اینترنت اشیاء روباتیک

علیرضا خلیلی تهرانی

مفهوم اینترنت اشیاء به سرعت در حال تکامل است و بر پیشرفت‌های جدید در حوزه‌های کاربردی مختلف مانند اینترنت اشیاء موبایل (IoMT)[1]، اینترنت خودمختار اشیاء (A-IoT)[2]، سیستم خودمختار اشیاء (ASoT)[3]، اینترنت اشیاء خودمختار (IoAT)[4]، ابرهای اینترنت اشیاء (IoT-C)[5]، اینترنت اشیاء روباتیک (IoRT)[6] و غیره که با استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء در حال پیشرفت و ارتقاء هستند، تأثیر می‌گذارد. نفوذ اینترنت اشیاء نمایانگر چالش‌های جدید توسعه و گسترش در حوزه‌های مختلف مانند یکپارچه-سازی بسترها، یکپارچه‌سازی شبکه شناختی مبتنی بر زمینه، پارادایم‌های جدید شبکه حسگر/عملگر موبایل، شناسایی اشیاء (آدرس-دهی و نام‌گذاری در IoT) و بسیاری موارد دیگر است.

هوش مصنوعی، روباتیک، یادگیری ماشین و تکنولوژی‌های گروهی[7] مرحله بعدی توسعه کاربردهای IoT را فراهم می‌کنند.

سیستم‌های روباتیک به طور سنتی، بُعد قابل برنامه‌ریزی را به ماشین‌های طراحی شده برای کارهای سنگین و دارای فرایندهای کاری تکراری، اضافه می‌کنند و از طرف دیگر مجموعه‌ای از تکنولوژی‌های مختلف را برای این هدف که ماشین‌های مذکور، محیط خود را حس کرده و بر اساس آن عمل کنند، فراهم می‌آورند، حال آنکه، یادگیری ماشین و هوش مصنوعی این ماشین‌ها را قادر می‌سازند تا به جای برنامه‌ریزی، بر اساس تصمیم‌گیری و الگوریتم‌های یادگیری، عمل کنند. هم‌افزایی این شاخه‌های علمی، توسعه سیستم‌های قابل برنامه‌ریزی خودمختار را از طریق ترکیب علوم روباتیک و یادگیری ماشین برای طراحی سیستم‌های روباتیک خودمختار، امکان‌پذیر می‌سازد.

یادگیری ماشین بخشی از حالت پیشرفته هوشمندی با بهره‌برداری از تشخیص الگو، الگوریتم‌های پارامتری و غیر پارامتری، شبکه‌های عصبی، تکنولوژی‌های گروهی و غیره، برای انجام وظایف به صورت خودمختار است. علاوه بر این، IoT صنعتی زیرمجموعه‌ای از IoT است که در آن، ادوات لبه، واحدهای پردازش و شبکه‌ها برای تولید داده به منظور بهبود فرایندها، با محیط خود تعامل می‌کنند. در چنین محیطی، توابع خودمختار و IoT، می‌توانند به طور واقع‌بینانه، تکنولوژی IoRT را مطرح کنند.

استفاده از روبات‌های ارتباط محور[8] با بهره‌گیری از مخابرات بی‌سیم و اتصال با حسگرها و سایر منابع شبکه، یک روند رو به رشد و همگرا در روباتیک بوده است. روبات‌های تحت شبکه به منظور به اشتراک گذاشتن داده‌ها بین چندین روبات و برقراری ارتباط با یکدیگر و انجام بسیاری از توابع محاسباتی توزیع شده و عملیات پیشرفته، نیاز به شبکه‌های بی‌سیم دارند. اتصال به شبکه نتایج

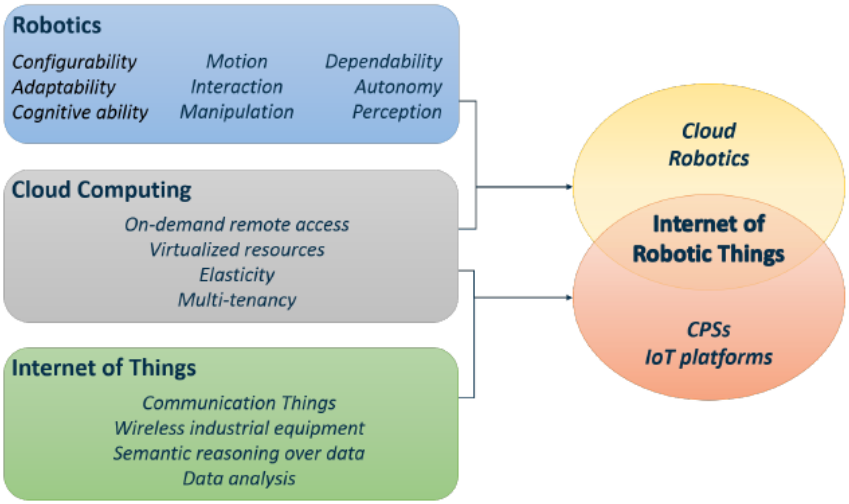
---

[1] Internet of Mobile Things
[2] Autonomous Internet of Things
[3] Autonomous System of Things
[4] Internet of Autonomous Things
[5] Internet of Things Clouds
[6] Internet of Robotic Things
[7] Swarm technologies
[8] Communication-centered robots

چشمگیری بر پایه به اشتراک گذاری داده‌ها بین روبات‌ها دارد که از جمله می‌توان به عملیات از راه دور[1] تعامل انسان و روبات (HRI)[2] و برنامه‌ریزی مجدد و تطبیق روبات‌ها به صورت بر خط بر روی شبکه، اشاره کرد.

سیستم‌های روباتیک ابری[3] به منظور غلبه بر محدودیت‌های روباتیک تحت شبکه از طریق فراهم کردن منابع الاستیک از زیرساخت ابری و همچنین بهره‌برداری از مخازن دانش به اشتراک گذاشته شده بر روی اینترنت با هدف توانمندسازی روبات‌ها برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات و یادگیری از یکدیگر، به وجود آمده‌اند. به این ترتیب، با استفاده از منابع و امکانات حاصل از سیستم‌های ابری، عملاً می‌توان روبات‌هایی با منابع محاسباتی و قابلیت‌های پردازشی محدودتر را با بهره‌برداری از دانش به اشتراک گذاشته شده و همچنین یادگیری تعاملی با استفاده از تکنیک‌های هوشمند یادگیری ماشین، برای عملیات پیشرفته‌تر و همچنین انعطاف‌پذیری بالاتر مورد استفاده قرار داد.

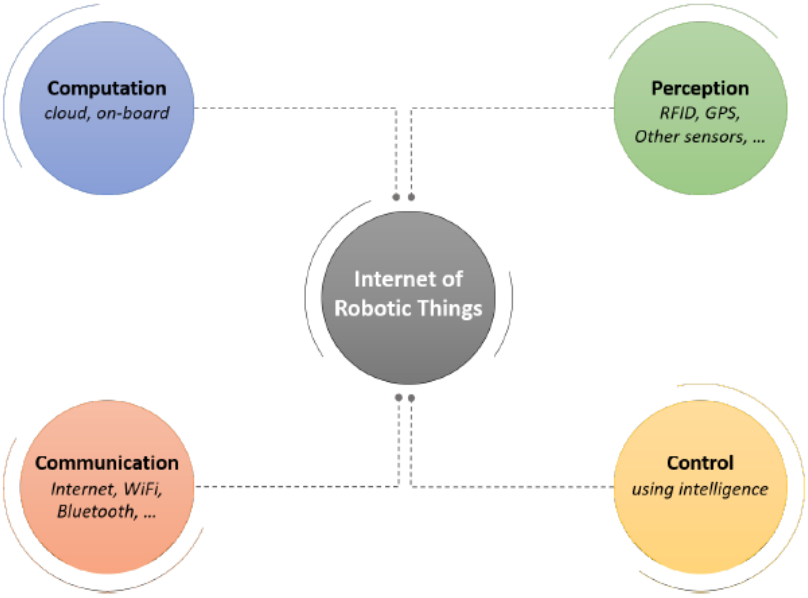
مفهوم IoRT، فراتر از روباتیک تحت شبکه و روباتیک ابری، تجهیزات هوشمند ناهمگن را در یک معماری توزیع شده از سکوهایی که هم در محیط ابر و هم در لبه کار می‌کنند، یکپارچه می‌سازد (شکل ۱).



شکل ۱- ادغام روباتیک، محاسبات ابری و اینترنت اشیاء و حصول اینترنت اشیاء روباتیک

به این ترتیب، اینترنت اشیاء روباتیک، تحولی عظیم در صنعت روباتیک و اینترنت اشیاء از طریق دستیابی به سیستم‌هایی با قابلیت تصمیم‌گیری خودمختار، ادراک و مهارت اجرای توابع کاری هم در محیط ابر و هم در لبه، ایجاد کرده است. شکل ۲ اجزاء اصلی اینترنت اشیاء روباتیک را نشان می‌دهد.

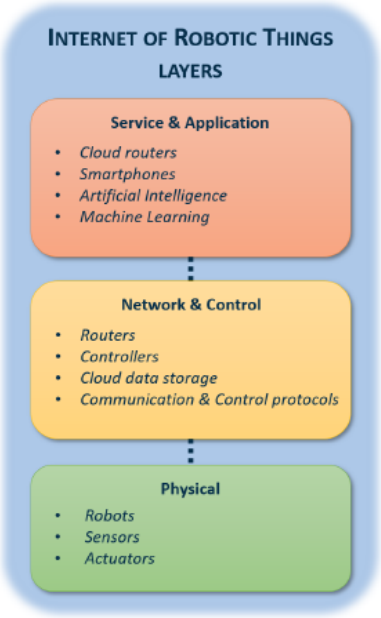
[1] teleoperation
[2] Human-robot interaction
[3] Cloud robotics



شکل ۲- اجزاء اصلی IoRT

بنابراین، در سیستم‌های IoRT، تکنولوژی‌های مدرن روباتیک با محاسبات ابری و شبکه‌های ارتباطی ادغام شده و با یکپارچه سازی سیستم‌های هوشمند و پروتکل‌های اینترنت اشیاء، تکنولوژی‌های جدید را توسعه می‌دهند. در نتیجه‌ی این یکپارچه سازی، تجهیزات هوشمند قادر خواهند بود وقایع را مانیتور کرده، داده‌های حسگرها را از منابع متعدد مختلف ادغام کرده و از هوشمندی محلی و توزیع شده برای تعیین بهترین اقدام استفاده نمایند.

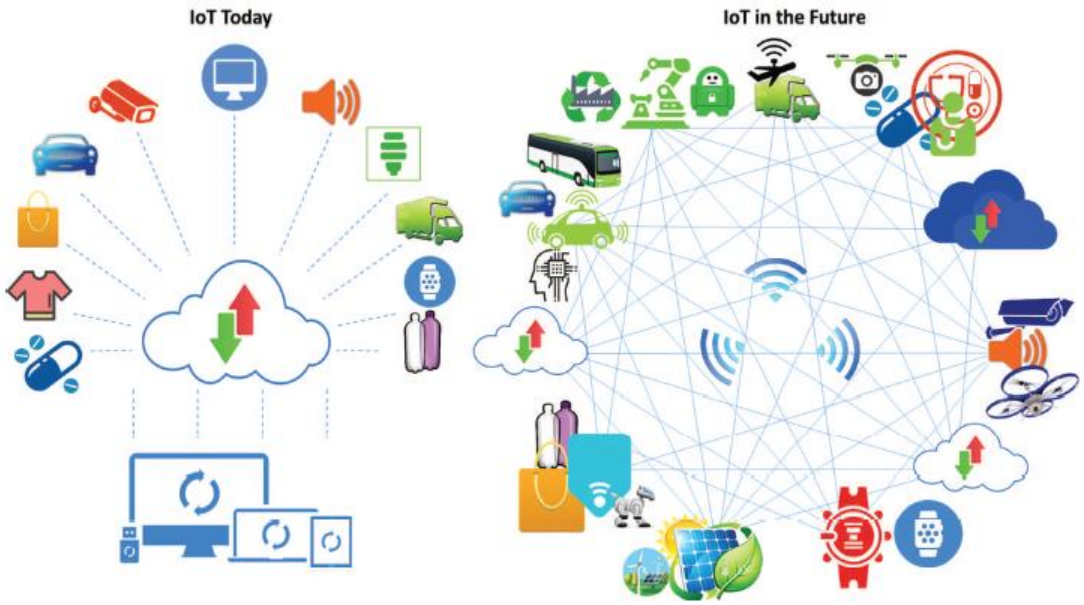
با توجه به توضیحات داده شده، سیستم IoRT را می توان سیستمی با معماری سه لایه در نظر گرفت (شکل ۳).



شکل ۳- معماری لایه‌ای سیستم اینترنت اشیاء روباتیک

لایه فیزیکی بیانگر پایین‌ترین سطح معماری IoRT است که شامل روبات‌ها، حسگرها و عملگرها است. لایه دوم شامل کنترلگرها، مسیریاب‌ها، سرورها و پروتکل‌های مختلف ارتباطی و کنترلی است. بالاخره، لایه سرویس و کاربرد، بالاترین سطح معماری IoRT را تشکیل می‌دهد که شامل پیاده‌سازی برنامه‌هایی به منظور کنترل، پردازش و تحلیل پارامترها و عملکرد روبات‌ها، حسگرها و عملگرها است.

به بیان دیگر، سیستم اینترنت اشیاء روباتیک، با عبور از سیستم مبتنی بر محاسبات ابری متمرکز در اینترنت اشیاء سنتی، به سمت سکوهای توزیع شده در لبه و بهره‌گیری توزیع شده از سیستم‌های ابری، حرکت می‌کند. (شکل ۴)



شکل ۴- از سیستم ابری مرکزی تا سکوهای توزیع شده در لبه