چشم انداز، عناصر سازنده و روند آینده اینترنت اشیا (Internet of Things - IoT)

نویسنده: گوبی[1]، ۲۰۱۳

ترجمه و تلخیص: شهرام اکبری نساجی– دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات–سیستمهای چند رسانه‌ای– پژوهشکده فضای مجازی– دانشگاه شهید بهشتی

سید علی قرشی – عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق – دانشگاه شهید بهشتی

۱) مقدمه

اینترنت اشیا به معنی برقراری ارتباطی گسترده بین اشیا به منظور ایجاد محیطی هوشمند است. امروزه با افزایش تعداد دستگاه‌های مجهز به فناوری ارتباط بی‌سیم (مانند بلوتوث، Wi-Fi و نظائر آن) و همچنین انواع حسگرها و محرک‌ها، اینترنت اشیا دوران کودکی خود را پشت سر گذاشته و در حال تبدیل اینترنت ایستای سنتی به یک اینترنت یکپارچه است. در اینترنت اشیا بر خلاف اینترنت، به‌جای تمرکز بر ارتباطات بین افراد، بر برقراری ارتباط بین اشیا تمرکز می‌شود. در این میان باید بتوان حجم زیاد اطلاعات تولید شده را ذخیره‌سازی و پردازش کرد و به بهترین روش نمایش داد. زیرساخت مورد نیاز اینترنت اشیا توسط فناوری محاسبات ابری فراهم شده است و نتیجه آن به‌صورت فعال‌سازی امکان دسترسی کاربران به برنامه‌های کاربردی مورد تقاضا از هر مکان دلخواه، مشاهده می‌شود. کاربردهای مختلف اینترنت اشیا در حوزه‌های مختلفی مانند سلامت، محیط زیست، حمل و نقل، مراقبت و امنیت، سرگرمی و نظایر آن گسترده است (شکل ۱).

شکل۱. نمایی از کاربردهای فناوری اینترنت اشیا

[1] Gubbi

۲) مفاهیم و عناصر سازنده

«اینترنت اشیا» متشکل از یک شبکه جهانی از اشیا در ارتباط با یکدیگر است که در آن هر دستگاه دارای یک آدرس شناسایی منحصر به فرد بوده و این دستگاه‌ها بر اساس قوانین و پروتکل‌های ارتباطی استاندارد با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. منظور از «اشیا» کلیه شرکت‌کنندگان در فعالیت‌های روزمره‌اند که قابلیت تعامل و ارتباط با یکدیگر و محیط را دارند. این تعاملات و ارتباطات با رد و بدل کردن داده و اطلاعات با محیط و پاسخگویی به رویدادهای محیطی صورت می‌پذیرد. همچنین «محیط هوشمند» عبارت است از فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی که باعث تبدیل مؤلفه‌های زیرساختی و خدماتی یک محیط به مؤلفه‌هایی آگاه‌تر، تعاملی‌تر و کاراتر خواهد شد. به این ترتیب «اینترنت اشیا برای محیطی هوشمند» به معنای ارتباط دستگاه‌های هوشمند با قابلیت اشتراک‌گذاری اطلاعات با یکدیگر به منظور فعال کردن برنامه‌های کاربردی نوآورانه خواهد بود. این مهم از طریق یکپارچه‌سازی ادراک همگانی، تحلیل داده‌ها و نمایش اطلاعات به کاربر از طریق محاسبات ابری به دست می‌آید.

جهت فعال‌سازی محاسبات فراگیر در اینترنت اشیا، وجود سه مؤلفه اساسی ضروری است. اولین مؤلفه «سخت افزار» است که شامل حسگرها، محرک‌ها و دستگاه‌های ارتباطی است. مؤلفه دوم «میان‌افزار» است که شامل ابزارهای محاسباتی و ذخیره‌سازی میانی مورد استفاده جهت تحلیل داده‌ها می‌شود. مؤلفه سوم نیز «ابزارهای نمایش» است که باید جهت نمایش اطلاعات به کاربران، قابلیت استفاده بر روی سکّوهای گوناگون را داشته باشند. در ادامه به معرفی تعدادی از فناوری‌های تشکیل دهنده موارد مذکور می‌پردازیم:

۲-۱) دستگاه‌های RFID: این دستگاه‌ها با ارتباطات بی‌سیم، امکان شناسایی خودکار هر وسیله‌ای که به آن متصل بشوند را فراهم می‌کنند. این دستگاه‌ها بر دو نوع هستند: نوع غیرفعال که دارای باتری نیست و از قدرت سیگنال خواننده جهت برقراری ارتباط استفاده می‌کند. کارت‌های بانکی و کارت‌های پرداخت عوارض بزرگراه‌ها مثال‌های خوبی برای این دسته هستند. انواع فعال RFIDها دارای باتری جداگانه و مخصوص به خود هستند و یک مثال برای کاربرد آن رهگیری محموله‌های کالا در جاده‌ها است.

۲-۲) شبکه‌های حسگر بی‌سیم: پیشرفت‌های فناوری در زمینه مدارهای مجتمعِ کم‌مصرف و ارتباطات بی‌سیم، موجب پدید آمدن دستگاه‌های هوشمند کارا و کم هزینه شده است. اتصال تعداد زیادی از این دستگاه‌ها به شبکه‌های حسگر بی‌سیم موجب بهبود خدمات در زمینه جمع‌آوری، پردازش، تحلیل و انتشار اطلاعات ارزشمند دریافت شده از محیط خواهد شد. داده‌های دریافت شده از محیط جهت تحلیل به یک سامانه متمرکز یا توزیع شده ارسال می‌شوند. مولفه‌های تشکیل دهنده شبکه حسگر بی‌سیم به شرح زیر است:

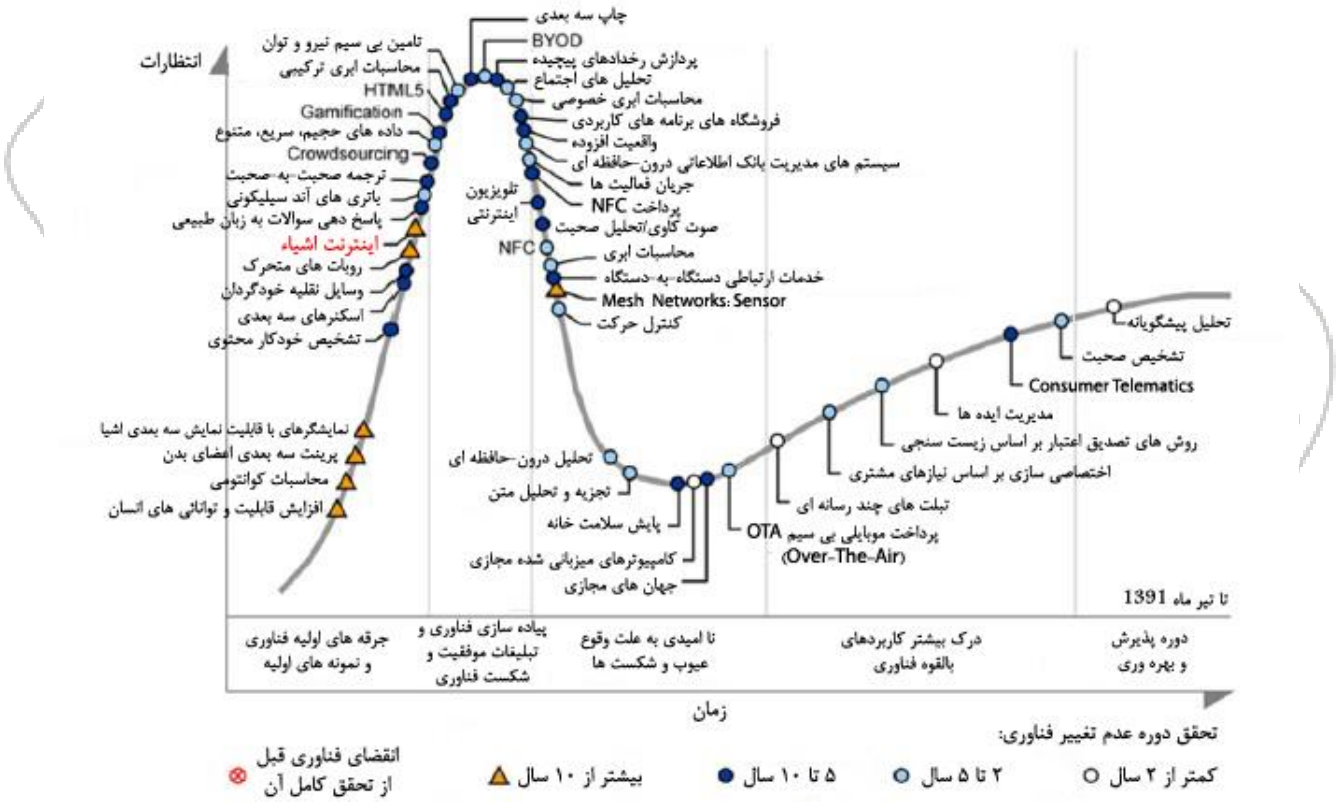
- سخت‌افزار: عبارت است از یک گره در شبکه که باید قابلیت‌هایی از جمله درک محیط، پردازش داده‌های دریافت شده از محیط و امکان دریافت و ارسال اطلاعات را داشته باشد.
- پشته ارتباطی: گره‌ها در شبکه نیازمند برقراری ارتباط با یکدیگر جهت انتقال داده‌ها هستند. از کار افتادن هر گره موجب کاهش کیفیت عملکرد شبکه خواهد شد. بنابراین هر گره باید دارای یک پشته ارتباطی باشد که در زمان از کار افتادن گره، قابلیت ارتباط با دنیای خارج را داشته باشد و بتواند به عنوان یک درگاه بین زیرشبکه و اینترنت مورد استفاده قرار گیرد.
- میان‌افزار: در حقیقت یک پل ارتباطی بین زیرساخت شبکه(با یک معماری مبتنی بر سرویس) و گره‌های حسگر است که به منظور برقراری ارتباط بین حسگرهای ناهمگن با شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- جمع‌آوری امن داده‌ها: جهت افزایش طول عمر شبکه و تأیید صحت داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها نیازمند یک روش جمع‌آوری امن و کارای داده‌ها هستیم. تأمین امنیت موضوعی مهم است که باید اقدامات لازم در خصوص آن انجام شود.

۲-۳) الگوی نشانی‌دهی: توانائی شناسایی و نشانی‌دهیِ منحصر به فرد هر کدام از اشیا متصل به اینترنت اشیا، یک امر حیاتی جهت موفقیت این فناوری است. این نکته را باید مد نظر داشت که افزودن دستگاه‌ها و شبکه‌های جدید به اینترنت اشیا نباید بر روی کارایی شبکه، عملکرد سایر دستگاه‌ها، قابلیت اعتماد انتقال اطلاعات بر روی شبکه و موارد مشابه آن تأثیر گذارد. جهت تحقق نشانی‌دهی منحصر به فرد، فناوری‌هایی از جمله IPv4 و IPv6 طراحی شده‌اند که تا حدی نیاز ما را مرتفع خواهند کرد. یک پیشرفت دیگر در این زمینه طراحی IPv6 نسخه سبک جهت نشانی‌دهی دستگاه‌های خانگی است.

۲-۴) ذخیره‌سازی و تحلیل داده‌ها: یکی از خروجی‌های اینترنت اشیا، انبوه داده‌های تولید شده است و ذخیره‌سازی، مالکیت و امحای این داده‌ها یک بحث حیاتی است. داده‌ها باید جهت پایش و استفاده هوشمندانه ذخیره شوند. بنابراین نیازمند طراحی الگوریتم‌های هوش مصنوعی متمرکز یا توزیع شده برای رفع این نیاز هستیم. جهت فهم داده‌ها نیز به توسعهٔ الگوریتم‌های ترکیب و ادغام نیاز داریم. همچنین توسعه روش‌های جدید یادگیری ماشین جهت تصمیم‌گیری‌های خودکار نیز امری حیاتی است. علاوه بر این موارد، به یک زیرساخت سخت‌افزاری جهت پشتیبانی از ذخیره و تحلیل داده نیاز است که تشکیل دهنده میان افزار در اینترنت اشیا است.

۲-۵) مصورسازی: یکی از مهم‌ترین مباحث اینترنت اشیا است که امکان برقراری تعامل کاربران با محیط را فراهم می‌کند. پیشرفت این امر با ظهور فناوری‌های جدید مثل صفحات نمایش لمسی، دستگاه‌های تبلت و غیره قابل مشاهده است. مصورسازی همچنین امکان تبدیل داده‌های خام به دانش را که یک فرآیند مهم در تصمیم‌گیری است، به تصمیم‌گیرنده‌ها می‌دهد.

اینترنت اشیا طبق نمودار شکل۲ به عنوان یک فناوری در حال رشد در زمینهٔ فناوری اطلاعات شناخته می‌شود و پیش‌بینی شده است که مدت زمان ۵ تا ۱۰ سال جهت پذیرش آن توسط عامه مردم زمان لازم است.



شکل۲. نمودار Gartner 2012 Hype Cycle در خصوص فناوری‌های در حال ظهور

۳) کاربردها

دامنه‌های کاربرد بسیار گوناگونی وجود دارد که تحت تأثیر اینترنت اشیا قرار می‌گیرد. این دامنه‌های کاربرد بر اساس دسترسی به شبکه، پوشش و مقیاس تقسیم بندی می‌شوند.

۳-۱) مصارف شخصی و خانگی

اطلاعات جمع‌آوری شده از طریق حسگرها فقط از طریق شخص مالک شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً از Wi-Fi به عنوان ستون اصلی این شبکه جهت انتقال تصاویر و صوت استفاده می‌شود. از جمله کاربردهای این حوزه می‌توان به کاربردهای سلامت فراگیر(اندازه‌گیری پارامترهای سلامتی و مدیریت این پارامترها توسط نرم افزارهای ذیربط)، سامانه‌های پایش منزل (جهت پایش سلامت اشخاص مسن)، کنترل وسائل منزل از راه دور و سایر موارد مشابه اشاره کرد. این مصارف باعث تعامل مصرف‌کنندگان با اینترنت اشیا خواهد شد.

۳-۲) مصارف سازمانی

اطلاعات جمع‌آوری شده از این شبکه توسط مالکین سازمان استفاده می‌شود و می‌تواند به صورت انتخابی در اختیار دیگران قرار گیرد. پایش محیط یکی از کاربردهای اولیه این حوزه است که جهت نگهداری رکورد تعداد افراد ساکن در سازمان و مدیریت خدمات سازمان از آن استفاده می‌شود. یکی از کاربردهای اینترنت اشیا که در حال حاضر بسیار مورد توجه است «محیط هوشمند[۲]» است که شامل زیر سامانه‌هایی است که در جدول۱ به همراه ویژگی‌های هر کدام نمایش داده شده است. کاربردهای موجود در محیط شهری که می‌تواند از تحقق قابلیت‌های یک شبکهٔ حسگر بی‌سیم در شهر بهره‌مند شود نیز در جدول ۲ نمایش داده شده است. این کاربردها بر اساس حوزه اثر خود گروه‌بندی شده‌اند.

	خانه/اداره هوشمند	خرده فروشی هوشمند	شهر هوشمند	کشاورزی/جنگل کاری هوشمند	آبیاری هوشمند	حمل و نقل هوشمند
اندازه شبکه	کوچک	کوچک	متوسط	متوسط/بزرگ	بزرگ	بزرگ
کاربران	خیلی کم (اعضای خانواده)	کم (سطح جامعه)	زیاد (قانون گذاران، عامه مردم)	کم (مالکین زمین، قانون گذاران)	کم (دولت)	بسیار زیاد (عامه مردم)
انرژی	باطری قابل شارژ مجدد	باطری قابل شارژ مجدد	باطری قابل شارژ مجدد، ذخیره انرژی	ذخیره انرژی	ذخیره انرژی	باطری قابل شارژ مجدد، ذخیره انرژی
اتصالات اینترنت	WiFi, 3G, 4G LTE	WiFi, 3G, 4G LTE	WiFi, 3G, 4G LTE	WiFi، ارتباطات ماهواره ای	ارتباطات ماهواره ای، پیوندهای مایکرو ویو	WiFi، ماهواره
مدیریت دادها	سرور محلی	سرور محلی	سرور اشتراکی	سرور محلی، سرور اشتراکی	سرور اشتراکی	سرور اشتراکی
دستگاه های اینترنت اشیاء	RFID، شبکه های حسگر بی سیم	RFID، شبکه های حسگر بی سیم	RFID، شبکه های حسگر بی سیم	شبکه های حسگر بی سیم	حسگرهای واحد	RFID، شبکه های حسگر بی سیم، حسگرهای واحد
نیازمندی پنهای باند	کم	کم	بزرگ	متوسط	متوسط	متوسط/بزرگ
مثال های بستر تست	منزل آگاه	مرکز خرده فروشی SAP	Smart Santander, citySense	SisVia	GBROOS, SEMAT	تعدادی پیاده سازی آزمایشی محدود

جدول ۱) حوزه‌های کاربرد محیط هوشمند

[2] Smart Environment

	شهروندها
سلامت	ارزیابی پزشکی، پایش بیماران، پایش کارکنان، مدل سازی انتقال بیماری و روش های پیشگیری از آن (پایش برخط وضعیت سلامت و استفاده از اطلاعات پیش گویانه جهت کمک به پزشکان در کنترل بیماری یا کمک در جهت اخذ تدابیر لازم در سناریو بیماری های همه گیر)
خدمات اضطراری، دفاعی	پایش کارکنان از راه دور (سلامت و موقعیت)، مدیریت و توزیع منابع، برنامه ریزی واکنش، حسگرهای نصب شده در زیرساخت ساختمان ها جهت راهنمائی اشخاص حاضر در سناریوهای اضطراری و سوانح
پایش جمعیت	پایش جریان جمعیت جهت مدیریت فوریت ها، استفاده بهینه از فضاهای عمومی و خرده فروشی، گردش کار در محیط های تجاری
	حمل و نقل
مدیریت ترافیک	حمل و نقل هوشمند از طریق بهینه سازی زمان حقیقی اطلاعات مسیر و ترافیک
پایش زیرساخت ها	حسگرهای نصب شده درون زیرساخت ها جهت پایش فرسودگی ساختارها و سایر مباحث نگهداری، پایش تصادفات جهت مدیریت حوادث و هماهنگی پاسخ دهی اضطراری
	خدمات
آب	مدیریت کیفیت آب، نشت آب، مصرف آب، پخش آب، هدر رفتن آب
مدیریت ساختمان	کنترل حرارت، کنترل رطوبت، پایش فعالیت ها جهت مدیریت مصرف انرژی، مدیریت دستگاه های گرمایشی، هوادهی، تهویه هوا (HVAC)
محیط	مدیریت آلودگی هوا، پایش نویز، آبراه ها، پایش صنایع

جدول۲. کاربردهای بالقوه اینترنت اشیا در شهر ملبورن

۳-۳) خدمات

اطلاعات به‌دست آمده در این حوزۀ کاربرد معمولاً برای بهینه‌سازی خدمات استفاده می‌شود. این اطلاعات توسط شرکت‌های خدماتی برای مدیریت منابع در جهت بهینه‌سازی هزینه در مقابل سود مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کاربرد نیازمند شبکه‌های بزرگ و دقیق جهت پایش خدمات حساس و مدیریت کارای منابع است. شبکه مورد استفاده می‌تواند بین شبکه‌های سلولی، Wi-Fi و ماهواره‌ای تغییر کند. از جمله مثال‌های این حوزه می‌توان به اندازه‌گیری هوشمند مصرف (پایش مداوم میزان مصرف)، سامانه‌های نظارت (ردگیری اهداف، فعالیت‌های مشکوک، یافتن وسایل جا مانده)، پایش شبکه‌های آب (کنترل کیفیت آب شرب) و مشابه آن اشاره کرد.

۳-۴) حمل و نقل و لجستیک

حمل و نقل و لجستیک هوشمند به علت ماهیت اشتراک داده و زیرساخت مورد نظر جهت پیاده‌سازی در یک حوزه کاربرد قرار دارند. در این حوزه امکاناتی از جمله پایش زمان‌های مسافرت، انتخاب مسیر بهینه بین مبدأ و مقصد و سایر موارد مشابه فراهم شده است. اینترنت اشیا علاوه بر توسعه الگوریتم‌های بهبود کنترل ترافیک شهری، در حال کار بر روی سامانه‌های کنترلی چند منظوره است که از طریق آن علاوه بر اطلاعات به دست آمده از سامانه کنترل ترافیک شهری، اطلاعات معتبر و مرتبط در خصوص شرایط ترافیکی نیز به کاربر نمایش داده شود. یکی دیگر از کاربردهای این حوزه، مدیریت لجستیک است که شامل پایش ارسال محموله در کنار برنامه‌ریزی جهت ارسال کارای آن می‌باشد.

۴) اینترنت اشیاء مبتنی بر محاسبات ابری

اینترنت اشیا از دو دیدگاه «مبتنی بر اینترنت» و «مبتنی بر اشیا» قابل بررسی است. در معماری مبتنی بر اینترنت، تمرکز بر خدمات اینترنتی مورد استفاده توسط اشیا است اما در معماری مبتنی بر اشیا، تمرکز بر روی اشیا هوشمند است. در شکل ۳ یک طرح مفهومی جهت یکپارچه‌سازی دستگاه‌های حسگر و کاربردهای موجود نمایش داده شده است. جهت تحقق کامل توانایی‌های محاسبات ابری، نیازمند طراحی یک چارچوب هستیم که یک خدمت ابری در مرکز آن باشد. این روش طراحی نه تنها باعث شکسته شدن هزینه‌ها می‌شود، بلکه به شدت مقیاس پذیر نیز خواهد بود. در این مدل کلیۀ افراد می‌توانند خدمات خود (نظیر جمع‌آوری داده، ابزارهای تحلیلی، ابزارهای داده‌کاوی و ابزارهای نمایشی) را از طریق خدمت‌رسانی ابری در اختیار دیگران قرار دهند. عملیات مرتبط با داده‌ها، ابزارها و نمایش‌ها در خدمات

ابری از دید کاربر مخفی است و این امر باعث نمایان شدن توانایی اینترنت اشیا در کلیه کاربردها خواهد شد. آن‌گونه که از شکل ۳ مشخص است، محاسبات ابری کلیه جنبه‌های محاسبات فراگیر شامل ابزارهای ذخیره سازی، محاسبات، تجزیه و تحلیل و نمایش را به صورت یکپارچه در خود تجمیع کرده است.

شکل۳. فریم ورک مفهومی اینترنت اشیاء مبتنی بر محاسبات ابری

۵) چالش‌های فعلی و روند آینده

دیدگاه مبتنی بر خدمات ابری یک دیدگاه مبتنی بر کاربر است که امکان تعامل مناسب با کاربردها را فراهم می‌کند. در این حالت نیازمند روش‌هایی جهت کنترل حق مالکیت داده‌ها، امنیت، محرمانگی و به اشتراک‌گذاری اطلاعات هستیم. بنابراین در وهلهٔ اول با چالش مرتبط با محرمانگی، درک مشارکتی، تحلیل داده، مصورسازی مبتنی بر موقعیت جغرافیایی روبرو خواهیم بود. و پس از آن باید با چالش‌های مرتبط با شبکه‌های حسگر روبرو شویم که شامل معماری شبکه، کارایی مصرف انرژی، امنیت، پروتکل‌های ارتباطی و کیفیت خدمت می‌باشد.

۵-۱) معماری

اکثر کاربردهای اینترنت اشیاء با معماری شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیاده‌سازی شده‌اند و البته این شبکه‌ها در تحقق این کاربردها به شدت موفق بوده‌اند. یکی دیگر از معماری‌های اینترنت اشیاء، معماری مبتنی بر محاسبات ابری است که در زمانی که خدمات مبتنی بر هزینه مد نظر است، بسیار کارا هستند اما در برخی کاربردها از جمله کاربردهای دفاعی که وابسته به هوش انسان است، موفق نبوده‌اند. لذا این نکته را باید مد نظر داشته باشیم که برای هر یک از کاربردهای اینترنت اشیا، نیازمند تحقیق و استفاده از معماری مناسب هستیم.

۵-۲) درک محیط با مصرف بهینه انرژی

درک کارآمد داده‌ها از محیط به شدت بر روی ترافیک شبکه، ذخیره‌سازی داده‌ها و مصرف انرژی تأثیر دارد. جهت درک کارآمد محیط به یک زیرساخت جهت نمونه-گیری پیوسته و اتفاقی از محیط نیاز خواهیم داشت. بنابراین نیازمند طراحی یک چارچوب کلی خواهیم بود که به منظور جمع‌آوری و مدل‌سازی داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد. همچنین در زمینه ادراک محیط و انتقال اطلاعات به نحو احسن عمل کند. به عنوان مثال در یک محیط شهری جهت جمع‌آوری بدون وقفه میزان نویز محیط با استفاده از گره‌های بدون باتری، نیازمند استفاده از یک زیرساخت ثابت و قابلیت درک مشارکتی خواهیم بود.

۵-۳) شبکه‌های قابل برنامه‌ریزی مجدد و محرمانگی اطلاعات

امنیت در شبکه‌های ارتباطی یک موضوع حیاتی است. شبکه‌های ارتباطی به روش‌های گوناگون جهت دسترسی غیرمجاز به اطلاعات، از کار انداختن شبکه و مانند آن مورد حمله قرار می‌گیرند. سه مؤلفهٔ فیزیکی اینترنت اشیا (RFID, WSN و Cloud) بیشتر از همه در معرض حمله قرار دارند. با استفاده از روش‌هایی از جمله رمزگذاری[3] و کد کردن[4] می‌توان تا حدی جلوی دسترسی غیرمجاز به اطلاعات را گرفت. همچنین هر از چندگاه نیازمند نصب نسخه‌های جدید و یا به‌روز رسانی نسخه-های فعلیِ میان‌افزار گره‌های شبکه هستیم که به‌صورت بی‌سیم و از راه دور انجام می‌پذیرد. در نتیجه جهت برنامه‌ریزی مجدد گره‌ها نیز نیاز به یک پروتکل تصدیق هویت امن داریم. امنیت در محاسبات ابری نیز یک موضوع مهم است چرا که در این شبکه‌ها علاوه بر داده و ابزارها، اقتصاد اینترنت اشیا نیز مطرح است. یکی دیگر از موضوعات مهم در زمینهٔ محرمانگی اطلاعات، به خاطرسپاری دائمی است. از آنجا که داده‌ها ممکن است در راه‌های مثبت یا منفی استفاده شوند، نیازمند طراحی روشی به نام فراموشی دیجیتال هستیم تا از داده‌های شخصی کاربران محافظت به عمل آید.

۵-۴) کیفیت خدمات[5]

شبکه‌های ناهمگن امروزی، خدمات و کاربردهای گوناگونی را به کاربران خود ارائه می‌کنند که هر کدام از این خدمات و کاربردها نیازمندی‌های کیفی متفاوتی برای خود دارند. بنابراین جهت کنترل و مدیریت این شبکه‌ها به منظور پاسخگویی به کاربردهای موجود، نیازمند یک روش بهینه و کنترل شده کیفیت خدمات هستیم.

۵-۵) پروتکل‌های جدید

پروتکل‌های ارتباطی، ستون اصلی مسیر حرکت داده بین حسگرها و دنیای خارج هستند. جهت مصرف بهینه انرژی در اکثر سامانه‌ها نیاز به پروتکل‌های کنترل دسترسی به رسانه و پروتکل‌های مسیریابی احساس می‌شود. کار یک گره در شبکه ممکن است به دلایل مختلف متوقف شود. بنابراین شبکه باید قابلیت مسیریابی از طریق مسیرهای ارتباطی دیگر را داشته باشد. همچنین انرژی یکی از مهم‌ترین مباحثی است که در پروتکل‌های مسیریابی باید در نظر گرفته شود. در زمینهٔ اینترنت اشیا باید توجه کرد که فقط یک ستون اصلی رد و بدل کردن داده‌ها موجود است و تعداد گره‌های میانی نیز محدود می‌باشد. بنابراین الگوریتم‌های مسیریابی موجود باید با حداقل تغییرات به گونه‌ای پیاده سازی شوند که جواب‌گوی نیازمندی مذکور باشند.

۵-۶) درک مشارکتی

تا کنون پروژه‌های زیادی در جهت توسعه یک سکوی ادراکی مشارکتی (متمرکز بر ادراک افراد) شروع به کار کرده‌اند. درک مشارکتی باعث کاهش هزینه‌های درک محیط اطراف کاربر خواهد شد و همچنین پارامترهای محیطیِ تجربه شده توسط کاربران مختلف را نمایش می‌دهد. این امر باعث تولید داده‌های به موقع و در زمان نیاز در مقایسه با زیرساخت شبکه‌های حسگر ثابت می‌شود. همچنین امکان ارسال بازخورد توسط کاربران درباره تجارب پارامترهای محیطیِ به‌دست آمده در خصوص یک رخداد نیز فراهم می‌شود. از دست دادن داده‌های نمونه یک مشکل اساسی در درک مشارکتی است. تکیه بر تهیه داوطلبانه داده‌ها و جمع‌آوری نمونه‌های ناسازگار توسط کاربران، در زمان و مکان‌های متفاوت باعث محدود شدن امکان تهیه داده‌های معنی دار برای کاربردها و سیاست‌های تصمیم‌گیری می‌شود.

[3] Cryptography
[4] Encryption
[5] Quality of Service (QoS)

۵-۷) داده کاوی

بازیابی اطلاعاتِ مفید از محیط اطراف، چالشی بزرگ در تحقیقات هوش مصنوعی است. روش‌های نوین فعلی از یادگیری سطحی استفاده می‌کنند که در آن رخدادها و ناهنجاری داده‌ها استخراج می‌شود. مرحله بعد از یادگیری، شامل پی بردن به فعالیت‌های محلی از طریق داده‌های مرتبط با زمان رخدادهای استخراج شده است. هدف نهایی کشف رخدادهای پیچیده در مقیاس حجمی و زمانی بزرگ‌تر است. یک مشکل تحقیقاتی که در اینجا به وجود می‌آید این است که یاد بگیریم چگونه به صورت همزمان رخدادها و فعالیت‌ها را در سطوح مختلف پیچیدگی نمایش دهیم. در حال حاضر روش‌های یادگیری عمقی در حال ظهور هستند که هدفشان یادگیری در سطوح مختلف تجرید جهت تفسیر داده‌ها است. البته محدودیت منابع شبکه‌های حسگر بی‌سیم خود یک چالش در روش‌های مورد استفاده در یادگیری عمقی است.

۵-۸) مصورسازی مبتنی بر موقعیت

با ظهور فناوری‌های جدید نمایشی و عبور از صفحات نمایش قدیمی CRT به Plasma، LCD، LED و اکنون AMOLED، امکان نمایش مؤثر داده‌ها به همراه ارائه قابلیت گشت و گذار در داده‌ها به کاربر، بهتر از هر زمان دیگری فراهم شده است. یک چالش دیگرِ نمایش اطلاعات در اینترنت اشیا این است که داده‌ها مرتبط با مکان هستند و همچنین به‌صورت پراکنده در محیط پخش شده‌اند. بنابراین جهت رفع این مشکل، نیازمند تهیه یک چارچوب مبتنی بر موقعیت جغرافیائی اینترنتی خواهیم بود.

۵-۹) محسابات ابری

کاربردهای یکپارچه اینترنت اشیا و محاسبات ابری باید قابلیت ترکیب خدمات مورد نیاز ذینفعان و همچنین مقیاس‌پذیری جهت پشتیبانی تعداد زیادی کاربر را داشته باشند و باید در یک محیط شبکه باسیم یا بی‌سیم با وجود محدودیت‌های موجود به صورت قابل اعتماد کار کنند. خدمات ابری باید تقویت شوند تا هم توسعه سریع کاربردها با فراهم آوردن محیط و ابزارهای توسعه و هم اجرای کاربردهای گوناگون جهت به‌دست آوردن نیازمندی‌های کیفیتی، فراهم شود. سامانه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت منابع ابری باید به صورت پویا درخواست‌ها را اولویت‌بندی کنند و منابع مورد نیاز درخواست‌های حیاتی را سریع‌تر فراهم نمایند. کاربردهای ابری باید قابلیت-های زیر را داشته باشند:

- بهینه‌سازی اهداف چندگانه

الگوریتم‌های برنامه‌ریزی باید پارامترهای کیفیت خدمت (از جمله زمان پاسخ، هزینه استفاده از خدمت، حداکثر تعداد منابع موجود به ازای قیمت واحد و ...) را پشتیبانی کنند.

- تحمل نقص

وظایف حیاتی یک کاربرد باید در چند نسخه ایجاد و بر روی منابع مختلف اجرا شود. بنابراین در صورت شکست عملکرد یک وظیفه، یک نسخه دیگر از آن که موفقیت آمیز اجرا شده است می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این روش در سامانه‌های زمان حقیقی (Real-Time) که وظایف در آن‌ها باید در زمان مشخص شده به پایان برسد، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۶) نتیجه گیری

با گسترش روز افزون دستگاه‌های با قابلیت ارتباطی-عملکردی، به بینش اینترنت اشیا که در آن توابع ادراکی و عملکردی به‌صورت بدون مرز در محیط ادغام می‌شوند و امکان ایجاد قابلیت‌های جدید با دسترسی به منابع اطلاعاتی غنی، فراهم شده است، بسیار نزدیک خواهیم شد. تکامل نسل بعدی سیستم‌های سیار وابسته به خلاقیت کاربران در طراحی برنامه‌های کاربردی جدید است. اینترنت اشیا یک فناوری در حال رشد ایده‌آل جهت تأثیرگذاری بر این دامنه با فراهم کردن داده‌ها و منابع محاسباتی برای ایجاد برنامه‌های انقلابی است. امکان استفاده از اینترنت اشیا در کاربردهای مختلف از جمله مصارف شخصی و خانگی، مصارف سازمانی، خدمات، حمل و نقل و غیره وجود دارد. جهت به‌کارگیری مفید و مؤثر از اینترنت اشیا می‌توان از یک چارچوب مبتنی بر ابر استفاده کرد تا علاوه بر کاهش هزینه‌ها، قابلیت مقیاس پذیری نیز مهیا شود. چارچوب مبتنی بر ابر امکان انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل، ذخیره‌سازی و مصورسازی را به‌صورت جداگانه برای کاربران فراهم می‌کند. بنابراین

امکان گسترش هر بخش به‌صورت جداگانه و در نهایت، تکامل یکدیگر در یک محیط اشتراکی فراهم خواهد بود. البته در استفاده از حجم زیادِ اطلاعات در چنین چارچوبی باید مباحثی همچون محرمانگی، امنیت و مباحث مدیریت داده‌ها مورد بحث و بررسی قرار گیرد. با پیشرفت‌های حاصل شده در چند سال اخیر، پیش‌بینی می شود در ۵ تا ۱۰ سال آینده، اینترنت اشیا به مرحله‌ای که توسط عامّه مردم مورد پذیرش واقع شود، خواهد رسید.

منبع:

[1] Gubbi, J., et al., *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions.* Future Generation Computer Systems, 2013. **29**(7): p. 1645-1660.