هشتمین کنفرانس بین المللی فناوری اطلاعات و دانش
The Eighth International Conference on Information and Knowledge Technology
IKT 2016

اینترنت اشیا (IoT): کاربردها، فناوری‌ها و چالش‌های مورد بحث

حمیدرضا یزدان پناه[۱]، محمدرضا حسنی آهنگر[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد شبکه های کامپیوتری-دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده وپژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات

hryazdanpanah@ihu.ac.ir

[۲]دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده وپژوهشکده فناوری اطلاعات و ارتباطات

mrhasani@ihu.ac.ir

چکیده

اینترنت اشیا اصطلاحی است برای توصیف دنیایی که درآن اشیا قادر خواهند بود با اتصال به اینترنت یا به کمک ابزارهای ارتباطی، با سایر اشیا تعامل داشته باشند و اطلاعات خود را با هم و یا با انسان ها به اشتراک بگذارند و کلاس جدیدی از قابلیت ها، برنامه های کاربردی و سرویس‌ها را ارائه دهند. دنیایی که درآن تمامی اشیا و دستگاه‌های نامتجانس قابلیت آدرس‌دهی و در نتیجه قابلیت کنترل‌پذیری دارند. اینترنت اشیا، نوآوری آینده در زمینه تکنولوژی‌های بی‌سیم محسوب می‌شود و در بسیاری از زمینه‌ها و حوزه‌ها دارای کاربرد است. در این مقاله ابتدا این ایده را از دیدگاه‌های مختلف بررسی کرده و سپس کاربردهای آن را در زمینه‌ها و حوزه‌های گوناگون معرفی می‌کنیم. همچنین در ادامه به بررسی جدیدترین فناوری‌های ارائه شده برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا و مهم‌ترین چالش‌های مورد بحث که این پدیده با آن روبروست می‌پردازیم .

واژه‌های کلیدی : اینترنت اشیاء، محیط‌های هوشمند، اشیاء هوشمند، اشیاء نامتجانس،IoT، IP_{v6}

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر پیشرفت ها در زمینه فناوری اطلاعات باعث سرعت بخشیدن به توسعه جهان مجازی شده است. اینترنت اشیا روز به روز درحال پیشرفت می باشد و لحظه به لحظه نقش آن در زندگی ما پررنگ تر می شود. امروزه اکثر گره های پایانی در اینترنت را افرادی تشکیل می دهند که ازگوشی های هوشمند، تبلت ها، لپ تاپ ها و کامپیوتر ها استفاده میکنند اما طولی نمی کشد که اشیا این تعادل را برهم زده وتعداد اشیا متصل به اینترنت بر تعداد افراد متصل به اینترنت پیشی می‌گیرد. پیش بینی های موسسه تحقیقاتی گارتنر نشان می دهد تا سال ۲۰۲۰حدود ۲۶ میلیارد دستگاه مختلف در سراسر جهان به شبکه اینترنت متصل می شود[1,2]. همچنین شرکت سیسکو پیش بینی کرده که فناوری اینترنت اشیا تا سال ۲۰۲۰ حدود ۵۰ میلیارد وسیله را با آدرس های IP مشخص به اینترنت متصل می کند. این یعنی به طور میانگین به ازای هر شخص حدود ۶,۵ دستگاه به اینترنت متصل می شود. . اینترنت اشیا از نسخه ۶ پروتکل اینترنت (IP_{v6}) استفاده می کند که مزایای متعددی را نسبت به پروتکل اینترنت نسخه ۴ فراهم می کند[3]. IP_{v6} دارای فضای آدرسی شامل ۱۲۸ بیت در مقایسه با IP_{v4} با فضای آدرسی ۳۲ بیتی است. همچنین مسیریابی موثرتر،کاهش نیازهای مدیریتی، پشتیبانی موثرتر از قابلیت تحرک و امنیت بیشتر با استفاده از پیاده سازی مکانیزم های رمز نگاری و تشخیص هویت به وسیله IPsec از دیگر مزایای IP_{v6} است. اصطلاح اینترنت اشیا، برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹توسط کوین اشتون درانستیتو تکنولوژی ماساچوست(MIT) مورد استفاده قرار گرفت. یکی از اصلی ترین فاکتورهای این الگوی امید بخش یکپارچگی فناوری های مختلف است. همچنین بستر اینترنت اشیا بر امواج رادیویی بی سیمی قرار داده شده است که به اشیا، ماشین ها و دستگاه های مختلف این امکان را می دهد که از راه دور و با استفاده از اینترنت به عنوان یک پلتفرم جهانی با یکدیگر به برقراری ارتباط پرداخته و هماهنگ باشند[4]. مسلما قدرت اصلی ایده اینترنت اشیا تاثیر زیادی است که بر جنبه های مختلف زندگی روزمره افراد خواهد داشت. از نقطه

نظر کاربران، آشکارترین تاثیر اینترنت اشیا در زمینه های هوشمندسازی، اسایش و رفاه، سلامت و کسب وکار مشهود خواهد بود. در این مقاله ابتدا این ایده را از دیدگاه های مختلف به طور کامل بررسی کرده و سپس کاربردهای آن را در زمینه ها و حوزه های گوناگون معرفی می کنیم. همچنین در ادامه به بررسی جدیدترین فناوری های ارائه شده برای پیاده سازی اینترنت اشیا و مهم‌ترین چالش‌های مورد بحث که این پدیده با آن روبروست می‌پردازیم .

۲- یک الگو، چند دیدگاه

اینترنت اشیا از دو واژه تشکیل شده است، ابتدا اینترنت که نشان از مبتنی بر IP بودن آن است و سپس اشیا که نشان‌دهنده اشیا و دستگاه‌های نامتجانس است که می‌خواهند به هم متصل شده و به تبادل داده بپردازند. مفاهیم مختلفی از اینترنت اشیا(IoT) ارائه شده است که ارائه این مفاهیم نشانگر اهمیت پیامدهای IoT و تحقیق حول این موضوع است. موارد زیر سه چشم‌انداز اصلی اینترنت اشیا هستند که در پژوهش‌ها بیشترین تمرکز بر روی آن‌ها بوده است:

۲-۱- چشم‌انداز شی گرا (Things oriented vision) :

اینترنت اشیا با توسعه فناوری برچسب هوشمند(RFID) آغاز شد که متشکل از یک یا چند دستگاه قرائت کننده(Reader) و چندین تگ RFID بود ولی تنها به آن محدود نشد. فناوری‌های فراوان دیگری در اینترنت اشیا درگیر هستند که این فناوری‌ها عبارت‌اند از: حسگرها، فناوری‌هایی مثل Bluetooth، Zigbee، Wifi، NFC، Infrared، 6LoWPAN، Z-Wave و شبکه‌های موبایلی. اینترنت اشیا همانند اینترنت که روابط اجتماعی بین انسان‌ها را تا حدود زیادی به سمت دنیای مجازی انتقال داد، این پتانسیل را دارد که ابعاد جدیدی را در روابط بین اشیا هوشمند به وجود آورد.

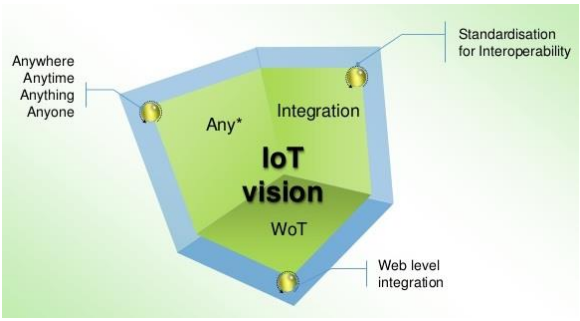
۲-۲- چشم‌انداز اینترنت گرا (Internet oriented vision) :

تمرکز چشم‌انداز اینترنت گرا بر روی IP برای اشیا هوشمند است و پیشنهاد می‌کند از پروتکل‌های اینترنت برای حمایت از اتصال اشیا هوشمند در سراسر جهان استفاده شود. توسعه IP_{v6} به‌عنوان یک راه‌حل که به دلیل فضای بسیار گسترده آن برای آدرس‌دهی تمامی اشیا قابلیت دریافت شناسه اختصاصی را خواهند داشت، مطرح شده است.

تمرکز دیگر این دیدگاه توسعه وبی از اشیا است که در آن استانداردهای وب و پروتکل‌ها برای اتصال دستگاه‌های تعبیه شده که بر روی اشیا روزمره نصب شده‌اند به کار گرفته می‌شوند.

۲-۳- چشم‌انداز معناگرا(Semantic oriented vision) :

یکی از چالش‌های قابل توجه که در اینترنت اشیا به وجود خواهد آمد، وجود یک شبکه با تعداد بسیار زیادی وسایل است که از استانداردهای گوناگونی پیروی کرده و قصد تعامل با یکدیگر را دارند. به طور خاص‌تر می‌توان قابلیت‌های محاسباتی و ارتباطی بسیار مبتدی دستگاه‌ها را علت این سطح از عدم تجانس دانست. بنابراین نیازمند استانداردی برای ایجاد امکان به هم پیوستن اجزای ناهمگون به یکدیگر و اطمینان از قابلیت همکاری آن‌ها تحت این استاندارد هستیم[5].



شکل ۱- چشم‌اندازهای مختلف در اینترنت اشیا[5]

حال بهتر می‌توان دیدگاه اتحادیه بین‌المللی مخابرات(ITU) که از اعضای IoT است را درک کرد، که بر طبق آن امکان برقراری ارتباط در هر زمان، در هر مکان و برای هر چیز برقرار خواهد شد.

۳- کاربردهای اینترنت اشیا

خدمات قابل ارائه اینترنت اشیا باعث افزایش کاربردهای آن شده است. به‌طوری که ممکن است علاوه بر بالا بردن کیفیت زندگی، سبک زندگی را نیز عوض کند. در این بخش به بررسی مهم‌ترین کاربردهای اینترنت اشیا در زمینه‌های مختلف می‌پردازیم.

۳-۱- خانه هوشمند

فرض کنید در سفری یک ماهه به همراه خانواده در یکی از کشورهای اروپایی به سر می‌برید. قابلیت کنترل از راه دور درهای خانه، روشن و خاموش کردن لامپ‌ها، باز و بسته کردن پرده‌های خانه، تنظیم درجه سرمای یخچال، اطلاع از وضعیت ماهی‌های آکواریوم و کنترل از راه دور سایر لوازم‌خانگی برای جلوگیری از حوادث و صرفه‌جویی در انرژی از

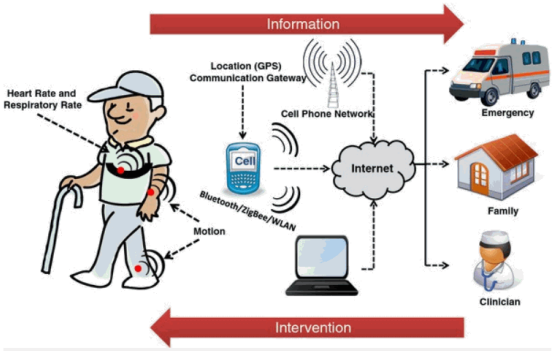
کاربردهای خانگی اینترنت اشیا است. همچنین در روشی دیگر سیستم روشنایی و نیز سیستم سرمایشی/گرمایشی یک خانه بر اساس اطلاعات دریافتی از حسگرهای نصب‌شده، تنها در اتاق‌هایی که ساکنین حضور دارند فعال خواهد شد و این به معنای مصرف بهینه‌تر انرژی است[6].

۳-۲- شهر هوشمند

در آینده اینترنت اشیا همه چیز را از خیابان‌ها تا چراغ قرمزها در بر خواهد گرفت. این شهرهای هوشمند از طریق ارتباطات بی‌سیم قادرند تا ضمن سرویس‌دهی مناسب به شهروندان، هزینه‌های جانبی را به طرز محسوسی کاهش دهند؛ به عبارت دقیق‌تر شهرهای هوشمند اشاره به جایگذاری پیشرفته فناوری و مجموعه‌ای از داده‌ها در زیرساخت‌هایی دارند که همگی این زیرساخت‌ها در تعامل با اینترنت اشیا قرار خواهند داشت. امروزه خودروهایی که به اینترنت وصل می‌شوند فقط شروع قابلیت‌های اینترنت اشیا هستند. شرکت AT&T همراه با تولیدکنندگان خودرو مانند جنرال موتور و BMW در حال اضافه کردن سیستم جدید قابلیت اتصال خودرو به اینترنت هستند که بتواند اطلاعات ترافیکی در همان لحظه را ارسال و از این اطلاعات برای تجزیه و تحلیل وضعیت ترافیکی استفاده کنند. خرید نهایی سرویس نقشه نوکیا(HERE) توسط خودروسازان آلمانی نیز گامی دیگر در این راستا بوده. نقشه HERE، جهان را به‌صورت مستقیم و راههای ارتباطی را ثانیه به ثانیه نشان می‌دهد.درنتیجه مردم می‌توانند در کوتاه‌ترین زمان ممکن، ضمن ایجاد آلودگی محیطی کمتر، رانندگی امن‌تر و لذت‌بخش‌تری را تجربه کنند.

۳-۳- حوزه بهداشت و سلامت

یکی دیگر از کاربردهای اینترنت اشیا به‌منظور مراقبت از افراد ایجاد گردیده که امکان نظارت بر افراد بیمار و سالمند را در خانه برای پزشکان و پرستاران فراهم می‌آورد. درنتیجه این امر، هزینه‌های مربوط به بیمارستان با مداخله زودهنگام و درمان سریع، کاهش چشمگیری خواهد داشت که در اصطلاح جدید به آن سلامتی بر مبنای اینترنت اشیا (Health IoT) می‌گویند.



شکل ۲- مراقبت از راه دور در اینترنت اشیا

۳-۴- حوزه نظامی

باوجود چالش‌های مربوط به پذیرش اینترنت اشیا در حوزه نظامی، پتانسیل بالایی برای روزآمدسازی جنگ‌افزارها، استفاده از داده‌ها و خودکارسازی جهت حفظ جان سربازان و از طرف دیگر کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی وجود دارد. شناسایی، کنترل و نظارت نیروها و جنگ‌افزارها از مهم‌ترین کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه نظامی است.

۳-۵- کسب‌وکار

استفاده از اینترنت اشیا در حوزه تجارت(الکترونیک) می‌تواند تأثیرات مهم و مثبتی را در افزایش سوددهی و همین‌طور راه‌اندازی کسب‌وکارهای جدید و نو داشته باشد. ابعادی مانند پرداخت، حمل‌ونقل و لجستیک، عملیات مالی و کنترل انبار. درواقع اینترنت اشیا قسمت زیادی از فعالیت‌های سنتی و دستی را می‌تواند به‌صورت الکترونیکی عهده‌دار شده و انجام دهد. این تکنولوژی در تجارت الکترونیک می‌تواند هم تأثیرگذار بر روی فعالیت‌های فروشنده باشد هم بر روی تولیدکننده و هم بر فعالیت‌های مصرف‌کننده تأثیر بگذارد .استفاده از تکنولوژی‌های تشخیص موقعیت و داده مانندRFID ، GPS، WiFi، و بلوتوث‌های کم‌مصرف می‌تواند کمک زیادی را در حوزه تجارت الکترونیک و مواردی مانند زنجیره تأمین، حمل‌ونقل و انبارداری داشته باشد. مثلاً در کارخانه مواد غذایی پیاده‌سازی این تکنولوژی برای مدیریت انبار و ورودی و خروجی‌های انبار، وضعیت کالاها، مدیریت تاریخ تولید و کنترل تاریخ انقضاء کالاها می‌تواند کمک‌های زیادی را به تولیدکننده انجام دهد. همین‌طور برای بعد از عرضه نیز می‌تواند تولیدکننده اطلاعات کالا را ردیابی و به‌صورت ناشناس جمع‌آوری کرده و از آن در جهت‌گیری و تصمیم‌گیری‌های بازاریابی و فروش استفاده کند.

۳-۶- کشاورزی هوشمند

یکی دیگر از کاربردهای معرفی‌شده تحت تأثیر اینترنت اشیا، کشاورزی هوشمند(مزرعه هوشمند) است. با استفاده از حسگرهای گوناگون و همچنین پهبادهای مجهز به حسگرهای مختلف این مزرعه هوشمند می‌تواند اطلاعاتی مانند دمای هوا یا دمای محصولات، میزان رطوبت هوا و خاک و میزان نور و تشعشات آفتاب را بسنجد و رسد کند. در سطح پیشرفته‌تر این حسگرها می‌توانند میزان PH یا اسیدی و قلیایی بودن خاک و میزان رطوبت روی برگ‌های محصول را بسنجد و گزارش دهد. کشاورزان با استفاده از فناوری‌های این مزرعه هوشمند می‌توانند تصمیمات بسیار دقیقی درباره محصولات خود بگیرند و درنتیجه محصولات بیشتر و باکیفیت‌تری به دست آورند.

۴- فناوری‌های نوظهور در اینترنت اشیا

در اینترنت اشیا برای ارتباط و تعامل اشیا با یکدیگر و با شبکه اینترنت فناوری‌های متفاوتی وجود دارد که در اینجا جدیدترین فناوری‌های ارائه‌شده برای پیاده‌سازی آن را معرفی می‌کنیم.

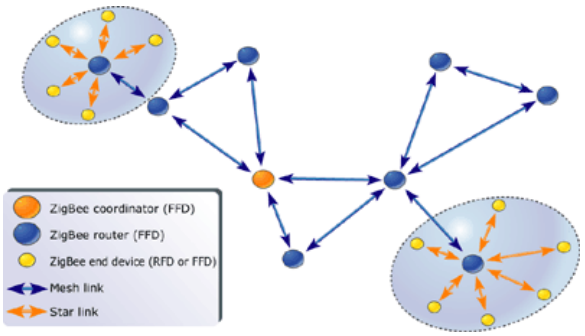
۴-۱- زیگ بی (zigbee)

فناوری زیگ بی جزء فناوری‌های نوظهوری است که در سال‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است. نام زیگ بی از الگوی غیر ترتیبی زیگزاگی که زنبورها حین گرده‌افشانی دنبال می‌کنند، گرفته شده است. زیگ بی یک پروتکل مبتنی بر استاندارد IEEE802.15.4 برای کنترل و نظارت بر اهداف و سیستم‌هایی است که به نرخ بالای ارسال داده نیاز نداشته ولی هزینه پایین و جریان مصرفی کم از ملزومات آن‌ها به شمار می‌آید. در این فناوری نودها می‌توانند تا زمانی که بی‌استفاده هستند در حالت sleep قرار بگیرند. زیگ بی به‌منظور تعریف یک تکنولوژی ساده‌تر، ارزان‌تر و مؤثرتر از بلوتوث در مصرف انرژی و طول عمر، برای شبکه‌های شخصی بیسیم به وجود آمده است. به کمک این فناوری می‌توان بیش از ۶۴۰۰۰ دستگاه را به‌صورت بیسیم از طریق شبکه به هم متصل نمود. Zigbee Alliance اتحادیه شرکت‌هایی است که گردهم آمده‌اند تا استاندارد ارتباطی بی‌سیم ارزان زیگ بی را توسعه و حمایت کنند تا شرکت‌ها قادر به تولید محصولات سازگار با آن باشند. پشته پروتکل زیگ بی شامل چهار لایه است: لایه فیزیکی(PHY)، لایه کنترل دسترسی رسانه (MAC) ، لایه شبکه (NWK) و لایه کاربرد(APL). از نقطه‌نظر عملکرد، لایه فیزیکی فراهم‌کننده ارتباطات رادیویی و لایه کنترل دسترسی میانی(MAC) فراهم آورنده انتقال تک گام مطمئن است. لایه شبکه توپولوژی‌های پیچیده‌تر و مسیریابی را معین می‌کند و لایه کاربرد مشخص‌کننده توابع مدیریتی شبکه و دستگاه‌ها و همچنین قالب پیام را مشخص می‌کند. بسیاری از دستگاه‌هایی که تحت فناوری زیگ بی عمل می‌نمایند، نیازمند نرخ داده ارتباطی پایینی می‌باشند. نمونه بارز این موضوع، بحث روشنایی می‌باشد که با در نظر گرفتن یک بیت صفر یا یک برای روشن یا خاموش نمودن آن بکار می‌رود. درنتیجه با توجه به کم‌مصرف بودن این فناوری باتری می‌تواند بالغ بر ۱۰ سال کار کند. هزینه پایین، توان کم، نرخ انتقال پایین، انعطاف‌پذیری و قابلیت توسعه آسان و ارزان از مواردی است که زیگ بی برای آن توسعه داده‌شده است. اجزای اصلی که یک شبکه زیگ بی را در یک محدوده خصوصی تشکیل می دهند شامل:

الف. هماهنگ‌کننده زیگ بی: این نود نقش اصلی را در شبکه زیگ بی داشته و مسئولیت‌های مهم از قبیل آغاز کار شبکه واختصاص آدرس به دستگاه‌ها بر عهده آن است. در هر شبکه زیگ بی تنها یک هماهنگ‌کننده موجود است، که تمامی دانش مربوط به شبکه را نگهداری می‌کند و بیشترین قدرت محاسباتی و حافظه را نیاز دارد.

ب. مسیریاب زیگ بی: مسیریاب علاوه بر مسیریابی می‌تواند به‌عنوان مسیر واسطی جهت انتقال اطلاعات بین وسایل استفاده شود.

ج. دستگاه انتهایی زیگ بی: این نوع نود به‌عنوان گره برگ در شبکه در نظر گرفته می‌شود و می‌تواند تا زمان زیادی غیرفعال بماند و درنتیجه توان کمی مصرف کند[7].



شکل ۳- مدل شبکه زیگ بی

۴-۲- فناوری برچسب هوشمند(RFID)

فناوری برچسب هوشمند یا RFID بیانگر سیستم‌هایی است که از امواج رادیویی برای انتقال اطلاعات مربوط به هویت یک شیء استفاده می‌کنند. این تگ‌ها نوع پیشرفته‌تری از بارکدها هستند چراکه هم قابلیت خواندن

و هم قابلیت نوشتن دارند، داده‌هایی که روی تگ‌های RFID ذخیره می‌شوند را می‌توان تغییر داد، به‌روزرسانی کرد و یا حتی قفل کرد. این فناوری موفق شده است تا قابلیت و کارایی خود را به‌عنوان یک ابزار مقرون به‌صرفه در بهبود عملکرد و کاهش زمان و هزینه‌های نیروی انسانی و منابع در بسیاری از موارد ثابت نماید. در یک سناریوی کلی وقتی‌که قسمت‌های تولیدی به پردازش می‌رسند، به‌وسیله دستگاه برچسب خوان (Reader) یک رویداد مانند خواندن شماره RFID و ذخیره آن رخ می‌دهد، که اطلاعات مهمی را در اختیار ما قرار می‌دهد. ماشین/ ربات به‌وسیله این رویداد مطلع می‌شود و قسمت تولیدی را برمی‌دارد[9].

NFC -۳-۴

به‌عنوان یکی از پرکاربردترین زیرمجموعه‌های RFID محسوب می‌شود. NFC یا ارتباطات میدان نزدیک عبارت است از قابلیت ارتباطی جدید که می‌توان برای اتصال امن بین دو دستگاهی که در فاصله‌ی کمی از یکدیگر قرار دارند استفاده کرد. علاوه بر مجاورت دو گجت لازم است تا هردوی آن‌ها از سخت‌افزار مخصوصی بهره ببرند. در حقیقت NFC نسخه جدیدتری از RFID است که برد ارتباطی آن به ۴ اینچ محدود شده است. این موضوع NFC را برای کاربردهای حساس مانند موارد استفاده از کارت اعتباری(مثل پرداخت‌های الکترونیک با استفاده از گوگل والت) و یا ورود به محل‌های امنیتی بسیار کارآمد می‌کند. دستگاه‌هایی که از فناوری NFC پشتیبانی می‌کنند به‌آسانی این امکان را به کاربر می‌دهند که اطلاعات مورد نظر را با یک لمس یا نزدیک کردن دستگاه خود به دستگاه دیگر ارسال یا مبادله کنند.

۴-۴- شبکه‌های موبایلی (5G)

توسعه‌ی 5G، نسل پنجم شبکه‌های مخابراتی موبایل با شتاب بالایی در حال انجام است. علی‌رغم اینکه هنوز برخی از کشورها شبکه‌ی ارتباطی خود را به 4G ارتقا نداده‌اند، اما نسل پنجم درحال‌توسعه است و دانشمندان با هیجان بالایی در مورد آن صحبت می‌کنند. استفاده از پهنای باند بالا، نرخ انتقال داده‌ی زیاد و تسهیل در ارتباطات مبتنی بر اینترنت همچون مکالمات ویدئویی، تنها گوشه‌ای از قابلیت‌هایی است که با پیاده‌سازی شبکه‌های 5G در اختیار کاربران قرار خواهد گرفت. یکی از مواردی که نیاز به پهنای باند بالا را افزایش می‌دهد، مفهوم اینترنت اشیا است. برای مقابله با حجم رو به افزایش دستگاه‌های متصل به شبکه که بخشی از اینترنت اشیا محسوب می‌شود، به سطح جدیدی از اتصالات بی‌سیم به اینترنت نیاز داریم. نگاهی به سال ۲۰۲۰، ما را امیدوار می‌کند که اجرای پروژه‌هایی نظیر شهر هوشمند، خانه هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند و نظیر آن‌ها تنها با استفاده از شبکه‌های 5G میسر خواهد شد. یکی دیگر از قابلیت‌های کلیدی شبکه‌ی 5G ، پایداری این شبکه است. محققان پایداری شبکه‌های 5G را به‌اندازه‌ای بالا عنوان می‌کنند که می‌توان حتی این شبکه‌ها را ازنظر پایداری بهتر از شبکه‌ی اینترنت فیبر نوری دانست. بر اساس اطلاعات ارائه‌شده توسط اریکسون، تأخیر در شبکه‌ی 5G یک میلی‌ثانیه است. این قابلیت یکی از ارکان اصلی به‌کارگیری این فناوری در زمینه‌هایی است که پایداری اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. از جمله‌ی این حوزه‌ها می‌توان به استفاده از شبکه‌های 5G در ارتباط خودروهای هوشمند بدون راننده و همچنین انجام انواع اعمال جراحی به‌صورت ریموت اشاره کرد.

۵-۴- بلوتوث کم انرژی (Bluetooth BLE)

Bluetooth یک فناوری بی‌سیم برای ارتباط کوتاه برد است که مبتنی بر استاندارد IEEE 802.15.1 می‌باشد. بلوتوث کم انرژی (BLE) تبدیل به یک بلوک ساختمانی کلیدی برای اینترنت اشیاء (IoT) شده است. سازندگان تراشه در تلاش‌اند تا با استفاده از فن‌آوری، منجر به کاهش مصرف برق دستگاه شوند و به توسعه‌دهندگان برای اجراسازی آن کمک کنند. نسخه ۴,۲ این فناوری در سال ۲۰۱۴ معرفی شد و در آن برخی ویژگی‌های اساسی برای اینترنت اشیاء اضافه‌شده است. شاید مهم‌ترین مورد، پشتیبانی از IP_{v6} برای آدرس‌دهی محصولات در شبکه بسیار عظیم اینترنت اشیا باشد. سرعت و امنیت بلوتوث ۴,۲ نسبت به نسخه‌های قبلی بهینه‌شده و درعین‌حال توان مصرفی کمتر است. این ویژگی‌ها بلوتوث کم انرژی(BLE) را به رقیبی جدی در برابر فناوری زیگبی تبدیل کرده است. یکی از ویژگی‌های اساسی استاندارد بلوتوث این است که نسخه جدید، با نسخه‌های قبلی سازگاری دارند. بلوتوث برخلاف فرستنده مادون‌قرمز و گیرنده آن‌که می‌بایست در مقابل هم قرار بگیرند تا ارسال اطلاعات صورت گیرد، می‌تواند در صورت وجود داشتن مانعی در بین راه، انتقال اطلاعات را به‌درستی انجام دهد.

WiFi HaLow(802.11ah) -۶-۴

Wi-Fi یک فناوری پرطرفدار شبکه‌های بی‌سیم است که با استفاده از امواج رادیویی امکان اتصال پرسرعت به اینترنت یا شبکه را فراهم می‌سازد. امروزه بیش از ۶,۸ میلیارد دستگاه وجود دارد که از طریق فناوری WiFi مورداستفاده قرار می‌گیرند و تعداد دستگاه‌هایی که از طریق دسترسی بی‌سیم به اینترنت نیاز دارند، به‌صورت نمایی در حال رشد است. اتحادیه WiFi اخیراً استاندارد IEEE 802.11ah را معرفی کرده که مشخصاً برای دستگاه‌های IoT توسعه داده‌شده است و می‌تواند رقیبی جدی برای Bluetooth کم انرژی و سایر فناوری‌ها باشد. این فناوری رسماً WiFi HaLow نامیده شده است. استاندارد 802.11ah در باند فرکانسی 900 MHz کار می‌کند که به کاهش مصرف انرژی، افزایش برد انتقال، بهبود انتشار، انتقال و نفوذ بهتر در موانعی همچون دیوار و کف اتاق کمک می‌کند. همچنین انتظار می‌رود شعاع عملیاتی در این استاندارد نسبت به

WiFi امروزی دو برابر شده و به یک کیلومتر افزایش پیدا کند. نرخ داده حقیقی در استاندارد 802.11ah گذردهی حداقلی 100Kb/s را فراهم می‌کند. فناوری WiFi HaLow طراحی‌شده تا دستگاه‌ها قادر باشند در فواصل بیشتری با یکدیگر در ارتباط بوده و همچنین مصرف انرژی کمتری داشته باشند. این فناوری برخلاف برخی از فناوری‌های رادیویی کوتاه برد، می‌تواند اتصالی مبتنی بر IP فراهم کرده و دستگاه‌ها را به‌صورت مستقیم به اینترنت متصل کند. بیشتر دستگاه‌هایی که WiFi 802.11 ah را پشتیبانی می‌کنند، قادرند در باند فرکانسی 2.4GHz و 5GHz کار کنند و در صورت نیاز نرخ انتقال بیشتری در ارسال و دریافت داده داشته باشند.

۴-۷- 6LoWPAN

6LoWPAN (*IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks*) جدیدترین رقیب برای فناوری زیگ بی است. این فناوری به کوچک‌ترین دستگاه‌ها باقابلیت پردازشی محدود اجازه می‌دهد اطلاعات را به‌صورت بی‌سیم با استفاده از پروتکل اینترنت(IP) انتقال دهند و بدین‌صورت در اینترنت اشیا مشارکت داشته باشند. یکی از مزیت‌های مهم 6LoWPAN این است که به‌طور ذاتی قابلیت اتصال به اینترنت را دارد و این کار نیاز به gateway (دروازه) ترجمه پروتکل ندارد بلکه شبکه‌های WHANمبتنی بر 6LoWPAN توسط یک مسیریاب IP به اینترنت متصل می‌شوند. 6LoWPAN همانند zigbee برای کاربردهایی استفاده می‌شود که به نرخ پایین ارسال داده و طول عمر بلند باتری نیاز داشته باشند اما انتقال داده در 6LoWPAN برخلاف zigbee سریع انجام می‌گیرد.

۴-۸- Z-Wave

Z-Wave یک پروتکل ارتباطی بی‌سیم است که توسطZensys طراحی‌شده است و توسط ائتلاف Z-Wave برای اتوماسیون در محیط‌های مسکونی و تجاری کم تراکم ترویج شده است. هدف اصلی Z-Waveارائه یک انتقال مطمئن از پیام‌های کوتاه از یک واحد کنترل به یک یا چند گره دیگر در شبکه است. Z-Wave دارای معماری پنج لایه‌ای است که عبارت‌اند از: لایه فیزیکی، لایهMAC ، لایه انتقال، لایه مسیریابی و لایه کاربرد. لایه MAC مربوط به این فناوری، مکانیسمی را تعریف می‌کند که امکان ارسال فریم را در زمان در دسترس بودن کانال فراهم می‌کند. در صورتی که کانال در دسترس نباشد، انتقال به زمانی دیگر موکول می‌شود و این زمان به‌صورت تصادفی است. لایه انتقال ارتباط بین دو گره متوالی را مدیریت می‌کند و این لایه یک مکانیسم انتخابی برای انتقال مجدد را بر اساس تصدیق (ACK)فراهم می‌کند.

Z-Wave دو نوع از تجهیزات را تعریف می‌کند: کنترل‌کننده‌ها) (controllersو پیروها(slaves). کنترل‌کننده‌ها دستورات را صادر و به پیروها ارسال می‌کنند و تجهیزات پیرو دستورات را اجرامی کنند. لایه مسیریابی Z-Wave عمل مسیریابی را بر اساس رویکرد مسیریابی از منبع انجام می‌دهد. وقتی یک کنترل‌کننده بسته‌ای را ارسال می‌کند، دربرگیرنده مسیری که باید طی کند نیز هست. هر بسته می‌تواند تا چهار hopارسال شود که برای حالت مسکونی کافی است و سربار ناشی از بسته مسیریابی از منبع را بسیار محدود می‌کند. هر کنترل‌کننده دارای جدولی است که توپولوژی کل شبکه را در بردارد. به کمک Z-Wave می‌توان بیش از ۲۳۲ دستگاه را به‌صورت بیسیم به هم متصل کرد و در صورت نیاز از پل برای اتصال دستگاه‌های بیشتر استفاده نمود.

۵- چالش‌های کلیدی مورد بحث در اینترنت اشیا

۵-۱- امنیت و حریم خصوصی

امنیت و حریم خصوصی اصلی‌ترین نگرانی شبکه‌های است که در مقیاس بزرگ پیاده‌سازی می‌شوند. دنیای دیجیتال، با داده‌های شخصی و اشتراکی و ثبت‌شده توسط افراد اشباع شده است و نگرانی‌هایی را در زمینه امنیت و حفاظت از اطلاعات افراد و دولت‌ها فراهم کرده است. همچنین مشکلات ناشی شده از انتقال و پردازش داده‌های ناخواسته، موجب نگرانی‌های کاربران و مسائل قانونی شده است. هرچند بسیاری از مردم در ارتباط با موج جدید فناوری که در حال آمدن است یک جنبه احتیاطی در پیش‌گرفته‌اند؛ اما واقعیت این است که این دستگاه‌ها به‌گونه‌ای طراحی‌شده‌اند تا اطلاعات شخصی زندگی انسان را با بیش‌ترین جزییات ممکن، جمع‌آوری کنند. اگر فعالیت روزانه افراد نظارت شده و آن‌ها تولیدکننده خروجی‌های اطلاعاتی باشند، فعالیت‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در صورت نقض امنیت، رخداد حمله و اختلال در عملکرد ، مزایای IoT کمرنگ می‌شود البته امنیت در اینترنت فعلی هم یک چالش بزرگ به شمار می‌آید، اما در اینترنت اشیا این مسئله ابعاد بزرگ‌تری پیدا می‌کند. توزیع‌شدگی بیش‌تر شبکه و به تبع آن نقاط ورود بیش‌تر به سیستم، یکی از دلایل این موضوع است. دیگر اینکه ناهمگونی پروتکل‌ها و دستگاه‌ها، توسعه سرویس‌های امنیتی با تحمل خطای بالا را به فعالیتی دشوار تبدیل می‌کند. همچنین اشیائی که قرار است به اینترنت متصل شوند، معمولاً ساختار و معماری ساده‌تری نسبت به کامپیوترها دارند و این، پیاده‌سازی ابزارهای امنیتی را در آن‌ها دشوار می‌سازد. آخرین و احتمالاً مهم‌ترین دلیل این است که اینترنت اشیاء خیلی بیش‌تر از اینترنت فعلی به زندگی واقعی نزدیک شده است. درواقع نفوذ به چنین شبکه‌ای معادل بانفوذ به زندگی روزمره‌ی کاربران خواهد بود! با توجه بااینکه فناوری‌های کلیدی اینترنت اشیا هنوز به بلوغ خود

نرسیده‌اند و همچنین تحقیقات و کاربردهای اینترنت اشیا در مراحل اولیه خود هستند پس کمی خطرناک به نظر می‌رسد که ما به‌سرعت اقدام به طراحی و بازیابی راه‌حل‌هایی باهدف بهبود زندگی روزمره شهروندان داشته باشیم؛ به‌طوری‌که برخی از جنبه‌های حریم خصوصی یا امنیت اطلاعات را در این زمینه نادیده بگیریم[7,8,9].

۵-۲- استانداردسازی

یکی از چالش‌های مهم در اینترنت اشیا وجود یک شبکه با تعداد بسیار زیادی دستگاه‌های نامتجانس است که از استانداردهای گوناگونی پیروی کرده و قصد تعامل با یکدیگر رادارند. استانداردسازی نقشی کلیدی در توسعه اینترنت اشیا بازی می‌کند و می‌تواند قابلیت همکاری را بهبود بخشیده و به محصولات و سرویس‌ها اجازه دهد در سطوح بالاتری باهم رقابت کنند. بااین‌وجود رشد سریع اینترنت اشیا باعث دشواری در ایجاد استانداردهایی شامل قابلیت همکاری، سطح دسترسی رادیویی، امنیت و محرمانگی شده است. همچنین فقدان استانداردهای ارتباطی de-facto باعث ایجاد مانعی در برابر تعامل و ارتباط دستگاه‌های تولیدکنندگان مختلف شده و تولیدکنندگان محصولات مختلف در حوزه اینترنت اشیا از قوانین، مقررات و پروتکل‌های یکسان برای تولید محصولات خود استفاده نمی‌کنند[8,9]. سازمان جهانی مخابرات (ITU) تلاش‌های گسترده خود را برای تصویب استانداردهای جدید در زمینه اینترنت اشیا (IoT) آغاز کرده و بیان داشته که به‌طور ویژه ابزارهای مرتبط با شهر هوشمند باید در مرحله نخست استانداردسازی شوند. همچنین سازمان ITU در جدیدترین بیانیه خود اعلام کرده که برای حل این مشکل کارگروه تازه‌ای تشکیل داده است که بانام ITU-T Study Group 20 شناخته می‌شود. این کارگروه استانداردهایی را توسعه می‌دهد که به توسعه زیرساخت‌های مرتبط با اینترنت اشیا کمک می‌کند و امکان استفاده از پلتفرم‌های مختلف اینترنت اشیا در انواع دستگاه‌های الکترونیکی را فراهم می‌آورد.

۵-۳- اتکای بیش‌ازاندازه بر فناوری

یکی دیگر از چالش‌های اینترنت اشیا، اتکای بیش‌ازاندازه بر فناوری است. در حقیقت فناوری به بخش جداناشدنی از زندگی انسان‌ها تبدیل‌شده است. و این حس وابستگی بیش‌ازحد می‌تواند نگران‌کننده باشد، هرچند تکیه‌بر اینترنت و گرفتن تصمیم بر مبنای اطلاعاتی که در آن وجود دارد، می‌تواند دردسر بیافریند، زیرا هیچ سیستمی بی‌اشکال نیست. همیشه اشکالاتی وجود دارد که به‌طور مداوم در ارتباط با فناوری رخ می‌دهد، مخصوصاً وقتی پای اینترنت هم در میان باشد. به‌هرحال هرچه بیشتر به اینترنت اعتماد کنیم و بیشتر به آن وابسته باشیم، در صورت خرابی، می‌تواند جنبه‌های بیشتری از زندگی‌مان را تحت تأثیر قرار دهد[9].

۵-۴- فقدان شغل

با دخیل کردن دستگاه‌ها وسیستم های پیشرفته الکترونیکی در انجام کارهای روزانه و همچنین پیشبرد امور در شرکت‌ها و مراکز، دیگر نیاز کمتری به نیروی انسانی خواهد بود که همین امر می‌تواند منجر به پدیده بیکاری شود.کنترل و هدایت دستگاه به‌صورت خودکار به‌وسیله اینترنت، تأثیری مخرب بر دورنمای استخدام کارگرهایی که تحصیلات کمتری دارند، خواهد داشت؛ زیرا دستگاه‌ها نه‌تنها می‌توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند، بلکه اطلاعات را به صاحبان مشاغل و کارخانه‌ها منتقل می‌کنند. ما در حال حاضر هم شاهد هستیم که شغل‌ها تحت تأثیر ماشین‌های اتوماتیک قرار گرفته‌اند، مثل استفاده از خودپردازها.

۵-۵- شکاف دیجیتال

از دیگر دغدغه‌های مطرح در اینترنت اشیاء، افزایش شکاف دیجیتال است. افرادی که به شبکه دیجیتالی متصل نیستند یا تمایلی به اتصال به این شبکه را ندارند در صورت فراگیر شدن اینترنت اشیاء از بسیاری خدمات محروم خواهند شد. دانشمندان زیادی به توزیع نابرابر امکانات اشاره کرده و متذکر شدند احتمال شکل‌گیری شکاف اجتماعی بین افرادی که منابع لازم برای پرداخت هزینه تجهیزات ، مهارت و سواد اطلاعاتی برای کار در محیط‌های با فناوری پیچیده را ندارند، وجود دارد. این مسئله نه‌تنها به تفاوت دسترسی به فناوری‌ها بین اقشار مختلف جامعه بلکه به تفاوت‌های فرهنگی، جغرافیایی، ساختار اجتماعی اشاره دارد. اینترنت اشیاء مزایای زیادی برای افراد در کشورهای توسعه یافته ، ایجاد خواهد کرد. هم‌چنین تأثیر به سزایی بر روی صنایع همگانی مانند آب و برق و انرژی خواهد داشت. شایان ذکر است این فناوری به کشورهای درحال‌توسعه با نگرش‌های توسعه‌ای کوتاه‌مدت کمک کمتری خواهد کرد.

۵-۶- اثرات زیست محیطی

درکنار بی‌شمار مزایای IoT ، به‌منظور تولید سنسورها و تجهیزات الکتریکی مورداستفاده در این فناوری از فلزات خاکی کمیاب و بعضاً مواد شیمیایی سمی استفاده می‌شود. اولین سؤالی که با آن روبرو می‌شویم مسئله زباله‌ی تجهیزات الکتریکی(e-waste) است. پیش‌ازاین در سال ۲۰۱۳، پنجاه‌وسه میلیون تن زباله (e-waste) در سراسر جهان تولیدشده است. با سرعت رشد و توسعه اینترنت اشیا انتظار می‌رود این مقدار چند برابر شود. درنتیجه ارائه دستورالعمل‌های مناسب به‌منظور تولید، استفاده و دفع اصولی این تجهیزات موردنیاز است. در صورت عدم رعایت این

دستورالعمل‌ها، تأثیرات نامطلوبی بر روی سلامتی انسان‌ها و همچنین محیط زیست گذاشته می‌شود.

۶- نتیجه‌گیری

اینترنت اشیا یک فناوری بسیار امیدوارکننده است و اگر این فناوری درست به‌کاربرده شود، برای کار و زندگی آینده تحولی عظیم و نو به وجود خواهد آورد. در این مقاله به بررسی این ایده، کاربردهای آن در حوزه‌های مختلف و جدیدترین فناوری‌های ارائه شده برای پیاده‌سازی آن پرداخته شد و همچنین تعدادی از مهم‌ترین چالش‌های کلیدی موردبحث در اینترنت اشیا موردبررسی قرار گرفت. بااین‌حال موضوعات و چالش‌های فراوانی وجود دارد که می‌تواند زمینه ساز فرصت‌های تحقیقاتی متفاوتی باشد.

مراجع

[1]. 2013. [Online]. Available: http://www.gartner.com/newsroom/id/2636073.

[2]. S. Li, L. D. Xu and S. Zhao, "The internet of things: a survey," 2014 springer

[3]. D. Giusto, A. Iera, G. Morabito and L. Atzori, The Internet of Things, Springer, 2010

[4]. D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini and I. Chlamtac, "Internet of things: Vision, applications and research challenges," *Ad Hoc Networks*, vol. 10, no. 7, 2012.

[5]. L. Atzori, A. Iera and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*, vol. 54, no. 15, 2010 elsevier

[6]. Ji Eun Kim, George Boulos, John Yackovich, Tassilo Barth, Christian Beckel and Daniel Mosse, "Seamless Integration of Heterogeneous Devices and Access Control in Smart Homes," 2012 IEEE.

[7].P. Baronti, P. Pillai and V. W. Chook, "Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards," *Computer Communications*, vol. 30, no. 7,2007 Elsevier

[8]. J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, 2013

[9]. Whitmore.A and Agarwal.A, "The Internet of Things—A survey of topics and trends," vol. 17, no. 2, 2014 Springer

[10]. R. Khan, S. U. Khan and R. Zaheer, "Future Internet: The Internet of Things Architecture,Possible Applications and Key Challenges," 2012.