مطالعات علوم کاربردی در مهندسی

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲

صفحات ۲۱-۱۰

Online ISSN: ۲۴۷۶-۴۵۰۷

Print ISSN: ۲۵۳۸-۲۰۵۵

www.irijournals.com

انقلابی درهوشمندسازی شبکه برق باتاثیرتکنولوژی اینترنت اشیاء بربهبود بهره وری، مدیریت دارایی وانتقال به منابع انرژی پاک

علیرضا جوشن

کارشناسی ارشد برق قدرت گرایش الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

چکیده

باتوجه به رشد روزافزون جامعه ونیازهای انرژی آن، استفاده بهینه ازمنابع انرژی تجدیدپذیر امری حیاتی است. اینترنت اشیا با ارتباط وهماهنگی بین دستگاه ها، سنسورها وسیستم های هوشمند، امکانات بسیاری رابرای بهبود بهره وری وکارایی انرژی فراهم می کند. شروع روزافزون به تحول شهرهای هوشمند، ما را به یک سفر هیجان‌انگیز و پراز امکانات جدید هدایت می‌کند . از استفاده از منابع انرژی انعطاف‌پذیر و مطمئن گرفته تا ارائه خدمات هوشمندی چون بیمارستان‌ها، ساختمان‌ها و کارخانه‌های هوشمند، همه این اقدامات با هدف بهبود کیفیت زندگی شهروندان در نظر گرفته شده‌اند .این خدمات هوشمند، با اعتماد به شبکه‌های انرژی و برق هوشمند، باید بدون وقفه و با بهره‌وری بالا عمل کنند .از سوی دیگر، مقاله حاضر به بررسی نقش اینترنت اشیا در اتصال منابع انرژی تجدیدپذیر به شبکه قدرت و ارائه راهکارهای نوآورانه برای بهبود کارایی و هماهنگی خدمات شهرهای هوشمند می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: انرژی هوشمند، شبکه های هوشمند، شهرهای هوشمند، 6LoWPAN،اینترنت اشیا، بهینه سازی کارایی، پایداری، منابع تجدیدپذیر

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰

۱-مقدمه

اینترنت اشیا(IoT) ازجمله موضوعات داغ این روزهای عرصه فناوری است در دنیایی که هم اکنون باچالش های جدی محیط زیستی مواجه است، نیازبه استفاده هوشمندانه ازمنابع تجدیدپذیروحفظ آن ها بیش ازپیش محسوس است.اینترنت اشیا به عنوان یک پلتفرم نوآورانه وقدرتمند، به مافرصتی بی نظیربرای بهبود استفاده از منابع تجدیدپذیرو حفظ محیط زیست ارائه می دهد به عنوان یک فناوری که اشیاء را به اینترنت متصل می کند،می تواند نقش مهمی درافزایش بهره وری وکارایی در صنایع مختلف، ازجمله صنایع انرژی پاک، ایفا کند.با استفاده ازسنسور ها، دستگاه های متصل وداده های جمع آوری شده،اینترنت اشیا می تواند به بهبود کارایی سیستم های تولید انرژی پاک کمک کند(Aman et al.,2024) .این فناوری پیشرفته، باارتباطات پویاو هوشمندانه بین دستگاه ها، به ما امکان مدیریت بهینه منابع تجدیدپذیر رامی دهد وبه سوی یک زندگی پایداروسبز هدایت می کند.

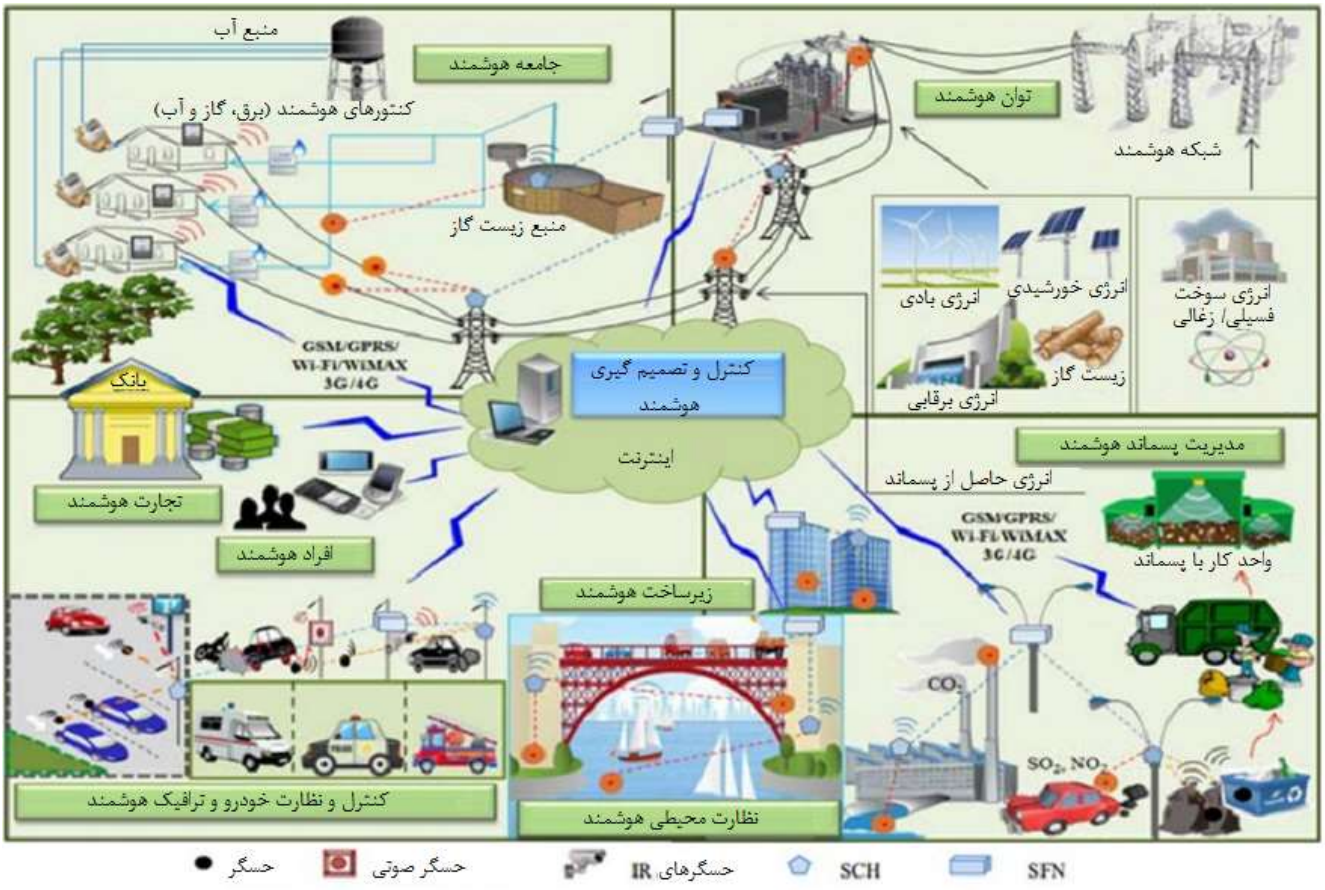
به طورمثال، دربخش انرژی بادی وخورشیدی، دستگاه هایIoT می توانند به طورخودکارداده های مربوط به شرایط هوا و باد را جمع آوری کرده وبه بهبود تولید انرژی بادی وخورشیدی کمک کنند(Pan,2015;Jena et al.,2024) . همچنین، بااستفاده ازتجهیزات متصل به اینترنت، می توان به بهبود کارایی سیستم های ذخیره سازی انرژی وبهره وری بالاتر درشبکه های توزیع انرژی پرداخت(Rahu et al.,2023) .

وب جهانی، که قبلاً به عنوان یک سکوی مجازی برای به اشتراک گذاری اطلاعات متنی، تصویری، صوتی و ویدیویی شناخته می‌شد، در حال تحول به یک بستر فیزیکی است که به کاربران امکان کنترل اشیاء فیزیکی را می‌دهد .از طریق اینترنت، وسایل خانگی، دوربین‌های مداربسته، و کارگاه‌های کارخانه می‌توانند به عنوان واسطه‌های ارتباطی، نظارتی و کنترلی استفاده شوند .مفهوم وب فیزیکی در حال حاضر در حال ظهور است و مثال‌هایی از آن شامل چارچوب‌های انرژی هوشمندی است که از اینترنت اشیاء استفاده می‌کنند(Pan,2015;Mirani et al,2019). و برای اتوماسیون و کنترل مصرف انرژی در ساختمان‌ها استفاده می‌شوند. در یک تحقیق جدید در زمینه استفاده از اینترنت اشیاء در بهبود تولید و مصرف انرژی در مناطق مسکونی، محققان یک مدل تجربی بر مبنای اینترنت اشیاء ارائه داده‌اند که به صرفه‌جویی در مصرف انرژی منجر شده و اثر مثبتی بر پایداری سیستم دارد .این مدل شامل استفاده از کنتورهای انرژی هوشمند است که برای برقراری ارتباط بین مصرف‌کنندگان و مراکز کنترل شبکه استفاده می‌شود(Sun,2015)،. تا اطلاعات مربوط به مصرف انرژی و وضعیت وسایل خانگی به‌طور مستقیم مبادله شود .این پژوهش به وجود یک زیرساخت موثر برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در مناطق مسکونی کمک می‌کند و در مسیری به سوی انرژی پایدار و صرفه‌جویی تلاش می‌کند (Nandury et al.,2015;Sun,2015). در یک مطالعه جدید، استفاده از کنتورهای هوشمند در سیستم‌های کنترل و نظارت برای بهبود عملکرد سیستم‌های آب و گاز مورد بررسی قرار گرفته است . مؤلفان مقاله با ارائه مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها، به کارگیری کنتورهای هوشمند را در این سیستم‌ها ترویج کرده‌اند .شکل (۱)تصویری از اهمیت انرژی و توان در شکل‌گیری شهرهای هوشمند را نشان می‌دهد، که توسعه و بهبود سیستم‌های کنترل و نظارت از طریق استفاده از کنتورهای هوشمند را تأیید می‌کند (Nandury,2015). همانطور که در Nandury) .(2015,توضیح داده شده است داده‌های عملکرد زمان واقعی از اشیای مختلف مانند کنتورهای هوشمند برای برق، گاز و آب، نظارت هوشمند، حمل و نقل هوشمند، محیط هوشمند و سیستم‌های مدیریت پسماند هوشمند جمع‌آوری می‌شوند .سپس، این داده‌ها به یک

[1] Internet of Things(IoT)

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰

سر خوشه هوشمند [۲](SCH)منتقل شده و بعدا این اطلاعات به گره‌های ترکیب هوشمند [۳](SFN)محلی ارسال می‌شوند .به این ترتیب، تصمیم‌گیری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT)انجام می‌شود و یک مرکز کنترل، داده‌ها را برای نظارت و کنترل این ساختار مقیاس‌پذیر، جمع‌آوری و مبادله می‌کند (Nandury,2015). یک بررسی دقیق‌تر از این مدل شهر هوشمند نشان می‌دهد که منابع انرژی هوشمند، انرژی از منابع فسیلی/زغالی و انرژی هسته‌ای به چه اندازه در شهرهای هوشمند اهمیت دارند(Adefarati et al.,2016).



شکل (۱): پیاده‌سازی ساختار مفهومی در شهرهای هوشمند

یک شبکه هوشمند شامل سه لایه اصلی، یعنی لایه‌های سیستم‌ها، شبکه‌های ارتباطی و کاربردها، است (Adefarati,2016; Woldeyohannes et al.,2016). در این شبکه، منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان واحدهای تولید پراکنده [۴](DG)استفاده می شوند و در نقاط نزدیک به مصرف انرژی نصب می‌شوند .این نوع نصب، نیاز به خطوط انتقال طولانی را کاهش داده و تلفات توان و نیاز به پست‌های توان را بهبود می‌بخشد .اضافه کردن این بخش به مقاله ما، به خوانندگان کمک می‌کند تا ساختار و کارکرد شبکه هوشمند را بهتر درک کنند (Ma ,2011;Adefarati et al.,2016). بسیاری از منابع معتبر گزارش کرده‌اند که منابع انرژی خورشیدی، انرژی باد و انرژی برق آبی به عنوان متداول‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر شناخته می‌شوند (Su,2014-

[2] Smart Cluster Head
[3] Smart Fusion Nodes
[4] Distributed Generation

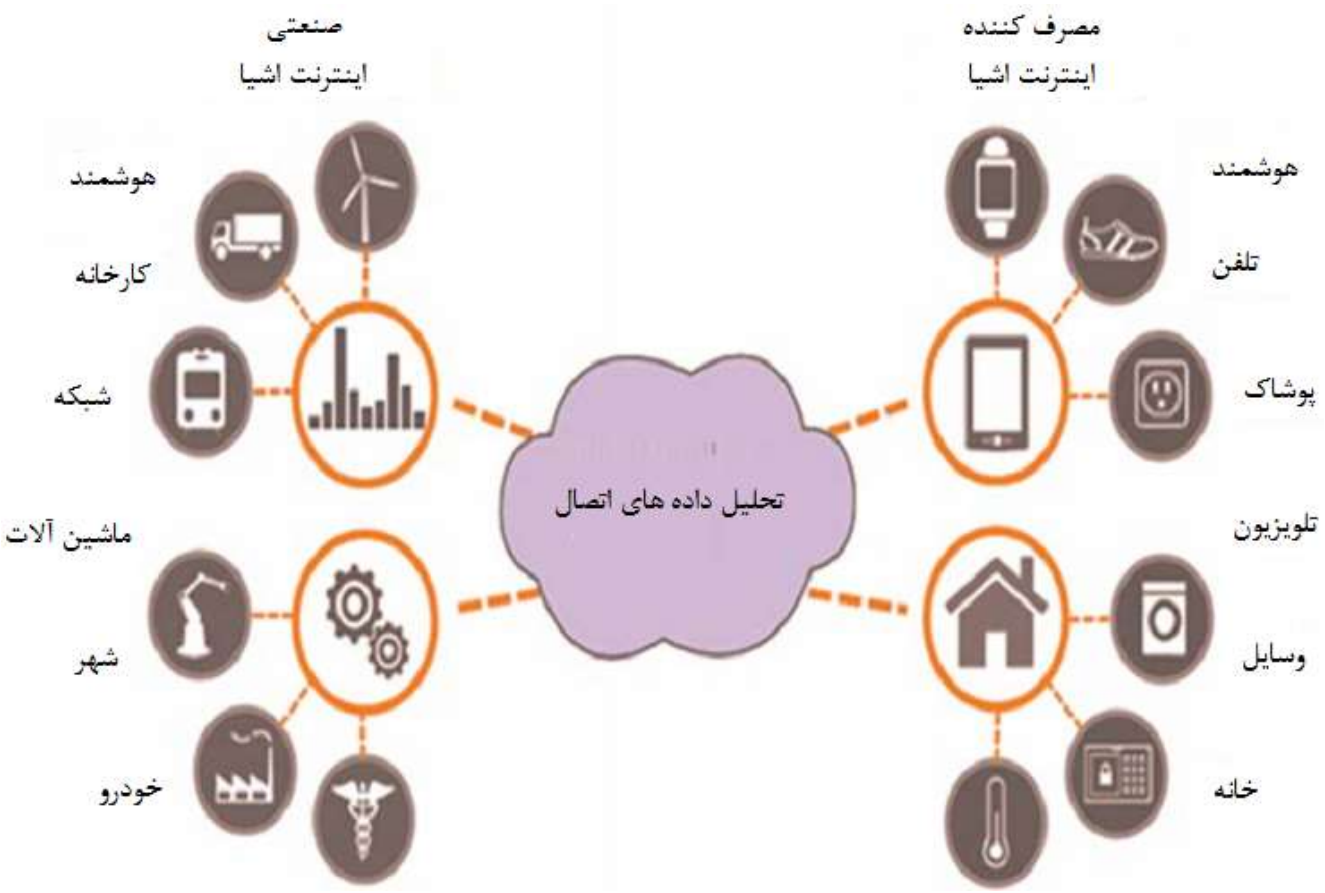
.(Woldeyohannes et al.,2016 باتوجه به اهمیت بی پایان این مسئله، پژوهش حاضربه بررسی نقش برجسته اینترنت اشیادربهبود کاربردمنابع تجدیدپذیرمی پردازدوسعی داردباارائه راهکارهای نوین وخلاقانه، به پیشبرداهداف پایداری وحفظ محیط زیست کمک کند. این تحقیق، گامی مهم درجهت تحقق توسعه پایدارواستفاده هوشمندانه ازمنابع طبیعی است که باهمت وهمکاری همگان، می توان آثار بسیاربزرگی را درجامعه ومحیط زیست خودبه ارمغان آورد.

۲-آشنایی با اصول اینترنت اشیا

جهان در حال انتقال به سمت یک بهم پیوستگی و برق رسانی بیشتر است .این تحول از طریق ابزارهای مختلف فناوری و حوزه‌های گوناگون از کاربردها و خدمات، جامعه جهانی را به یکپارچه‌تر تبدیل می‌کند .مفاهیم اینترنت اشیا (IoT)در حالی که اشیاء حقیقی، دیجیتال و مجازی را به هم متصل می‌کنند، به شهرهای هوشمندی منتقل می‌شوند .امروزه، فناوری وب سنتی توسط IoTتقویت شده است تا اشیاء فیزیکی مانند وسایل خانگی و دستگاه‌های شبکه هوشمند را با استفاده از یک آدرس یکتا برای هر شیء به یکدیگر متصل کند (Asghar,2015; Collier,2015). این مسأله با کمک پروتکل IPV6 که دارای $۲^{۱۲۸}$ آدرس IP یکتا در مقایسه با $۲^{۳۲}$ آدرس به کار رفته توسط IPV4 می باشد، امکان‌پذیر شده است. با استفاده از IPV6 میلیاردها شیئ، در یک زمان قابل اتصال، نظارت و کنترل هستند (Gonnot ,2014;Pickard et al.,2015).

در حالیکه IoT امروزه بیشتر تبدیل به واقعیت می شود، متخصصان در دانشگاه و صنعت آن را به دو گروه اصلی تقسیم می کنند: اینترنت اشیای مصرف کننده (CIoT که پس از این IoT نامیده می شود) و اینترنت اشیای صنعتی (IIoT) (Sasajima,2015;Pramudita et al.,2017). کاربردهای معروف IoT، شامل تلفن‌ها، لباس‌ها، تلویزیون‌ها و دستگاه‌های خانگی هوشمند هستند. از سوی دیگر، کاربردهای IIoT معروف، شامل کارخانه‌ها، شبکه‌ها، خودروها و شهرهای هوشمند است. شکل (۲)، نمایانگر این دو دسته بندی است (Stojmenovic,2014; Pramudita,2017;Wang et al,2020).

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰



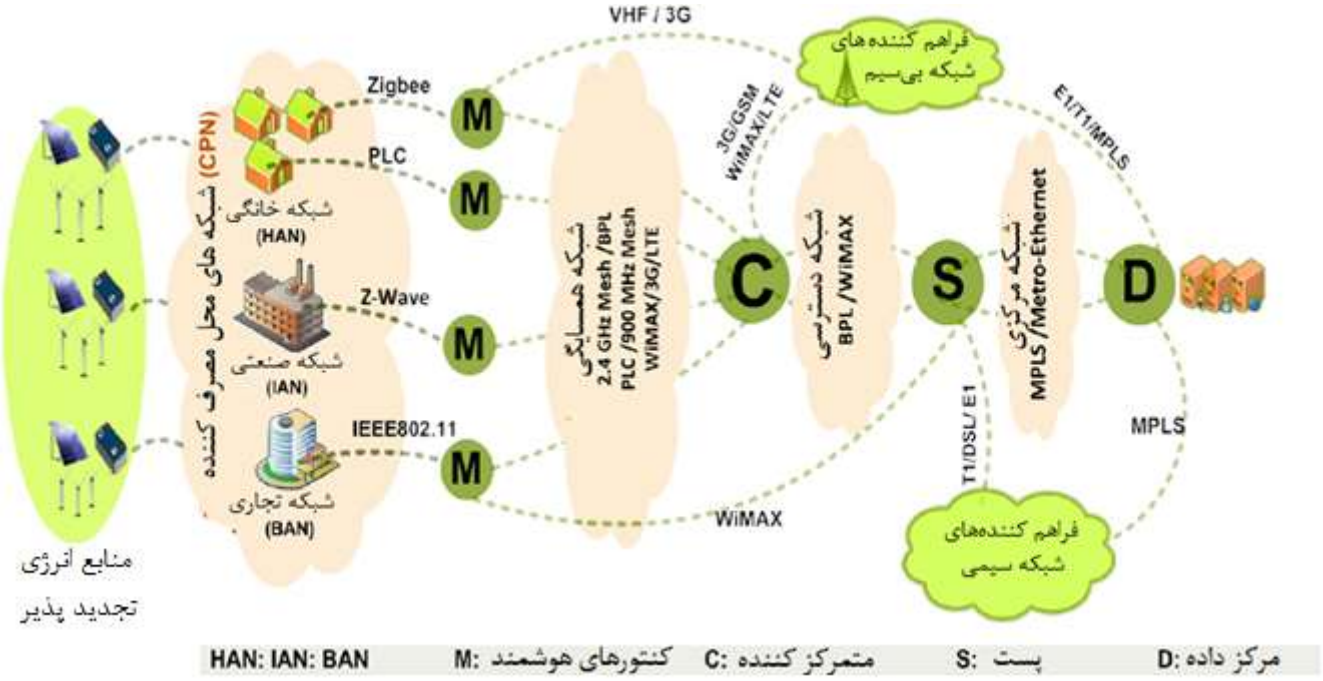
شکل (۲): دسته بندی تجهیزات در اینترنت اشیا

۳-چارچوب مفهومی برای بهره‌گیری از IIoT/IoT در منابع انرژی تجدیدپذیر

در چارچوب مفهومی شبکه هوشمند ارائه شده توسط NIST[5] ، حوزه مصرف یکی از اصلی‌ترین مباحث است. که به منظور تولید و توزیع مشترک منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده می‌شود(Arnold et al.,2010 Lin et al.,2017) . همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، این حوزه به سه نوع اصلی مسکونی، تجاری و صنعتی تقسیم می‌شود. همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر نظیر انرژی خورشیدی، بادی و آبی برای پوشش تمامی این نوع مصرف‌کنندگان نصب می‌شوند. به منظور ارتباط و ادغام این منابع انرژی، حوزه مصرف بر اساس شبکه‌های ارتباطی به سه شبکه خانگی(HAN)[6]، تجاری (BAN)[7]و صنعتی (IAN)[8] تقسیم می‌شود .این تقسیم بندی نشان‌دهنده نوع مصرف‌کننده و نوع شبکه ارتباطی است که در آن منابع انرژی تجدیدپذیر نصب می‌شوند .(Kaur,2017;Al-Omar,2012)

[5] National Institute Of Standards and Technology
[6] Home Area Network
[7] Business Area Network
[8] Industrial Area Network

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰



شکل (۳): پروتکل‌های مختلف در شبکه‌های محلی ارتباطی مصرف‌کننده

در این شبکه‌ها، از پروتکل‌های متنوعی از جمله ZigBee[۹]، PLC[۱۰]، Z-Wave[۱۱]، وای فای[۱۲]وایمکس[۱۳]، 3G/GSM[۱۴] و LET[۱۵]برای ارتباط استفاده شده است .شکل (۳) نشان دهنده پروتکل‌های شبکه‌های ارتباطی است که همزمان در یک شبکه به کار می‌روند (Yan,2013; Nassereddine,2024; Cui,2024). همانطور که در بخش(۲) ذکر شده است، دو دسته اصلی وجود دارد :اینترنت اشیاء (IoT)و اینترنت صنعتی اشیاء (IIoT)پیشنهاد این مقاله این است که هر دو دسته برای ادغام سه شبکه ارتباطی مختلف مصرف‌کننده به شبکه‌های هوشمند مورد استفاده قرار گیرد.

هر منبع انرژی تجدیدپذیر به عنوان یک شیء در نظر گرفته شده و یک آدرس IPیکتا به آن اختصاص داده شده است .از طریق ارتباط دوطرفه، می‌توان نظارت کامل بر هر شیء را داشت، زیرا کنترل از طریق آدرس IPیکتای آن امکان‌پذیر است . این روش باعث حذف نیاز به چندین پروتکل ارتباطی در شبکه می‌شود.

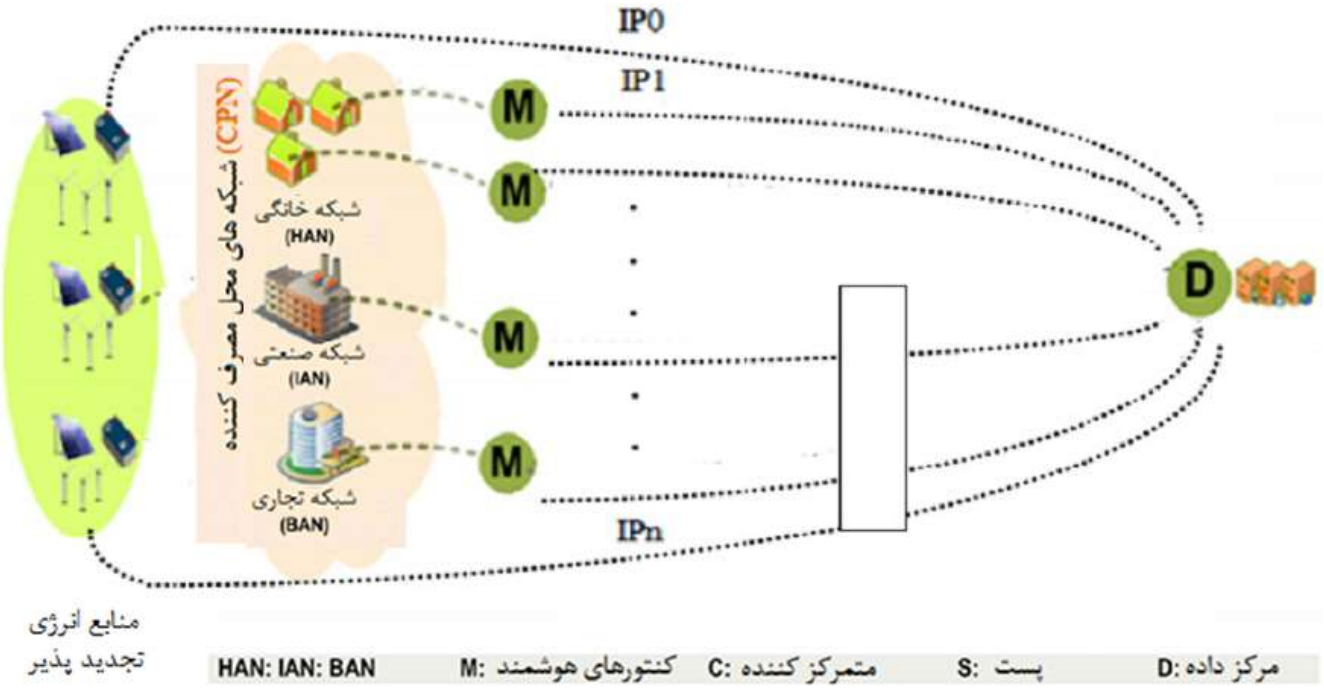
پروتکل IPبا استفاده از پروتکل ارتباطی 6LoWPANکه بر مبنای IPV6است استفاده می‌شود 6LoWPAN. دارای یک اندازه قاب محدود 127بایت است و فضای بیشتری برای یک بار مفید 75-65بایت دارد (Gonnot,2014; Ramamurthy,2017; Rana et al.,2018). به کمک این پروتکل 6LoWPAN شبکه به سرعت بالاتری دست می‌یابد و قابلیت مقیاس‌پذیری بیشتری را فراهم می‌کند .به این معنا که ادوات و وسایل مختلف می‌توانند به شبکه متصل

[9] ZigBee Alliance
[10] Power Line Communication
[11] Z-Wave Alliance
[12] Wireless Fidelity
[13] Worldwide Interoperability for Microwave Access
[14] Third Generaion/Global System for Mobile Communications
[15] Long-Term Evolution

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰

شوند(Sadeghian,2024; Jena,2024).. از جمله این ادوات می‌توان به ذخیره‌های باتری محلی، وسایل خانگی و کنتورهای هوشمند اشاره کرد که به عنوان شیء در نظر گرفته می‌شوند .هر یک از این اشیاء دارای یک آدرس IPیکتا هستند و امکان نظارت و کنترل از راه دور را فراهم می‌کنند.

علاوه بر این، این رویکرد قابلیت توسعه برای ادوات دیگر شبکه برق را نیز فراهم می‌کند، از جمله مدارهای شکن، بانک‌های خازنی، رله‌ها و واحدهای اندازه‌گیری فاز(Zanella,2014; Yan2013; Kumar et al.,2023) .



شکل (۴): طرح‌های شبکه ارتباطی مصرف‌کننده با بهره‌گیری از مفاهیم اینترنت اشیا (IoT).

۴-نتیجه گیری

این مقاله یک رویکرد مفهومی برای ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در اینترنت اشیاء/اینترنت اشیاء صنعتی ارائه داده است، از طریق استفاده از یک پروتکل شبکه یکپارچه به جای استفاده از چندین پروتکل مختلف .این رویکرد، انعطاف‌پذیری و مقیاس پذیری بیشتری به شبکه برق می‌بخشد و می‌تواند در زمینه‌های مختلفی از جمله مصرف، توزیع و تولید انرژی به‌کار گرفته شود.استفاده ازاینترنت اشیابه عنوان یک فناوری نوآورانه وپیشرفته، می تواندنقش بسیارمهمی دربهبودکاربردمنابع تجدیدپذیروحفظ محیط زیست داشته باشد.به کمک اینترنت اشیا درانرژی پاک، تلاش ما برای تبدیل به جامعه ای سبزتر وپایدارتر تسریع خواهدشد. این فناوری همچنین به ما کمک می کند تا بهره وری منابع انرژی راافزایش داده ومصرف غیرضروری و بیهوده را کاهش دهیم.

به طورکلی، اینترنت اشیا درایران دربسیاری اززمینه ها ازجمله شهرهوشمند، کشاورزی هوشمند، صنعت، سلامتی وبیشتر به کارمی رود وتوانایی بهبود فرآیندها،افزایش بهره وری وایجادتجربه های بهتر رافراهم می کند.

دوره ۹، شماره۴ ، زمستان ۱۴۰۲، صفحات ۲۱-۱۰

با ادامه بکارگیری و وسعت اینترنت اشیا درایران، می توان انتظار داشت که درآینده تاثیراین فناوری برصنایع مختلف به صورتی بیشتر وعمیق تررواج یابد. این به طور مستقیم به توسعه اقتصادی کشور و افزایش توانمندی های فناوری اطلاعات وارتباطات درایران کمک خواهدکرد.

درنهایت،IoT در انرژی پاک نه تنها به مدیریت بهتر انرژی کمک می کند،بلکه به سازماندهی واتصال بهترشبکه های انرژی کمک می کند تا هدف های انرژی پاک وپایداری را بیشتر دست یابیم.

۵-پیشنهادها

پیشنهاد های مطرح شده حاوی موارد کلی جهت ارتقای وضعیت بازاریابی پایدار وهوشمندسازی شبکه انرژی است که می تواندبه بهبود کیفیت توان شبکه کمک شایانی کند.که پیشنهادها در ادامه ارائه شده است:

- بررسی چگونگی افزایش امنیت شبکه های یکپارچه ی اینترنت اشیا.
- ارائه راهکارهایی جهت بهبود چالش های اینترنت اشیا ومقابله با مشکلات وتهدیدات آن
- بهینه سازی مصرف انرژی درخانه هوشمند مبتنی براینترنت اشیا وهوش مصنوعی
- چالش ها وفرصت های اجتماعی واقتصادی درپیشرفت اینترنت اشیاوانرژی های تجدیدپذیر
- چگونگی استفاده ازتحلیل داده وهوش مصنوعی برای بهبودکیفیت توان وبهره وری درسامانه های انرژی هوشمند
- چگونگی تعامل بین اینترنت اشیا،انرژی های تجدیدپذیروشبکه های الکتریکی برای خلق یک زندگی پایدار وهوشمند
- نقش تکنولوژی های نوین درساختاردهی وبهبود عملکردشبکه های انرژی هوشمند(پلتفرم های هوشمند)
- تاثیرات نسل جدید فناوری ها برصنعت انرژی ومحافظت محیط زیست
- اهمیت ویژه به شبکه انرژی هوشمند درسیاست های علم وفناوری
- طراحی راهبردی برای بازده انرژی بالاتر،کنترل مصرف انرژی وضایعات آن در راستای اثرگذاری مثبت برمحیط زیست و کاهش هزینه ها

منابع

1. Aman, A. H. M., Shaari, N., Bashi, Z. S. A., Iftikhar, S., Bawazeer, S., Osman, S. H., & Hasan, N. S. (2024). A review of residential blockchain internet of things energy systems: Resources, storage and challenges. *Energy Reports*, *11*, 1225-1241.
2. Pan, J., Jain, R., Paul, S., Vu, T., Saifullah, A., & Sha, M. (2015). An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype and Experiments. IEEE Internet of Things Journal, 2 (6), 527-537.
3. Rahu, M.A., et al. (2023). Towards Desig of Internet of Things and Machine Learning-Enabled Frameworks for Analysis and prediction of Water Quality, IEEE Access, Vol.11, pp 101055-101086.
4. Sun, Q., Li, H., Ma, Z., Wang, C., Campillo, J., Zhang, Q., Wallin, F., & Guo, J. (2015). A Comprehensive Review of Smart Energy Meters in Intelligent Energy Networks. *IEEE Internet of Things Journal, 3 (4), 464-479.

5. Mirani, A.A et al. (2019), A Review of Agro-Industry in IoT: Applications and Challenges, Quest Research Journal, Vol. 17, No. 1, Pp. 28–33.
6. Nandury, S. V., & Begum, B. A. (2015). Smart WSN-based ubiquitous architecture for smart cities. In *2015 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics* (pp. 2366-2373).
7. Adefarati, T., & Bansal, R. C. (2016). Integration of renewable distributed generators into the distribution system: a review. *IET Renewable Power Generation, 10*(7), 873-884.
8. Chelloug, S.A.; El-Zawawy, M.A. (2015) Middleware for Internet of Things: Survey and Challenges. Intell. Autom.Soft Comput., 3, 70–95.
9. T. Adefarati, R. C. Bansal, (2016).Integration of renewable distributed generators into the distribution system: a review, IET Renewable Power Generation, Vol. 10, No. 7, p. 873-884.
10. Bouzid, A.M.; Guerrero, J.M.; Cheriti, A.; Bouhamida, M.; Sicard, P.; Benghanem, M. (2015)A survey on control ofelectric power distributed generation systems for microgrid applications. Renew. Sustain. Energy Rev,44, 751–766.
11. Ma, Y., Ping, Y., Hongxia, G., & Jun, Z. (2011). Development of distributed generation system based on various renewable energy resources. In *4th International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA)* (pp. 1-5).
12. Giustina, D.D.; Dedè, A.; Invernizzi, G.; Valle, D.P.; Franzoni, F.; Pegoiani, A.; Cremaschini, L. (2015). Smart GridAutomation Based on IEC 61850: An Experimental Characterization. IEEE Trans. Instrum. Meas,64, 2055–2063.
13. Su, W., Wang, J., & Roh, J. (2014). Stochastic Energy Scheduling in Microgrids with Intermittent Renewable Energy Resources. *IEEE Transactions on Smart Grid, 5*(4), 1876-1883.
14. Sajid, A.; Abbas, H.; Saleem, K. Cloud-Assisted IoT-Based SCADA Systems Security: A Review of the State of the Art and Future Challenges. IEEE Access 2016, 4, 1375–1384.
15. Reddy, S. S., & Bijwe, P. R. (2016). Day-Ahead and Real Time Optimal Power Flow considering Renewable Energy Resources. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 82*, 400-408.
16. Woldeyohannes, A. D., Woldemichael, D. E., & Baheta, A. T. (2016). Sustainable renewable energy resources utilization in rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 66*, 1-9.
17. Ahmadi, A., Tiruta-Barna, L., Benetto, E., Capitanescu, F., & Marvuglia, A. (2016). On the importance of integrating alternative renewable energy resources and their life cycle networks in the eco-design of conventional drinking water plants. *Journal of Cleaner Production, 135*, 872-883.
18. Chelloug SA, El-Zawawy MA (2017). Middleware for Internet of Things: Survey and Challenges. *Intell Autom Soft Comput* 3: 70–95.
19. Wang Q, Wang YG (2018). Research on Power Internet of Things Architecture for Smart Grid Demand. *2018 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2).*
20. Asghar, M. H., Negi, A., & Mohammadzadeh, N. (2015). Principle application and vision in Internet of Things (IoT). In *International Conference on Computing, Communication & Automation* (pp. 427-431).

21. Bin X, Qing C, Jun M, et al. (2019). Research on a Kind of Ubiquitous Power Internet of Things System for Strong Smart Power Grid. *2019 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)*, 2805–2808.
22. Collier, S. E. (2015). The Emerging Enernet: Convergence of the Smart Grid with the Internet of Things. In *IEEE Rural Electric Power Conference* (pp. 65-68).
23. Wang W, Zhou Z (2020). Exploring Novel Internet-of-things Based on Free Space Optical Communications for Smart Grids. *2020 IEEE 4th Conference on Energy Internet and Energy System Integration (EI2)*, 4277–4281.
24. Amin SM, Wollenberg BF (2005). Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. *IEEE power and energy magazine* 3: 34–41.
25. Pickard, J., Patrick, A. Y., & Robinson, A. (2015). Analysis of enterprise IPv6 readiness. In *SoutheastCon 2015* (pp. 1-7).
26. Pereira R, Figueiredo J, Melicio R, et al. (2015). Consumer energy management system with integration of smart meters. *Energy Rep* 1: 22–29.
27. Mohanty SP, Choppali U, Kougianos K (2016). Everything you wanted to know about smart cities. *IEEE Consum Electron Mag* 5: 60–70.
28. Hyun, J., Li, J., Kim, H., Yoo, J.-H., & Hong, J. W.-K. (2015). IPv4 and IPv6 performance comparison in IPv6 LTE network. In *the Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium* (pp. 45-150).
29. Zouinkhi A, Ayadi H, Val T, et al. (2019). Auto-management of energy in IoT networks. *Int J Commun Syst* 33: e4168.
30. Höller J, Tsiatsis V, Mulligan C, et al. (2014). From Machine-to-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
31. Gonnot, T., & Saniie, J. (2014). User Defined Interactions between Devices on a 6LoWPAN Network for Home Automation. In *IEEE International of Technology Management Conference* (pp. 1-4).
32. Hersent O, Boswarthick D, Elloumi O (2011). *The internet of things: Key Applications and Protocols*. John Wiley & Sons.
33. Tulemissova G (2016). The Impact of the IoT and IoE Technologies on Changes of Knowledge Management Strategy. *ECIC2016-Proceedings of the 8th European Conference on Intellectual Capital: ECIC2016*, 300. Academic Conferences and publishing limited.
34. Ramamurthy A, Jain P (2017). The Internet of Things in the Power Sector: Opportunities in Asia and the Pacific.
35. Designing the Industrial Internet of Things. (2016). Retrieved from http://electronicdesign.com/industrial/designing-industrial-internet-things.
36. Pramudita R, Hariadi IF, Achmad AS (2017). Development of IoT Authentication Mechanisms for Microgrid Applications. *2017 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 12–17.
37. Stojmenovic.I (2014). Machine-to-Machine Communications with In-Network Data Aggregation, Processing, and Actuation for Large-Scale Cyber-Physical Systems. *IEEE Internet Things J* 1: 122–128.
38. Sasajima, H., Ishikuma, T., & Hayashi, H. (2015). Future IOT in process automation Latest trends of standardization in industrial automation, IEC/TC65. In *54th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)* (pp. 963-967).

39. Lloret J, Tomas J, Canovas A, et al. (2016). An Integrated IoT Architecture for Smart Metering. *IE*om*EE Commun Mag* 54: 50–57.
40. Bedi G, Venayagamoorthy GK, Singh R (2016). Navigating the challenges of Internet of Things (IoT) for power and energy systems. *2016 Clemson University Power Systems Conference (PSC).*
41. Rana MM, Xiang W, Wang E (2018). IoT-based state estimation for microgrids. *IEEE Internet of things Journal* 5: 1345–1346.
42. Zhu C, Leung VCM, Shu L, et al. (2015). Green Internet of Things for Smart World. *IEEE Access* 3: 2151–2162.
43. Georgiou, K.; de Souza, S.X.; Eder, K. (2017). The IoT energy challenge: A software perspective. IEEE Embed.Syst. Lett 1.
44. Bedi, G.; Venayagamoorthy, G.K.; Singh, R.; Brooks, R.R.;Wang, K.C. (2018). Review of Internet of Things (IoT) inElectric Power and Energy Systems. IEEE Internet Things J., 5, 847–870.
45. Al-Omar, B., Al-Ali, A. R., Ahmed, R., & Landolsi, T. (2012). Role of information and communication technologies in the smart grid. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 3*(5), 707-716.
46. Kaur, N.; Sood, S.K. (2017).An Energy-Efficient Architecture for the Internet of Things (IoT). IEEE Syst. J.,11, 796–805.
47. Arnold, G. W., Wollman, D. A., FitzPatrick, G., Prochaska, D., Holmberg, D., Su, D. H.,... & Boynton, P. A. (2010). NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, release 1.0.
48. Qu, Q.; Zhen, Y.; Li, X.; Zhang, Y.; Zeng, L. Application of Internet of Things in Smart Grid PowerTransmission. In Proceedings of the 2012 Third FTRA International Conference on Mobile, Ubiquitous,and Intelligent Computing (MUSIC), Vancouver, BC, Canada, 26–28 June 2012.
49. Zanella, A.; Bui, N.; Castellani, A.; Vangelista, L.; Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. IEEE InternetThings J**.** 1, 22–32.
50. Hancke, G.P.; de Carvalho e Silva, B.; Hancke, G.P. (2013). The role of advanced sensing in smart cities. Sensors,13, 393–425.
51. Yan, Y., Qian, Y., Sharif, H., & Tipper, D. (2013). A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials, 15*(1), 5-20.
52. Kumar, A., More, C., Shinde, N. K., Muralidhar, N. V., Shrivastava, A., Reddy, C. V. K., & William, P. (2023). Distributed Electromagnetic Radiation Based Renewable Energy Assessment Using Novel Ensembling Approach. *Journal of Nano-and Electronic Physics*, *15*(4).
53. Jena, S. K., Barik, R. C., & Priyadarshini, R. (2024). A systematic state-of-art review on digital identity challenges with solutions using conjugation of IOT and blockchain in healthcare. *Internet of Things*, 101111.
54. Sadeghian, O., Mohammadi-Ivatloo, B., Oshnoei, A., & Aghaei, J. (2024). Unveiling the potential of renewable energy and battery utilization in real-world public lighting systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 192*, 114241.

55. Nassereddine, M., & Khang, A. (2024). Applications of Internet of Things (IoT) in smart cities.In *Advanced IoT Technologies and Applications in the Industry 4.0 Digital Economy* (pp. 109-136). CRC Press.
56. Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A survey on internet of things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. *IEEE internet of things journal*, *4*(5), 1125-1142.
57. Cui, H. Y., & Cao, Y. Q. (2024). Do smart cities improve energy efficiency? A test of spatial effects and mechanisms. *Sustainable Cities and Society*, *101*, 105124.