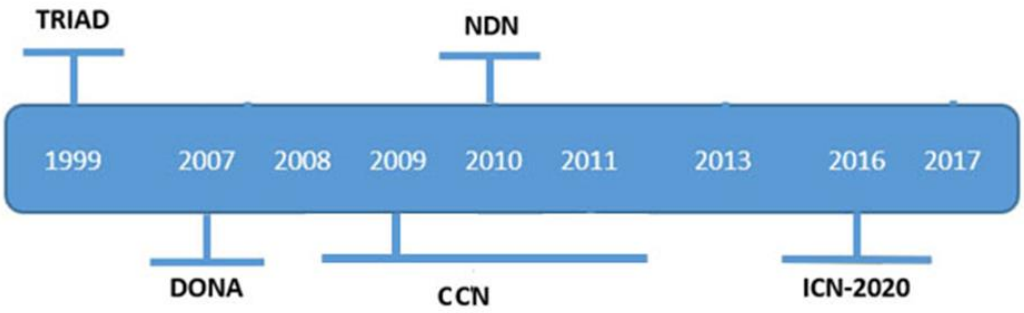
لازم به ذکر است که امنیت، تحرک پذیری، مسیر یابی مبتنی بر نام داده، نام‌گذاری محتوا چهار ویژگی مشترک هسته تمام معماری‌های ICN در نظر گرفته شده اند.

---

[۱] publisher

۲-۳ انواع معماری برای شبکه‌های اطلاعات محور

این بخش به معرفی مفاهیم و اصول کلیدی معماری‌های مختلف ICN پرداخته و بررسی میکند که چگونه هر یک از انها قصد دارند برخی از مشکلات و محدودیت‌های فعلی اینترنت را برطرف کنند. بسیاری از معماری‌های ICN توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است. در این بخش، برخی از این معماری‌ها به طور خلاصه شرح داده می‌شوندزیرا درک روشنی از این معماری‌ها به درک پروتکل‌های مختلف طراحی شده برای ICN کمک خواهد کرد. [۲۱]



شکل ۳: معماری‌های شبکه‌های اطلاعات محور[۴]

۲-۳-۱معماری سه گانه

TRIAD[۱] اولین معماری لایه حمل و نقل مبتنی بر نام بود که توسط دانشگاه استنفورد در سال ۱۹۹۹ معرفی شد.

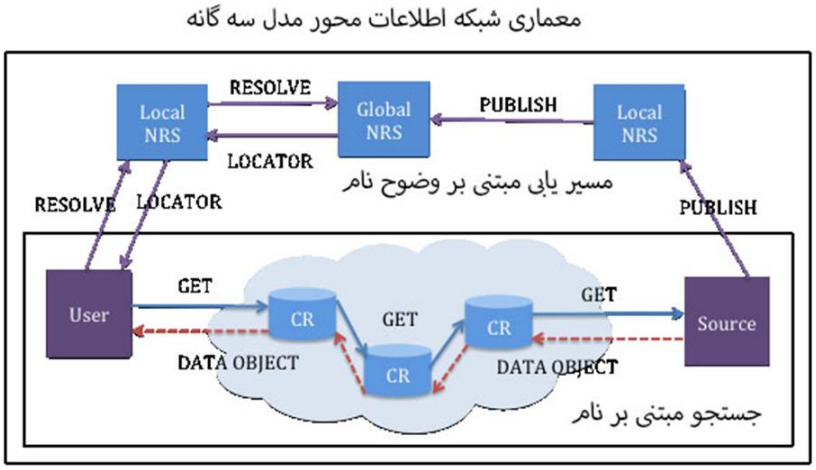
همانطور که درشکل ۳ [۴] نشان داده شده است، معماری TRIAD[۲] از اولین ساختار مطرح در شبکه‌های اطلاعات محور می‌باشد. یکپارچه سازی لایه محتوا برای اطمینان از مقیاس‌پذیری محتوای ذخیره شده و چگونگی مسیریابی، نگرانی اصلی مدل TRIAD است . این معماری از مکانیسم آدرس یابی مبتنی بر مسیر به طور گسترده با استفاده از پروتکل شیم[۳] در زیرساخت IPv۴ پشتیبانی می‌کند. همچنین ارتباطات با استفاده از نام محتوا از طریق ترجمه آدرسآدرس شبکه (NAT) را ارائه می‌دهد. این معماری با در نظر گرفتن قابلیت هایی برای کمک به مدیریت تحرک، شبکه‌های خصوصی مجازی، مسیریابی مبتنی بر سیاست و جعل منبع طراحی شده است . مطابق با شکل؟یا ۴، این مدل با IPv۴، TCP، DNS و سایر ویژگی‌های شبکه سنتی سازگار است. لایه محتوا مشتری را قادر می‌سازد تا داده‌ها را بر اساس نام‌های منحصر به فرد که به محتوا توسط درخواست کننده اختصاص داده شده است، شناسایی کند. لایه های پایین

[۱] A union or group of three IPv۴ ،TCP ،DNS

[۲] نام این معماری مبتنی بر توافق سه گانه بر روی IPv۴، TCP، DNS انتخاب شده است.

[۳] پروتکل مسیر یابی شبکه های توزیع شده

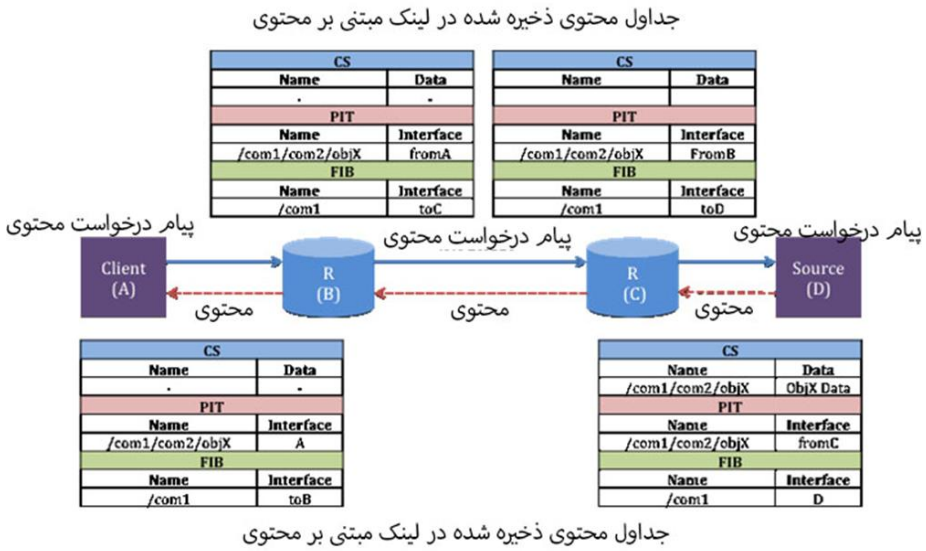
معماری می‌توانند محتوا را بدون توجه به شناسایی محتوا ارسال کنند. سیستم تشخیص نام (NRS[۱]) برای نگاشت نام به مکان یاب‌های آن که در مکان‌هایی که محتوای مورد نظر ذخیره شده است، استفاده می‌شود.



شکل ۴: معماری TRIAD [۴]

لایه محتوای TRIAD با استفاده از یک اشاره‌گراز بازیابی و ارسال محتوا در شبکه، پشتیبانی می‌کند. واکشی یا اصلاح ممکن است به جای انتقال محتوای واقعی از طریق مرجع از سایر لینک‌هایی که محتوا را ذخیره کرده‌اند، انجام شود. سطح خاص محتوا همانطور که در TRIAD بیان شده است در مسیریاب‌های محتوا (CR) مدل شبکه یکپارچه شده است. مکان ها ممکن است حافظه پنهان ذخیره‌سازی محتوا یا تولید کننده واقعی آن باشد. انبارهای محتوا به طور شفاف اطلاعات نزدیک به مصرف کننده را ذخیره می کنند تا تحویل سریع تر محتوا به مشتریان انجام شود. معماری TRIAD همچنین شامل یک مبدل محتوا برای تبدیل محتوا بین فرم های مختلف و قابل قبول است که توسط ویژگی‌های شبکه اساسی و مشخصات مشتری منتقل می‌شود. مطابق با شکل۳ در TRIAD، کاربران نهایی یا مشتریان با نام‌های منحصر به فرد شبیه به محتویات، شناسایی می‌شوند. از دیدگاه لایه محتوا، تولید کننده یا حافظه پنهان محتوای جستجو شده یک نقطه پایانی است که از یک URL شناخته شده است. رابط، نقطه پایانی یک رشته سلسله مراتبی است که برای یک محتوای نامگذاری شده شبیه به نام DNS استفاده می‌شود .

[۱] Name Resolution Sources



شکل ۵: جزیئات عملکرد معماری TRIAD[۴]

یک آدرس اختصاص داده شده به یک اشاره گر ممکن است در طول زمان، حتی در طول یک جلسه ایجاد شده توسط یک لایه حمل و نقل تغییر کند. این نام برای شناسایی نقطه پایان و همچنین احراز هویت استفاده می‌شود. بر خلاف IPv۶ یا IPv۴، هیچ شناسه جهانی یا پایداری در TRIAD برای شناسایی نقاط پایانی وجود ندارد. لایه محتوای TRIAD قلب معماری است. مبتنی بر ادغام نامگذاری و مسیریابی محتوا است. روش مسیریابی خود را بر اساس جستجوی نام محتوا به جای پیاده سازی یک قابلیت جداگانه انجام می‌دهد.

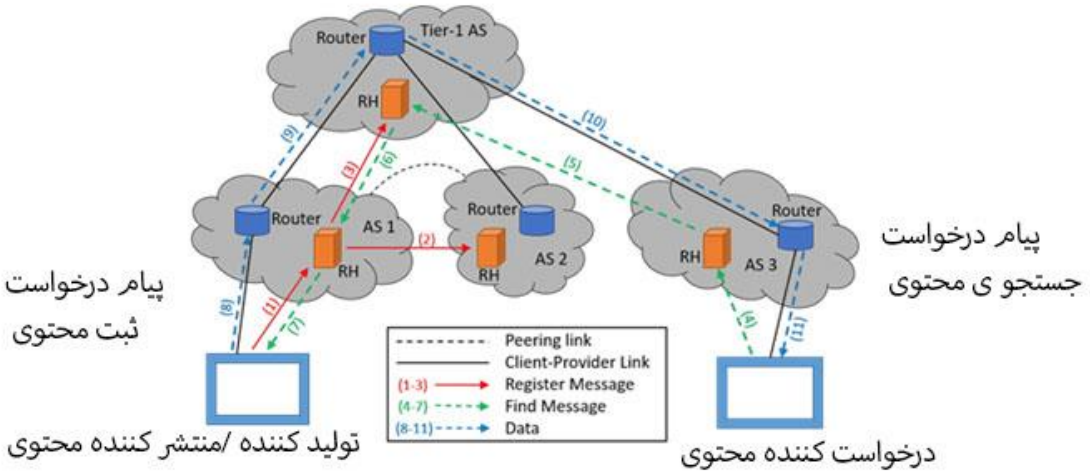
جستجوی نام، مشخصات یک مسیر برای ارسال و انتقال محتوا را به مشتری که محتوا یا اطلاعات را درخواست می‌کند، باز می‌گرداند. مکانیزم های مسیریابی و دایرکتوری به صورت زوجی هستند. جدول مسیریابی با نام محتوا و تعریف مسیری از نام‌ها به هاپ بعدی انجام می گیرد. تمام اطلاعات مسیریابی از جمله نقاط پایانی و گره های next-hop به جای آدرس در شبکه سنتی، با نام شناسایی می‌شوند. هر تولید کننده محتوا ممکن است در فرآیند مسیریابی با اعلام نام و اندازه محتوایی که مسئول آن است، شرکت کند. همچنین در هر یک ازاعلان ها، فاصله منبع ذخیره‌سازی محتوایی تا مشتری را مشخص می‌کند. لازم به ذکر است پروتکل مسیریابی این معماری از نام‌ها به جای IP برای هر اطلاعات قابل دسترس در میان سیستم های مستقل استفاده می‌کند و اطلاعات مسیریابی در میان CRs توزیع شده است.[۲۲]

۲-۳-۲معماری دونا

معماری شبکه داده‌گرا (DONA[۱]) یکی از اولین معماری‌های ICN بود که مبتنی بر محتوا ساخته شد و در سال ۲۰۰۷ ارائه شد. معماری DONA برای طراحی مجدد سیستم نامگذاری در TCP / IP برای قرار گرفتن در شبکه‌های محتوا

[۱] Data-Oriented Network Architecture

محور مطرح شده است. این پروژه توسط UC Berkeley مطرح شد و بر اساس اصول طراحی TRIAD ساخته شد، جایی که URL های سلسله مراتبی با نام‌های مسطح جایگزین می‌شوند. با DONA، در دسترس بودن اطلاعات افزایش می‌یابد زیرا فقط به یک میزبان برای ارائه محتویات متکی نیست. همانطور که ذکر شد، DONA از یک طرح نامگذاری مسطح استفاده می‌کند که شامل یک تابع رمزنگاری شده با درهم سازی است از کلید ناشر، و همچنین یک شناسه اختصاص داده شده به شیء توسط ناشرمی باشد. نحوه ترکیب DONA را می‌توان در شکل ۶ مشاهده کرد.



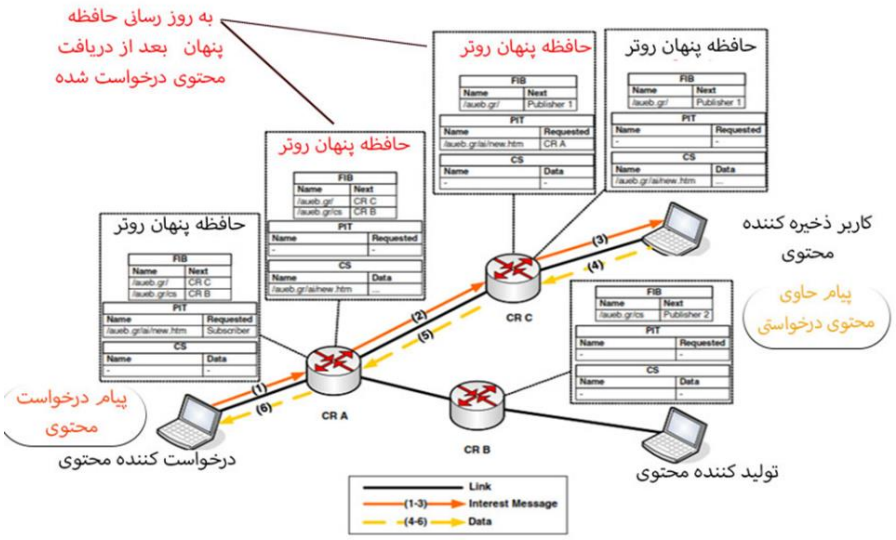
شکل ۶: معماری DONA [۱۳]

شبکه ای از نهادهای کنترل کننده رزولوشن به هم پیوسته (RH) وجود دارد که اشیاء را به صورت سلسله مراتبی بازیابی و منتشر می‌کند. با توجه به شکل۶، ناشربرای انتشار محتوا یک پیام ثبت نام به RH محلی ارسال می‌کند. سپس RH محلی این پیام را به ریشه های خود ارسال می‌کند که اطلاعاتی از جفت حاوی RH محلی و نام محتویات را ذخیره کنند. هنگامی که یک کاربر متقاضی آن محتویات علاقه‌مند است، با ارسال یک پیام جستجو، آن را درخواست می‌کند. داخل شبکه، این پیام جستجو، به RH محلی که محتوای مورد نظر در آن ذخیره‌شده، ارسال می‌شود. این پیام از طریق درخت سلسله مراتبی RH منتشر می‌شود تا زمانی که یک تطابق را پیدا کند و محتویات را به یک RH محلی منطبق کند. سپس از طریق RH پیدا شده، انتشار برای ارسال درخواست ازآن RH به متقاضی محتوا انجام می‌شود. DONA دو راه برای پاسخ به پیام جستجو ارائه می‌دهد: داده‌ها با استفاده از مسیریابی و حمل و نقل IP منظم ارسال می‌شوند یا داده‌ها با استفاده از آدرس های IP دامنه محلی ارسال می‌شوند. مسیریابی داده‌ها را می‌توان غیر جفتی کرد یا با وضوح نام همراه کرد . در روش غیرجفتی، هنگامی که یک پیام جستجو به یک ذخیره‌کننده مناسب می‌رسد، آن گره می‌تواند داده‌ها را به طور مستقیم با استفاده از مسیریابی و حمل و نقل IP منظم با استفاده از NR به درخواست‌کننده ارسال کند. از طرفی انتقال داده‌های واقعی از سیاست‌های مسیریابی تعیین شده برای ترافیک بین ناشر و سیستم های مستقل (AS) مشترک پیروی می‌کند وDONA یک گزینه را ارائه می‌دهد که فقط به آدرس‌های IP دامنه محلی متکی است. همچنین در روش جفتی، پیام‌های جستجو، برچسب‌های مسیر را جمع‌آوری می‌کنند، زیرا آنها از RH به RH، که نشان‌دهنده دنباله‌ای از AS است، که در مسیر پیام درخواست جستجو عبور کرده‌اند، ارسال نیز از همان مسیر صورت می‌گیرد. هنگامی

که درخواست به ناشر می‌رسد، این برچسب‌های مسیر به‌سادگی به ترتیب معکوس برای ردیابی مسیر به سمت مشتری استفاده می‌شود. گزینه جفتی نیاز به آدرس‌های IP جهانی و جداول مسیریابی بزرگ BGP را از بین می‌برد، از آنجا که تمام برچسب‌های مسیر دارای معنای محلی هستند، یک مسیریابی متقارن حداقل در سطح AS بین درخواست‌ها و پاسخ‌ها را اعمال می‌کند، که لزوماً در مسیریابی منظم BGP نیست.[۲۳]

۲-۳-۳معماری شبکه محتوا محور (ICN)

این معماری امکان دسترسی مستقیم شبکه به محتوا به جای میزبان و قابلیت آدرس‌دهی و مسیریابی برای محتوا را فراهم می‌کند. همچنین بر روی حافظه محلی که دارای یک عملکرد درون شبکه برای پشتیبانی از مسیریابی کارآمد است، تمرکز دارد. ارتباط بین کاربران در این شبکه مبتنی بر نام محتوا و نه آدرس IP آن است. هدف اصلی ICN ارائه شبکه‌ای انعطاف‌پذیر، محافظت‌شده و مقیاس‌پذیر برای برآورده کردن نیازهای تحویل ایمن داده در مقیاس بزرگ از دستگاه‌های نهایی است. این شبکه، محتوا را در حافظه‌های نهان توزیع‌شده که به‌طور خودکار در صورت تقاضا استفاده می‌شود، محافظت و ذخیره‌سازی کرده است. هنگامی که درخواستی برای نام یک محتوا ارسال می‌شود، CCN[۱] محتوای نامگذاری شده را از نزدیک‌ترین حافظه پنهان به کاربر متقاضی محتوا، ارائه می‌دهد، بنابراین از درخواست‌های اضافی، ازدحام شبکه و تاخیر جلوگیری می‌کند. [۲۴]



شکل ۷: معماری ICN [۱۳]

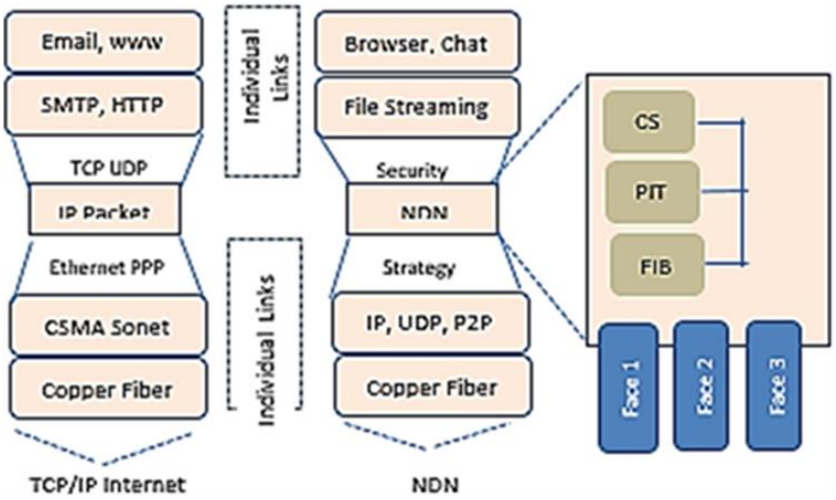
فرآیند بازیابی محتوا در ICN با درخواست مصرف‌کنندگان شروع می‌شود. درخواست‌کننده نام محتوای مورد نیاز را در یک بسته جستجو در شبکه ارسال می‌کند. مسیریاب، بسته اینترنتی را با کمک نام محتوا به تولیدکننده محتوا ارسال

[۱] Content Centric Network

می‌کند. هنگامی‌که مسیریاب CRA، پیام درخواست محتوا را از کاربر دریافت می‌کند، ابتدا محتوای مطابقت در CS خود را بررسی می‌کند. اگر وجود داشت که به سمت متقاضی ارسال می‌کند. در غیر این‌صورت در جدول جستجوی اطلاعات ناموجود(PIT[۱]) جستجو را انجام می‌دهد. (PIT را می‌توان به عنوان یک ساختار داده مانند یک جدول هش در نظر گرفت). هر ورودی در این جدول به منابعی اشاره دارد. ورودی‌های موجود در PIT به‌جای نگه داشتن داده‌ها به طور نامحدود، مبتنی بر زمان وقوع است. اطلاعات مربوط به محتوای درخواستی پیدا نشده را به همراه نام محتوا، رابط های ورودی و خروجی ذخیره می‌کند. سپس سراغ FIB[۲] می‌رود. (FIB، شبیه به جدول مسیریابی IP در مسیریاب‌های اینترنت است) . FIB برای ارسال بسته‌های جستجوی محتویات به سمت منبع احتمالی داده‌های ذخیره شده منطبق با محتوای درخواست شده استفاده می‌شود. اگر آن نام در PIT یافت شود، نام محتوا در ورودی PIT منطبق اضافه می‌شود. اگر بسته جستجوی محتوا در PIT یافت نشد، از FIB برای تصمیم‌گیری CR بعدی که بسته درخواست به آن ارسال شود استفاده می‌شود.

۲-۳-۴معماری شبکه نام گذاری داده NDN

NDN[۳] یک پروژه NSF برای توسعه معماری اینترنت آینده است و در سال ۲۰۱۰ پیشنهاد شد.NDN که مبتنی بر اینترنت است، از همان ساختار ساعت شنی لایه‌ای که در شبکه‌های IP بود، استفاده می‌کند. امّا لایه‌های مربوطه عملکردهای متفاوتی دارند. NDN به گونه ای طراحی شده است که می‌تواند مقیاس‌پذیری، امنیت، انعطاف‌پذیری، تحرک، ارسال چند مسیری و ذخیره‌سازی را پشتیبانی کند. NDN به جای تلاش برای ایمن کردن یک کانال ارتباطی، رویکرد متفاوتی برای ایمن سازی محتوا دارد.[۲۵]



شکل ۸: جزئیات عملکرد ICN

[۱] Pending Information Table

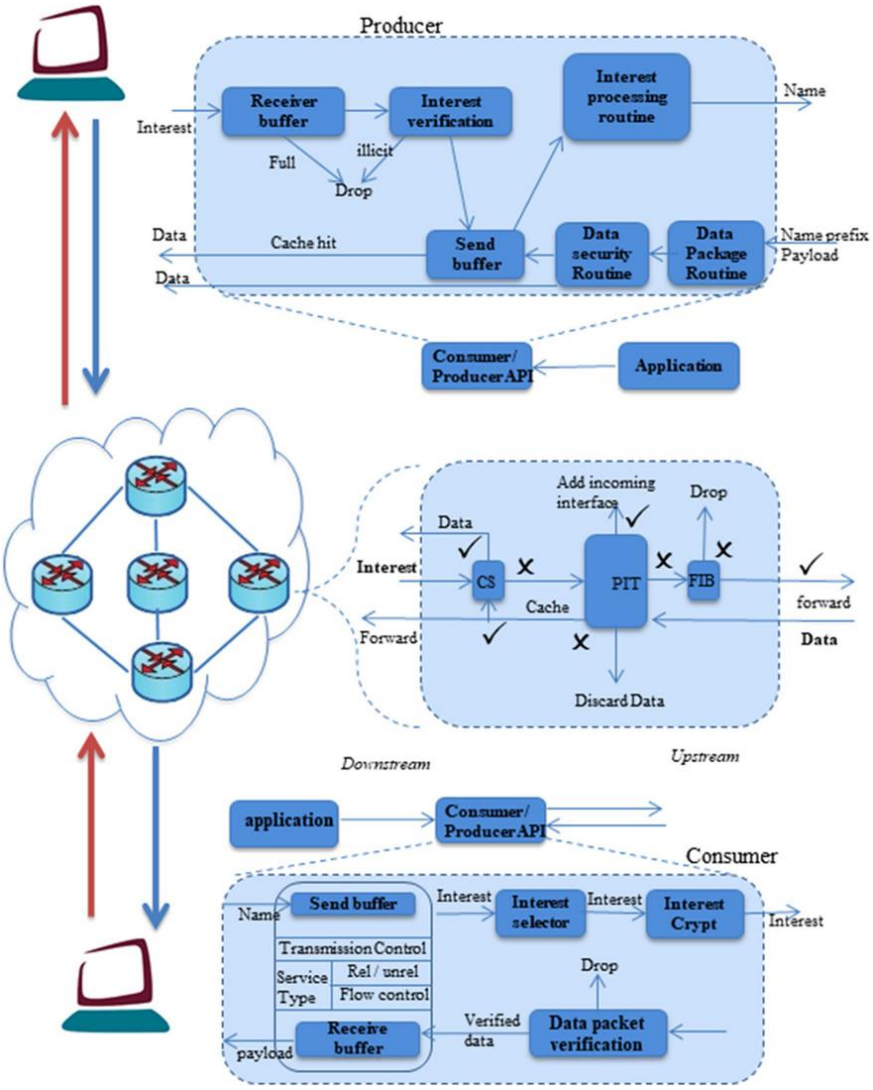
[۲] Find Information Base

[۳] Network Data Naming

دو لایه جدید امنیت و استراتژی در معماری NDN اضافه شده است. لایه امنیتی وظیفه تامین امنیت تمامی داده¬ها را بر عهده دارد. تمام تصمیمات حمل و نقل در لایه استراتژی گرفته می¬شود. هیچ لایه انتقال جداگانه ای وجود ندارد. لایه استراتژی تمام عملکردهای لایه انتقال را انجام خواهد داد. یکی از مزایای ایجاد یک لایه استراتژی این است که فوروادینگ مستقل از مسیریابی است. پروتکل های مسیریابی جدید را می‌توان بدون تلاش برای ارسال خدمات مختلف IP مانند DNS طراحی کرد و مسیریابی بین دامنه می‌تواند مستقیماً در NDN استفاده شود. یک طرح نامگذاری در NDN پیشنهاد شده است که یک نام منحصر به فرد به محتوا اختصاص می‌دهد، که باعث می‌شود مسیریاب های NDN قادر به انجام عملکردهای اضافی باشند که در مسیریاب های IP امکان پذیر نیست. نام‌گذاری، همچنین نیاز به برنامه میان‌افزار ویژه را از بین می‌برد.بسته‌های داده NDN مستقل از محل تولید کننده یا کاربر هستند. این ویژگی‌ها امکان ذخیره‌سازی درون شبکه‌ای محتوا برای برآورده کردن درخواست‌های آینده را فراهم می‌کند و ذاتاً از تحرک پشتیبانی می‌کند.

امنیت به عنوان یک ویژگی ذاتی در NDN ارائه می‌شود و تلاش می‌شود تا به جای ایمن سازی کانال ارتباطی، همه بسته‌های داده ایمن شوند. تمام بسته‌های داده توسط سازنده آن امضا شده و در سایت مصرف کننده تأیید می‌شود. لازم به ذکر است که ویژگی چند مسیری در NDN اضافه شده است که با شبکه‌های IP متفاوت است، کاربر می‌تواند یک داده خاص را از رابط های مختلف به طور همزمان درخواست کند. معماری NDN از نام‌های سلسله مراتبی برای ارتباط به جای آدرس IP مبتنی بر مکان استفاده می‌کند. بسته داده شامل نام، اطلاعات فرا داده¬ای، مانند نوع محتوا، دوره تازگی، و شناسه بلوک نهایی، محتوا و امضاها است. هر مسیریاب NDN از سه ساختار داده تشکیل شده است:

- ذخیره محتوا
- جدول بهره معلق
- پایگاه اطلاعات ارسال



شکل ۹: جزئیات مسیریاب NDN

همانگونه که در شکل بالا قابل ملاحظه است، کاربر درخواست خود را به تمام رابط های متصل به خود ارسال می‌کند. مسیریاب به محض دریافت درخواست، بررسی می‌کند که محتوای درخواست شده را در حافظه خود دارد. اگر محتوا درخواست شده در حافظه آن موجود بود، از طریق FIB خود آنرا برای کاربر درخواست‌کننده ارسال می‌کند.

۲-۴ چالش‌های ICN

شبکه اطلاعات محور (ICN) یک معماری شبکه است که به جای میزبان یا مکان، بر محتوا به عنوان موجودیت اصلی تمرکز دارد. در ICN، محتوا با نام خود قابل دسترسی است و زیرساخت شبکه وظیفه بازیابی آن‌را از مناسب‌ترین گره بر عهده دارد. ICN در ابتدا به عنوان یک الگوی شبکه پیشگامانه برای دسترسی به اشیاء داده نامگذاری شده با پتانسیل تغییر معماری اینترنت پیشنهاد شد.[۲۶]

دسترسی مستقیم به اشیاء داده و امکان ذخیره‌سازی آن‌ها در شبکه، تکثیر و انتشار داده‌ها را تسهیل می‌کند و منجر به بهبود استفاده از پهنای باند شبکه و افزایش مقیاس‌پذیری می‌شود. با این حال، تحقق این مزایا مستلزم پرداختن به چالش‌های فناوری مختلف در چارچوب ICN است.اینها شامل ایجاد مکانیسم‌های شناسایی منحصربه‌فرد برای اشیاء داده‌ای نام‌گذاری‌شده، توسعه مکانیسم‌های کارآمد برای کشف و تحویل اشیاء داده‌ای نام‌گذاری‌شده به مشتریان، تضمین امنیت اشیاء داده‌ای نام‌گذاری‌شده به‌طور گسترده در سراسر شبکه، و امکان تحرک به شیوه‌ای مبتنی بر اطلاعات و مستقل از مکان است. حل این مشکلات تحقیقاتی برای استفاده از پتانسیل کامل ICN بسیار مهم است. این چالش ها عبارتند از:

- ***نام‌گذاری***[۱]: استفاده از نام‌ها برای شناسایی اشیاء داده بدون توجه به مکان برای ICN بسیار مهم است.
  - دو روش اصلی در ICN برای نامگذاری منحصر به فرد اشیاء داده وجود دارد:
  - طرح نامگذاری مسطح : روش نامگذاری مسطح از یک طرح هش برای ارائه یک نام با طول ثابت برای هر شی داده استفاده می‌کند، که زمان لازم برای انجام جستجوهای شهرت را کاهش می‌دهد.
- طرح نامگذاری سلسله مراتبی: تجمیع داده‌های مسیریابی و افزایش مقیاس‌پذیری یک طرح مسیریابی با اولی، که بر اساس پیشوند ناشر است، امکان پذیر است. در مقابل، دومی از مقدار هش یک شی داده، مانند نام یا محتوای آن استفاده می‌کند.
- ***مسیریابی و ارسال***[۲]: وضوح نام[۳]، کشف[۴] و تحویل[۵] سه عملیات اصلی مسیریابی ICN هستند. فرآیند وضوح نام شامل تبدیل نام یک شی داده به مکان یاب آن است. یافتن محل شیء داده‌های درخواستی مسئولیت روند کشف است. اشیاء داده مورد نیاز در نهایت در مرحله تحویل برای مشتری ارسال می‌شود. مسیریابی با نام[۶] (RBNR) و جستجو بر اساس مسیریابی نام (LBNR) دو دسته اساسی هستند که مسیریابی ICN را می‌توان تحت آنها تقسیم کرد. با RBNR، نام شی داده به عنوان مبنایی برای تصمیم روتر در مورد بهترین مسیر عمل در یک مرحله واحد است که فازهای تفکیک نام و کشف را ترکیب می‌کند. از سوی دیگر، LBNR مراحل وضوح نام و کشف را به دو مرحله مجزا تفکیک می‌کند، جایی که روتر ابتدا مکان شی داده را از طریق وضوح نام تعیین می‌کند و سپس مسیر بهینه به شی داده را کشف می‌کند.

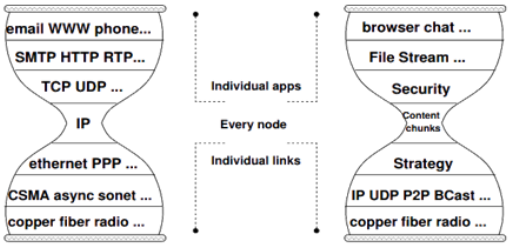
---

۱ Naming:
۲ Routing and forwarding
۳ Name resolution
۴ Discovery
۵ Delivery
۶ Route by name routing

- ***<u>پشتیبانی از تحرک پذیری با امکان ذخیره‌سازی (حافظه موقت یا پنهان)</u>***[۱]: هدف تحرک پذیری[۲] در ICN، ارائه یکپارچه و بدون وقفه محتوا به مشتریان در برنامه های ICN است، حتی اگر مکان فیزیکی آنها تغییر کند. این امر از طریق بازیابی محتوای مبتنی بر گیرنده به دست می آید،برای برآورده شدن این ویژگی، امکان ذخیره‌سازی محتوا دریافتی در حافظه نهان دستگاه‌های متصل به شبکه فراهم می‌شود. در این‌صورت مشتریان محتوا را درخواست می‌کنند و به طور مداوم بدون هیچ‌گونه اختلال قابل توجهی در صورت جابه جایی تولید کننده اصلی محتوا، و بدون وابستگی به آدرس محتوا اولیه آن‌را دریافت می‌کنند. با این حال، چالش در ارائه تحرک سمت سرور است. تحرک پذیری باید با مسیریابی ICN همکاری نزدیک داشته باشد تا تضمین کند که همان شی‌داده اصلی منتقل شده است.
- ***<u>امنیت:</u>*** کش درون شبکه ای ICN اجازه می‌دهد تا اشیاء داده از هر نقطه ای در شبکه بازیابی شوند، اما این مسئله نگرانی هایی را در مورد قابل اعتماد بودن مبدا داده‌ها ایجاد می‌کند. برای حل این مشکل، ICN به یک سیستم امنیتی نیاز دارد تا تضمین کند که داده‌های بازیابی شده از زمان انتشار قانونی تغییر نکرده اند. سازگاری[۳] شی داده و ناشر به عنوان بخشی از احراز هویت مبدا داده بررسی می‌شود، که یک جزء مهم امنیت ICN است. بدون این اقدامات احتیاطی، شبکه برای تعدادی از حملات، مانند حملات DoS که محتوای مضر را به شبکه تزریق می‌کند، باز است. بنابراین، اطمینان از امنیت و اصالت[۴] داده‌های ICN برای حفظ یکپارچگی[۵] و قابلیت اطمینان[۶] شبکه بسیار مهم است.

۵-۲ مقایسه ICN با Internet

این بخش به مقایسه اجمالی معماری شبکه اطلاعات محور (ICN) با اینترنت فعلی می پردازد.

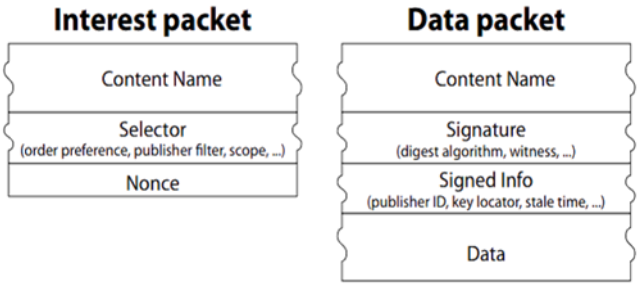


شکل ۱۰: لایه های شبکه ICN [۱۳]

---

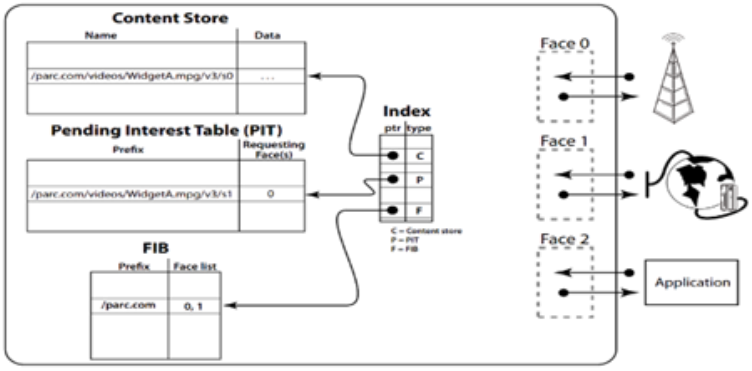
۱ Caching
۲ Mobility
۳ Consistency
۴ Authenticity
۵ Integrity
۶ Reliability

همانطور که شکل ۱۰، نشان می‌دهد، شبکه محتوا محور (ICN) گلوگاه در پشته IP را با داده‌های نامگذاری شده (تکه های محتوا) جایگزین می‌کند.



شکل ۱۱: پروتکل ارتباطی ICN [۱۳]

پروتکل ارتباطی ICN، از دو بسته به نام‌های بسته‌های متقاضی محتوا و داده برای بازیابی هر محتوای مورد علاقه استفاده می‌کند. ساختار بسته‌ها در شکل ۱۱ نشان داده شده است. پروتکل ارتباطی معمولاً با یک کاربر علاقه مند به محتوایی شروع می‌شود که یک علاقه با نام محتوای مربوطه ایجاد می‌کند.



شکل ۱۲: فرآیند بازیابی داده در ICN

فرآیند بازیابی داده در شکل ۱۲ نشان داده شده است. هنگامی که Interest به یک روتر CCN می رسد، CS بررسی می‌شود تا ببیند آیا محتوایی با همان نام قبلاً وجود دارد یا خیر که در صورت وجود، محتوا برگردانده می‌شود. در صورت PIT بررسی می‌شود تا ببیند آیا علاقه ای با همین نام قبلاً ارسال شده است یا خیر. اگر بله، پس از آن لینک دارنده محتوا ثبت می‌شود. در غیر این صورت، یک ورودی به PIT اضافه می‌شود و به FIB برای یافتن لینک حاوی محتوا ارسال می‌شود و بسته بازارسال می‌شود. هنگامی که یک بسته داده می رسد، CS بررسی می‌شود، اگر یک ورودی مطابق با آن وجود داشته باشد، بسته داده کنار گذاشته می‌شود، در غیر این‌صورت CS داده‌ها را ذخیره می‌کند و PIT بررسی می‌شود. اگر ورودی در PIT یافت شود، داده‌ها به تمام گره‌های مرتبط خروجی ثبت‌شده در PIT برای این نام محتوا ارسال می‌شوند.

۲-۶ پروژه ها و پژوهش های ICN

در سال‌های اخیر در تمام نقاط جهان، سازمان های ملی و منطقه‌ای از پروژه های تحقیقاتی مختلف ICN حمایت کرده‌اند. در اتحادیه اروپا، پروژه‌های ICN تحت نام‌های COMET ALICANT، CONVERGENCE, COAST، SAIL و

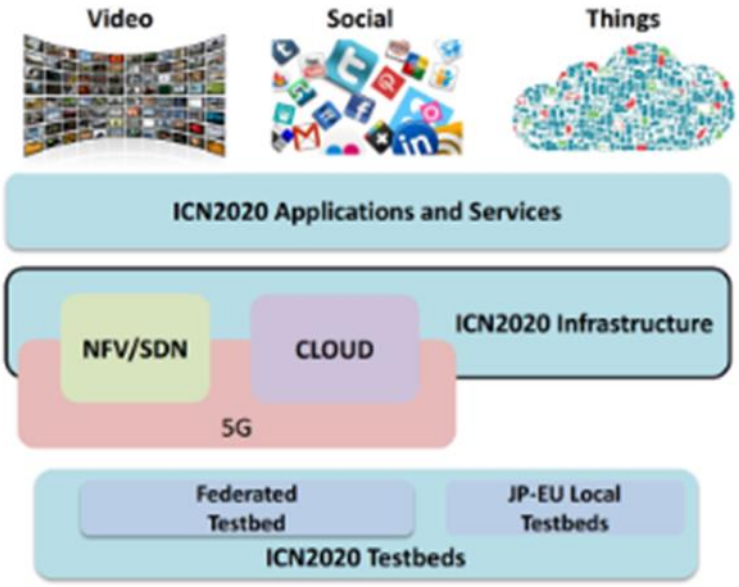
PURSUIT با پشتیبانی FP۷ انجام شده‌اند. در ایالات متحده آمریکا و ژاپن به ترتیب با نام‌های NDN/CCNx و GreenICN شناخته می شدند. این پروژه ها در اواخر سال ۲۰۱۳ پس از ۲–۳ سال از دوره های پروژه تکمیل شدند. پروژه های ICN در مرحله اول نتایج تحقیقاتی را در رابطه با اجزای معماری چندین تحقق ICN مانند NDN، CCNx، NetInf و PSIRP تولید کردند [۲۶].

جدول ۱: مرور پروژه های شبکه‌های اطلاعات محور

کشور	نام پروژه	تاریخ شروع پروژه	زمان اجرای پروژه/سال
اروپایی	COMET	۲۰۱۰	۳
	COST	۲۰۱۰	۲,۵
	ALICANTE	۲۰۱۰	۳
	SAIL	۲۰۱۰	۲,۵
	PURSUIT	۲۰۱۰	۲,۵
	CONVERGENCE	۲۰۱۰	۲,۷۵
	RIFP	۲۰۱۵	۳
	POINT	۲۰۱۵	۳
آمریکا	NDN	۲۰۱۰	۳
	NDN.NP	۲۰۱۴	۳
اروپا و ژاپن	GREEN ICN	۲۰۱۳	۳
	ICN۲۰۲۰	۲۰۱۶	۳

پروژه‌های این مرحله با هدف بررسی امکان‌سنجی معماری‌های پیشنهادی جدید انجام شدند. نمای کلی این پروژه های ICN در جدول ۱ نشان داده شده است.

فاز دوم پروژه‌های ICN از سال ۲۰۱۴ و اوایل سال ۲۰۱۵ با فاز بعدی پروژه‌های ICN مانند NDN-NP، RIFE POINT و ICN ۲۰۲۰ آغاز شد. هدف اصلی این پروژه‌ها ارائه اثبات مفهوم عملیاتی ICN در مقیاس معقول با سناریوهای خدمات واقعی بود. بنابراین، سناریوهای مورد استفاده ICN پیشنهاد شده است و نمونه‌های اولیه آنها به طور همزمان در بسترهای آزمایشی در مقیاس بزرگ مانند NDN Testbed تأیید شده است.نمای کلی پروژه‌های ICN دوم در شکل۱۳نشان داده شده است.



شکل ۱۳: پروژه های مرتبط با ICN۲۰۲۰ [۲]

پروژه ICN۲۰۲۰ که از ژانویه ۲۰۱۶ آغاز شد، یک پروژه تحقیقاتی مشترک ۳ ساله بود که توسط بودجه مشترک اتحادیه اروپا FPY و ژاپن حمایت می شد. شکل ۱۳ مفهوم ICN۲۰۲۰ را نشان می‌دهد. این پروژه بر اساس تعداد زیادی از مطالعات ICN برای دستیابی به شش هدف اصلی زیر است:

۱) طراحی و توسعه مجموعه ای از برنامه های کاربردی اصلی نمونه با تمرکز ویژه بر تحویل ویدئو و شبکه‌های اجتماعی.

۲) طراحی و توسعه ویژگی‌های کلیدی برنامه های کاربردی اینترنت اشیا و خدمات ICN

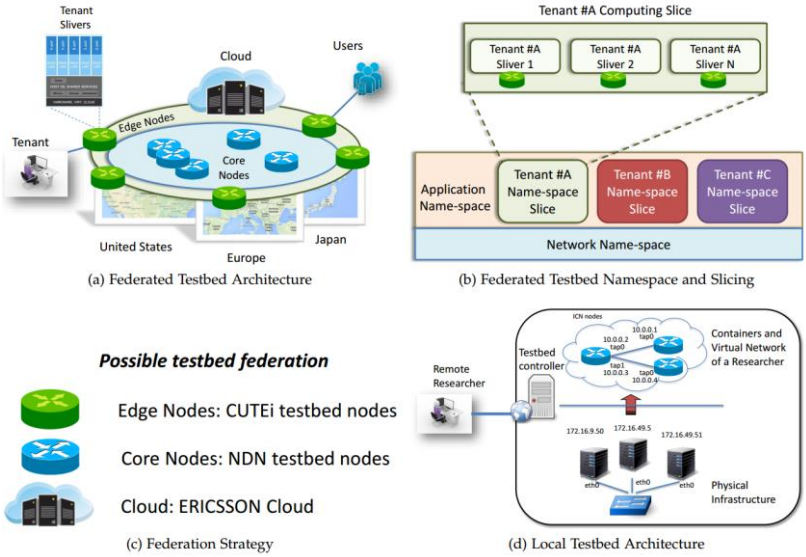
۳) ICN برای تکمیل و تطبیق با اینترنت G۵.

۴) بهبود / حل و فصل راه حل برای عملکردهای حیاتی زیرساخت مبتنی بر شبکه‌های محتوا محور

۵) آزمایش‌های واقع‌بینانه روی بسترهای آزمایشی فدرال محلی و جهانی در مقیاس بزرگ

۶) تحرک پذیری، به عنوان مثال، با ادغام مفاهیم و راه حل های خاص ICN در POC توسط شرکای صنعتی در طول عمر پروژه.

ICN۲۰۲۰، یک بستر آزمایشی فدرال برای استقرار و آزمایش برنامه‌ها و سرویس‌های توسعه‌یافته در طول چرخه عمر پروژه خواهد ساخت. بستر آزمایشی فدرال یک زیرساخت جهانی چند مستاجر است که توسط مستاجران برای استقرار برنامه‌های ICN استفاده می‌شود. مستأجرها شامل کاربرانی مانند، محققان، توسعه دهندگان برنامه‌ها و غیره می‌شوند. زیرساخت‌های فدرال مانند یک بستر آزمایشی شبکه سنتی (مانند آزمایشگاه سیاره) است، مستاجران آن، می‌توانند مقداری از قدرت محاسباتی، ذخیره‌سازی و منابع حافظه را اجاره کنند، علاوه بر این، بستر آزمایشی فدرال ICN۲۰۲۰ همچنین به برنامه های هر مستأجر یک فضای اختصاص می‌دهد.



شکل ۱۴: عملکرد ICN۲۰۲۰ [۱۳]

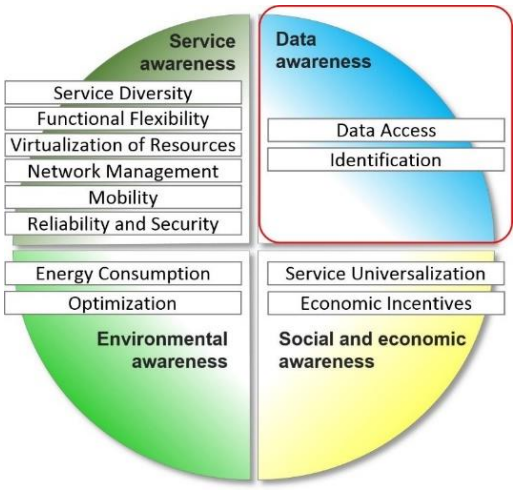
شکل ۱۴ یک معماری اولیه سیستم از بستر آزمایش فدرال را نشان می‌دهد. بستر آزمایش فدرال از فدراسیون بسترهای آزمایشی مختلف استفاده می‌کند که نه تنها برای ارائه یک سیستم گسترده تر، بلکه استقرار انعطاف‌پذیرتر و همزمان برنامه‌های کاربردی ICN با توجه به بسترهای آزمایشی منفرد را تسهیل می‌کند.

شرکا همچنین هماهنگ کننده پروژه های در حال اجرا در موضوعات G۵ و Cloud هستند که امکان همکاری مفید با پروژه های دیگر EU-JP۱، تماس های EU-JP۲ و افزایش تأثیر کلی مورد انتظار همکاری اتحادیه اروپا و ژاپن را فراهم می‌کند.

۲-۷ استاندارد ITU T SG۱۳

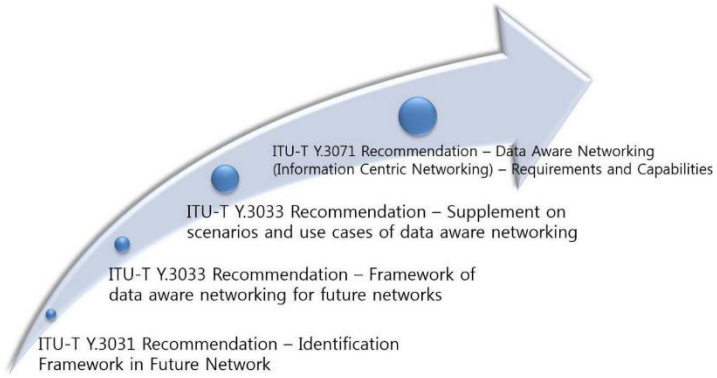
گروه مطالعاتی ITU-T ۱۳ (SG۱۳)، که فعالیت های استانداردسازی شبکه آینده را در ITU-T رهبری می‌کند، فعالیت های مربوط به شبکه‌های اطلاعات محور را با تأسیس گروه تمرکز بر شبکه‌های آینده (FG-FN) در سال ۲۰۰۹ آغاز کرد. سند خروجی FG-FN بعداً با عنوان توصیه ITU-T Y.۳۰۰۱ «شبکه‌های آینده: اهداف و اهداف طراحی» [۲۳] منتشر شد که به عنوان سند چشم انداز شبکه‌های آینده در نظر گرفته می‌شود.

Y.۳۰۰۱ چهار هدف و دوازده نوع طراحی را برای شبکه‌های آینده توصیف می‌کند که در شکل ۱۱ نشان داده شده است. یکی از اهداف آگاهی از داده است که هدف آن بهینه سازی مدیریت حجم عظیمی از داده‌ها در یک محیط شبکه توزیع شده و امکان دسترسی کاربران به داده‌های مورد نظر بصورت، سریع، کارآمد، قابل اعتماد و دقیق، صرف نظر از مکان آنها می‌باشد.



شکل ۱۵: چارچوب شبکه‌های اطلاعات محور[۲]

در فوریه ۲۰۱۲، ITU-T SG۱۳ پیش نویس جدیدی را برای مشخص کردن چارچوب شبکه اطلاعات محور برای تحقق هدف آگاهی از داده در شبکه‌های آینده آغاز کرد. شبکه آگاه داده (DAN)[۱] به طور رسمی به عنوان یک معماری شبکه جدید تعریف می‌شود که ماهیت ارتباطی آن مبتنی بر نام است که یک شی داده را در شبکه با نام یا شناسه (ID) مسیریابی می‌کند. مسیریابی مبتنی بر نام نه تنها میزبان‌های پایانی[۲] بلکه گره‌های شبکه میانی را قادر می‌سازد تا از درخواست‌های کاربر آگاه شوند و بنابراین عناصر شبکه DAN منفرد می‌توانند اشیاء داده را در حافظه پنهان یا ذخیره کنند. بنابراین، کاربران می‌توانند با در نظر گرفتن معیارهای مختلف عملکرد، آنها را به کارآمدترین روش بازیابی کنند، به عنوان مثال. در نوامبر ۲۰۱۳، این پیش نویس تصویب شد و به توصیه ITU-T Y.۳۰۳۳ "چارچوب شبکه‌های آگاه از داده برای شبکه‌های آینده" تبدیل شد. در فوریه ۲۰۱۴، یک پیش نویس مکمل جدید برای ITU-T Y.۳۰۳۳ آغاز شد تا سناریوهای مورد استفاده برجسته، مزایای آنها و مسیرهای مهاجرت از شبکه‌های فعلی به DAN را فهرست کند. در زیر چهار توصیه مرتبط با ICN آورده شده است که در شکل های ۱۶،۱۵ نیز نشان داده شده است.



شکل ۱۶: تاریخچه استاندارد ITU برای شبکه‌های اطلاعات محور[۲]

---

[۱] Data Aware Network

[۲] End User

۲-۸ رویکرد های ICN

مقایسه ICN با مدل IP دو تفاوت اصلی را مطرح می‌کنند: مسیرهای شبکه و نحوه مسیریابی. از نظر آنچه که مسیریابی می‌شود، روترهای IP به طور سنتی بسته‌های IP را از طریق شبکه به یک ماشین مقصد هدایت می کنند، در حالی که روترهای ICN قرار است درخواست های یک محتوای نامگذاری شده را به سمت بهترین نسخه موجود هدایت کنند. بنابراین، IP ماشین‌ها را نام‌گذاری می‌کند در حالی که ICN محتوا را نام‌گذاری می‌کند. برای مسیریابی یک درخواست از کاربر به ماشین مقصد، مسیریاب‌های IP توسط یک زیرساخت مسیریابی (یعنی سیستم‌های مستقل) نگهداری می‌شوند و درخواست‌ها باید سلسله مراتب مسیریابی را به سمت ماشین مقصد دنبال کنند. علاوه بر این، گره های شبکه توسط سرورهای سرویس نام دامنه (DNS) برای ترجمه نام‌های قابل خواندن توسط انسان به آدرس های IP کمک می کنند. رویکرد ICN همچنین درخواست ها را به سمت ناشر محتوا هدایت می‌کند. با این حال، از آنجایی که ابزارهای کش کردن محتوا در روترها را فراهم می‌کند، می‌تواند کاربر را بدون نیاز به درخواست برای ادامه مسیر به ناشر راضی کند. در ICN، سه رویکرد اصلی نامگذاری، مسیریابی و ارسالو ذخیره‌سازی موجود است که با شبکه IP سنتی متفاوت است.

در بخش ۷-۲ این گزارش اشاره مختصری به این چالش‌ها شد. با توجه به اینکه موضوع اصلی این پژوهش، نامگذاری اشیاء داده است در ادامه به این چالش بصورت مفصل پرداخته خواهد شد.

۲-۸-۱نامگذاری اشیاء داده

از آنجایی‌که ICN به جای میزبان، محتوا را نامگذاری می‌کند، نگرانی واقعی در مورد مقیاس‌پذیری وجود دارد. در اینترنت حجم محتوا نسبت به میزبان‌ها بسیار بیشتر است، و طرح نامگذاری قرار است به‌طور واضح همه این محتواها را شناسایی کند، این موضوع کار نام‌گذاری را دشوار می‌کند. اساساً، طرح‌های نام‌گذاری در ICN به دو رویکرد عمده تقسیم می‌شوند: نام‌گذاری مسطح و نام‌گذاری سلسله مراتبی. هر دو مزایا و معایب دارند: در حالی‌که نام‌گذاری مسطح امکان تداوم بهتری را فراهم می‌کند، زیرا به هیچ مکان یا سازمانی مربوط نمی‌شود، همچنین تجمیع نام‌ها را برای مسیریابی محدود می کند. در مقابل، نام‌گذاری سلسله مراتبی، تجمیع اطلاعات مسیریابی و عملکرد را با سلسله مراتب پیشوند نام بهینه می‌کند، اما گروه‌هایی از محتوا که پیشوند یکسانی دارند ممکن است مجبور باشند با هم در یک مکان مورد بررسی قرار گیرند. هم‌چنین برای نام‌گذاری محتوا در یک زمینه خاص مفید است و اقدامات مدیریتی را تسهیل می‌کند.علاوه‌براین طرح نام‌گذاری ویژگی/ مقدار وجود دارد که در آن مجموعه‌ای از ویژگی‌ها که قابلیت‌های یک محتوا را نشان می‌دهند در یک نام محتوا نگاشت می‌شوند. طرح‌های نام‌گذاری ویژگی/ مقدار بیشتر در محیط‌های موبایل و اینترنت اشیا مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

هدف این فصل بررسی مفهوم نامگذاری در ICN، اهمیت و متمایز بودن آن می باشد. رویکردهای نامگذاری که تاکنون با پروژه های تحقیقاتی اصلی ICN ارائه شده است، تجزیه و تحلیل مقایسه ای مکانیسم های نامگذاری موجود در ICN و پیشنهادهای جدید جهت گیری تحقیق به سمت طرح نامگذاری کارآمد در شبکه‌های اطلاعات محوراست.

هدف اصلی ICN تغییر رویکرد ارتباط میزبان محور موجود به رویکرد اطلاعات محور است. این به نامگذاری مستقل از موقعیت مکانی، مسیریابی پیام‌ها مبتنی بر نام بستگی دارد.

۲-۸-۲اهمیت نامگذاری

هدف شبکه‌های اطلاعات محور انجام تمام کارهای اولیه شبکه با نگه داشتن اطلاعات در مرکز است. این بدان معناست که تمام عملیات از جمله کش کردن، مسیریابی، نامگذاری در ICN حول محتوا می چرخد. بنابراین اساساً، شبکه‌های اطلاعات محور را می‌توان از اینترنت موجود در مهمترین موضوع نامگذاری داده‌ها جهت شناسایی و مسیریابی محتوا متمایز کرد. بنابراین، نام‌گذاری شی داده به‌گونه‌ای که ذخیره‌سازی و مسیریابی به طور مؤثر انجام شود نیز یک کار چالش برانگیز است و امنیت در این مورد نقش اول را دارد. انتظار می رود که هر رویکرد امنیتی اطلاعات محور باید ویژگی‌های ذکر شده در زیر را برآورده کند.

- کاربر نهایی باید نام محتوا و نوع آن را بداند.
- کاربر باید از کلید عمومی ارائه دهنده داده آگاه باشد تا بتواند اصالت/صحت محتواهای دریافتی را تأیید کند.
- شبکه اطلاعات محور باید امکان اتصال بین نام محتوا و کلید عمومی ارائه دهنده آن را فراهم کند.

تا کنون، بحث انجام شده در مورد این واقعیت است که نامگذاری محتوا در هسته رویکرد ICN نهفته است، زیرا نامگذاری، پایه اساسی برای اجرای کارآمد دو اصل اولیه و اصلی ICN مانند حافظه پنهان و مسیریابی است.

۲-۸-۳تکنیک های نامگذاری محتوا

در زمینه نامگذاری، شبکه اطلاعات محور دو رویکرد نامگذاری عمده وجود دارد. رویکرد اول، شبیه فضای نام اینترنت فعلی و مبتنی بر نام دامنه است و از نام‌های سلسله مراتبی استفاده می‌کند که برای انسان هم قابل خواندن هستند. در عین حال مقیاس‌پذیری را نیز پشتیبانی می‌کند. چالش این روش دریافت کلید عمومی محتوا از سمت کاربر نهایی است. در مقابل آن، طرح نام‌گذاری مسطح، شناسه‌های خود گواهی را در نظر می‌گیرد. در این سناریو، کلید عمومی به خود شناسه متصل است، بنابراین سیستم شبکه اطلاعات محور نیازی به تکیه بر هیچ زیرساخت کلید عمومی ندارد. با این حال، این شناسه ها در قالب قابل خواندن توسط انسان نیستند. بنابراین، کاربران باید از طرح‌های دیگری مانند وب‌های اعتماد، پورتال‌های موتورهای جستجو و مخاطبین شخصی و غیره کمک بگیرند تا شناسه محتواهای مورد نیاز را بیابند.[۲۴-۲۶]

۲-۸-۴پارامترهای مورد نیاز نامگذاری محتوا

برای نامگذاری محتوا های داخل شبکه، می بایست از مجموعه ای از جفت های ویژگی و مقدار کمک گرفت. هر ویژگی مربوط به نام محتوا، نوع و مجموعه ای از مقادیر منحصربفرد آن می‌شود.

این پارامترها برای دو روش سلسله مراتبی و مسطح متفاوت و به صورت زیر می باشند.

- روش سلسله مراتبی

این ماژول با پیروی از شناسه منحصر بفرد (URI)منبع محتوا، تولید می‌شود که سه بخش فرعی که در زیر ذکر شده است، را پوشش می‌دهد.

۱. نام دامنه
۲. مکان
۳. وظیفه

در این روش نامگذاری، از اسلش رو به جلو "/" برای ایجاد تفکیک بین بخش‌های فرعی مولفه سلسله مراتبی استفاده می‌شود. به عنوان مثال برای بسته مورد نیاز کاربر و بسته حاوی محتوا نامگذاری بصورت زیر انجام می‌شود:

- روش مسطح

در این روش نام گذاری بصورت هش و رمزنگاری بوده و حاوی کلید عمومی است. رمزنگاری در نام محتوا، درک دقیق مولفه های نام را از کاربران انسانی پنهان می‌کندکه منجر می‌شود، به خاطر سپردن نام‌ها برای آنها دشوار شود. در این روش نیاز به یک واسط شبکه برای ترجمه و تفسیر نام محتوا برای انسان است. البته می‌توان گفت، که در چارچوب ICN، رویکرد درک نام توسط انسان و داشتن قابلیت خود گواهی و استقلال مکان انتخاب شود. در جدول زیر مقایسه ای از این دو ویژگی برای انواع روش های نامگذاری ارائه شده است.

جدول ۲: مقایسه تکنیک های نام‌گذاری محتوا

نام روش	تکنیک	قابل درک انسانی	مسیریابی	مقیاس‌پذیری	امنیت
CBC	Attribute Based Naming	High	Name Base Routing	less	less
DONA	Flat Naming	less	Name Base Routing	less	less
NETinf	Flat Naming	less	Name resolution	less	Adverage
NDN	Hierarchical Naming	Adverag	Name Base Routing	High	less
Security Naming in ICN	Hierarchical Naming	Adverag	Name resolution	High	High

در جدول۲ چند نمونه از تکنیک‌های نام‌گذاری زیر مجموعه پروژه های استاندارد ITU که در بخش‌های قبل بیان شده اند، باهم مقایسه شده اند. معیار مقایسه، مسیریابی، قابلیت درک برای انسان، مقیاس‌پذیری و امنیت آن‌ها بوده است.

با توجه به توضیحات بیان شده در این بخش، روش مسطح برای نام‌گذاری پیشنهاد می شود چارچوب این روش شامل فیلدهای زیر برای نامگذاری محتوا می باشد:

نام‌گذاری محتوا لازم است منحصر بفرد باشد، نوع و اصالت محتوا را تایید کند و از ایجاد تغییر در محتوا جلوگیری شود. برای این منظور نام گذاری محتوا پویا پیشنهاد می‌شود. مدل پیشنهادی یک کلید رمز گذاری دارد که اصالت محتوا را تایید می‌کند. یک فیلد دیگر دارد که تعداد میزبان‌هایی که از بدو تولید تا آن لحظه محتوا مد نظر را ذخیره کرده‌اند شمارش می‌شوند. همچنین هر میزبان می بایست محتوا ذخیره شده را تایید اصالات کند. در ضمن آدرس تولید کننده اصلی محتوا در این نام‌گذاری هم موجود است که در صورت نیاز به مقایسه محتوا فعلی با اصلی آن به تولید کننده ارجاع داده شود.

با توجه به روش پیشنهادی چارچوب نام‌گذاری به صورت زیر می باشد.

جدول ۳: چارچوب نام‌گذاری پیشنهادی

Type	Context/ID of Authority	# of Storage Host	Length of Piec	Piece Crypto ID	Publisher's ID	Content

چارچوب روش پیشنهادی در جدول۳ نشان داده شده است.ستون های جدول که شامل ویژگی‌های نام‌گذاری هستند به ترتیب از چپ به راست شامل، نوع محتوا، احراز هویت میزبان‌هایی که محتوا را ذخیره کرده‌اند، تعداد میزبان های ذخیره کننده محتوا، طول محتوا، کلید رمز گذاری محتوا، محتوا می باشد.

۳ جمع بندی

همان‌طور که در این مستند بیان شد، شبکه اطلاعات محور (ICN) یک رویکرد اینترنتی آینده با هدف مقابله با مشکلات و ناکارآمدی های معماری اینترنت فعلی است. در معماری اینترنت، محتوا از طریق میزبان اصلی ومبتنی بر آدرس آن منتقل می‌شود. در حالی‌که در ICN اطلاعات مبتنی بر نام محتوا و از نزدیکترین میزبان منتقل می‌شود. در ICN، نام محتوا نقش اصلی را ایفا می‌کند. هر محتوا یک نام منحصر به فرد در لایه شبکه دریافت می‌کند و از این نام برای مسیریابی محتوا در شبکه استفاده می‌شود. این تغییر رویکرد!! عملکرد اینترنت آینده را با، قابلیت اطمینان، مقیاس‌پذیری و مناسب برای ارتباطات بی سیم و سیار بهتر می‌کند. هم‌چنین ابزارهای امنیتی جدید را برای مقابله با برخی از حملات رایج در معماری اینترنت، مانند انکار سرویس، فراهم می‌کند. یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها، نام‌گذاری محتوا است . زیرا نام‌گذاری محتوا باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر منحصر بفرد بودن آن، نوع محتوا و اصالت آن را تایید کند. مسیریابی نیز از چالش‌های نام‌گذاری می‌باشد. در این مستند روشی پویا پیشنهاد گردیده که برای تایید اصالت محتوا تعداد میزبان هایی که محتوا را ذخیره کرده اند مشخص و داده تایید شده از میزبان قبل را تحویل گرفته و اصالت تا به این مرحله

توسط میزبان های قبلی و از این به بعد توسط این میزبان تایید می‌شود. در ضمن در نام‌گذاری آدرس تولید کننده‌ی محتوا اصلی در نام‌گذاری مشخص است که در صورت نیاز تاییده آن نیز گرفته شود.

روش پیشنهادی علاوه بر پویایی و مقیاس‌پذیری از امنیت نسبتاً بالایی نیز برخوردار است و می‌تواند برای نام‌گذاری محتوا حساس در شبکه‌های اطلاعات محور مورد استفاده قرار گیرد.

۴ مراجع

[۱] M.B.Diallo,F. Coulibaly, V.Fofana “Twenty years of research on information-centric networking: which conclusions for the next version of the Internet ?”, Africa voice for the next information-centric Internet, ۲۰۲٤.

[۲] B.Ahlgren, C.Dannewitz, C.Imbrenda, “A Survey of Information-Centric Networking", IEEE, ۲۰۱۹.

[۳] A. Kortebi, P. L. Dain, and F. Dur, “Home network assistant: Towards better diagnostics and increased customer satisfaction,” in Global Information Infrastructure Symposium - GIIS 2013, Oct ۲۰۱۳, pp. ۱–٦.

[٤] S. Jeong, D. Lee, J. Hyun, J. Li, and J. W. K. Hong, “Application-aware traffic engineering in software-defined network,” in 2017 19th Asia-
Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), Sept ۲۰۱۷, pp. ۳۱٥–۳۱۸.

[٥] G. Li, M. Dong, K. Ota, J. Wu, J. Li, and T. Ye, “Deep packet inspection based application-aware traffic control for software defined networks,” in 2016 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), Dec ۲۰۱٦, pp. ۱–٦.

[٦] Z. Fan and R. Liu, “Investigation of machine learning based network traffic classification,” in 2017 International Symposium on Wireless
Communication Systems (ISWCS), Aug ۲۰۱۷, pp. ۱–٦.

[۷] Z.Wang, “The application of deep learning on traffic identification,” Available from http://www.blackhat.com, ۲۰۱٥.

[۸] H. Yan, E. C. Ahn, and L. Duan, “Work-in-progress: enabling nvm-based deep learning acceleration using nonuniform data quantization,” in 2017 International Conference on Compilers, Architectures and Synthesis For Embedded Systems (CASES), Oct ۲۰۱۷, pp. ۱–۲.

[۹] T. Koponen, M. Chawla, B. Chun, A. Ermolinskiy, K. H. Kim, S. Shenker, and I. Stoica, “A data-oriented (and beyond) network architecture,” in ACM SIGCOMM, ۲۰۰۷, pp. ۱۸۱–۱۹۲.

[۱۰] F. Ye, Y. Qian, and R. Hu, “Smart service-aware wireless mixed-area networks,” IEEE Network Magazine, ۲۰۱۸.

[۱۱] J. Tourrilhes, P. Sharma, S. Banerjee, and J. Pettit, “Sdn and openflow evolution: A standards perspective,” Computer, vol. ٤۷, no. ۱۱, pp. ۲۲– ۲۹, Nov ۲۰۱٤.

[۱۲] L. Huang, X. Zhi, Q. Gao, S. Kausar, and S. Zheng, “Design and implementation of multicast routing system over sdn and sflow,” in 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), June ۲۰۱٦, pp. ٥۲٤–٥۲۹.

[۱۳] D.Buitenkamp, R.Jain,“A Survey of Information-Centric Networking Approaches”, IEEE Network Magazine, December ۱۲, ۲۰۱۹.

[۱٤] A. Habibi Lashkari, G. Draper Gil, M. Mamun, and A. Ghorbani, “Characterization of encrypted and vpn traffic using time-related features,” ۰۲ ۲۰۲۲.

[۱٥] Pentikousis, K., et al.: Information-Centric Networking: Baseline Scenarios. No. RFC ۷٤۷٦ (۲۰۱٥),۲۰۲۳

[۱٦] Teemu, K., Mohit, C., Chun, B.-G., Ermolinskiy, A., Kim, K.H., Scot, S., Ion, S.: A data-oriented (and beyond) network architecture. SIGCOMM Comput. Commun. (Rev.). ۳۷(٤), ۱۸۱–۱۹۲ (۲۰۰۷)

[۱۸] Fayazbakhsh, S.K., Lin, Y., Tootoonchian, A., Ghodsi, A., Koponen, T., Maggs, B., Ng, K., Sekar, V., Shenker, S.: Less pain, most of the gain: Incrementally deployable ICN. In: ACM SIGCOMM Computer Comm. Review, pp. ۱٤۷–۱٥۸ (۲۰۲۳)

[۱۹] Cheriton, D., Gritter, M.: TRIAD: A New Next-Generation Internet Architecture (۲۰۲۰). Online http://www-dsg.

stanford.edu/triad/

[۲۰] Fotiou, N., Polyzos, G.C., Trossen, D.: Illustrating a publish subscribe internet architecture. J. Telecommun. Syst. ۵۱(٤), ۲۳۳–۲٤۵ (۲۰۲۱)

[۲۱] Dannewitz, C., Kutscher, D., Ohlman, B., Farrell, S., Ahlgren, B., Karl, H.: Network of information (netinf)–an information-centric networking architecture. *Comput. Commun.* ۳٦(۷), ۷۲۱–۷۳۵ (۲۰۱۳)

[۲۲] Lixia, Z., Alexander, A., Burke, J., Jacobson, V., Claffy, K., Crowley, P., Papadopoulos, C., Wang, L., Zhang, B.: Named data networking. SIGCOMM Comput. Commun. (Rev.). ٤٤(۳), ٦٦–۷۳ (۲۰۱٤)

[۲۳] Jacobson, V., Smetters, D.K., Thornton, J.D., Plass, M.F., Briggs, N.H., Braynard, R.L.: Networking named content. In: ۵th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, pp. ۱–۱۲. CoNEXT, New York (۲۰۰۹)

[۲٤] Gritter, M., Cheriton, D.: Name-Based Routing Protocol Specification, in progress (۱۹۹۹)

[۲۵] Koponen, T., Chawla, M., Chun, B.-G., Ermolinskiy, A., Kim, K.H., Shenker, S., Stoica: A data-oriented (and beyond) network architecture. SIGCOMM Comput. Commun. Rev. ۳۷(٤), ۱۸۱–۱۹۲ (۲۰۰۷)

[۲٦] D.Saxena, “Named Data Networking, ASurvey”, Computer Science Review, PhD Researcher at Indian Institute of Technology Roorkee ۲۰۱٦.

[۲۷] M. Wasim, A.Ashraf, A.S.Rana,M.Ahmad,and U.Raza ,” Dynamic Naming Scheme and Lookup Method Based on Trie for Vehicular Named Data Network”, Wiely ۲۰۲۲.

[۲۸] E.MANNES and C. MAZIERO ,” Naming Content on the Network Layer: A Security Analysis of the Information-Centric Network Model”, ACM Comput ۲۰۱۹.

[۲۹] S.Batool, M. Kaleem, S. Rashid, M.A.Mushtaq, ” A survey of classification cache replacement techniques in the content-centric networking domain”, International Journal of Advanced and Applied Sciences, ۲۰۲٤.

[۳۰] B. Hamdane, A.Serhrouchni,A.Fadlallah,S. G.Fatmi, ” Named-Data Security Scheme for Named Data Networking”,IEE Confrance on the Network of Feuture, Télécom ParisTech, ۲۰۲۲.

[۳۱] Li. Bing , Z.Mingxuanheng, “A Novel Security Scheme Supported by Certificateless Digital Signature and Blockchain in Named Data Networking”, Wiley ۲۰۲٤.

نشانی: تهران، انتهای کارگر شمالی، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، معاونت پژوهش و توسعه ارتباطات علمی

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۳۵۵

نمابر: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۳۵۶