



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)
دانشکده مهندسی کامپیوتر

پروژه کارشناسی

بررسی چالش‌های پیاده‌سازی محاسبات لبه و تاثیرات آن بر
فناوری اینترنت اشیا

پایان‌نامه

نگارش

محمد اژدري

استاد راهنما

دکتر صفابخش

استاد مشاور

دکتر صفابخش

تیر ۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به همه دوستانم که در راه پیشرفت زندگیم نکته‌های بسیاری را به من یاد دادند.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله تقدیر و تشکر میکنم از دکتر صفابخش که استاد راهنمای بنده و آموزنده روش‌های اصولی پژوهش و تحقیق برای بنده بودند.

محمد اژدری
پیر ۹۸

چکیده

با توجه به توسعه و پیشرفت روزافزون اینترنت اشیا در دنیا و نیاز و بازاری که برای آن بوجود آمده است، حجم توسعه این فناوری بالا رفته و جزو فناوری‌های پرطرفدار و به‌روز در دنیا به شمار می‌آید. از این رو شرکت‌های زیادی در دنیا به توسعه این تکنولوژی و کسب درآمد از آن می‌پردازند. طبیعی است که چالش‌های مختلفی سر راه توسعه این فناوری قرار دارد. یکی از آن‌ها حجم بزرگ داده‌ها و محاسباتی است که قرار است روی آن‌ها انجام شود و خروجی مطلوب تولید شود. در این مقاله سعی شده است به این چالش و راه‌حل‌های ارائه شده برای آن پرداخته شود. ابتدا این چالش معرفی و بررسی می‌شود و سپس با یک مثال که بررسی معماری یک شهر هوشمند است راه‌حل ارائه می‌شود. و در نهایت با یک نتیجه‌گیری پایان می‌یابد.

واژه‌های کلیدی:

اینترنت اشیا، محاسبات لبه، شبکه

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	معرفی و مقدمات edge computing	۱
۱-۱	مقدمه	۲
۲-۱	محاسبات زیاد، چرا، کجا و چگونه؟!	۲
۳-۱	چالش اصلی کجاست؟	۳
۴-۱	برخی مواردی که edge computing اهمیت پیدا میکند.	۳
۱-۴-۱	حمل و نقل هوشمند	۳
۲-۴-۱	حوزه سلامت و پزشکی	۳
۳-۴-۱	کشاورزی	۳
۴-۴-۱	خرده‌فروشی	۴
۵-۴-۱	انرژی	۴
۲	پیشرفت و توسعه‌ی edge computing در صنعت	۵
۱-۲	بررسی intelligent edge computing	۶
۲-۲	بررسی معماری مدیریت انرژی بر پایه اینترنت اشیا یک شهر هوشمند [۱]	۶
۱-۲-۲	ساختمان‌های هوشمند	۶
۲-۲-۲	شبکه برق هوشمند	۷
۳-۲-۲	شبکه‌های چندتایی	۸
۳	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات	۱۰
۱-۳	جمع‌بندی	۱۱
۲-۳	نتیجه‌گیری	۱۱
۳-۳	پیشنهادهای	۱۱
۱۲	منابع و مراجع	۱۲
۱۳	واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی	۱۳
۱۴	واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی	۱۴

شکل	فهرست اشکال	صفحه
۱-۲	معماری کلی مدیریت انرژی یک شهر هوشمند بر پایه اینترنت اشیا	۹

فهرست نمادها

مفهوم

نماد

فصل اول

معرفی و مقدمات edge computing

۱-۱ مقدمه

با توجه به پیشرفت روزافزون تکنولوژی شبکه و اینترنت اشیا و همچنین نیازهایی که به این حوزه به وجود می‌آید، بازار خیلی بزرگی در دنیا برای این صنعت به وجود آمده است. از این رو شرکت‌های زیادی به منظور سرویس‌دهی بر پایه اینترنت اشیا به وجود آمده‌اند و در حال پیاده‌سازی برنامه‌ها و دستگاه‌های مختلف، چه در قسمت نرم‌افزار و چه در قسمت سخت‌افزار هستند. در پیاده‌سازی یک پلتفرم اینترنت اشیا، چالش‌های مختلفی وجود دارد. در میان این‌ها، مسئله حجم بزرگ داده‌ها و محاسبات سنگینی که روی آن‌ها انجام می‌گیرد، یکی از چالش‌های عمده‌ی این کار است. که در این تحقیق به این چالش و یکی از روش‌های حل آن که edge computing است، می‌پردازیم.

۲-۱ محاسبات زیاد، چرا، کجا و چگونه؟

ابتدا کمی درمورد اینترنت اشیا سخن می‌گوییم. اگر بخواهیم به صورت ساده به معرفی این حوزه بپردازیم میتوانیم بگوییم که ارتباط اجزای سخت‌افزاری مختلف مانند gadgetهای گوناگون تا کارهای بزرگ مانند نیروگاه‌های برق، از طریق اینترنت با هم.

برای مثال فرض کنید یخچال شما آن‌قدر هوشمند است که اگر تخم‌مرغ تمام شد، یا کم مانده بود متوجه می‌شود و به صورت آنلاین سفارش میدهد و برایتان تخم‌مرغ می‌خرد. یا یک مثال بزرگ‌تر که یک نیروگاه برق متوجه می‌شود که در لحظه چقدر برق نیاز است که تولید کند.

همه این‌ها از کوچک به بزرگ دنیای اینترنت اشیا را تشکیل می‌دهند که در دنیای مدرن امروز، روزبه‌روز با پیشرفت همراه است. و نیازش بیشتر احساس می‌شود. اما همان‌طور که گفتیم، برای پیاده‌سازی این صنعت چالش‌های مختلفی وجود دارد که حجم بزرگ داده‌ها و محاسبات زیاد از اساسی‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود.

حالا چرا داده‌ها زیاد هستند؟ دلیلش کمی بارز است. یک شهر هوشمند را تصور کنید که میخواهد حتی خالی بودن سطل آشغال‌های پارک‌هایش را متوجه بشود که مامورهای شهرداری برای خالی کردن آن‌ها اقدام کنند. چراغ راهنمایی‌هایی هوشمندی میخواهد که از ترافیک کل شهر اطلاع داشته باشند و بر اساس آن‌ها عمل کنند.

همه این‌ها نیازمند پردازش و انتقال اطلاعات زیادی است. حالا این اطلاعات کجا ذخیره می‌شوند و کجا پردازش؟ قاعدتا یک چراغ راهنما آن‌قدر حافظه برای این اطلاعات ندارد و باید از طریق شبکه اینترنت به فضای ابری پلتفرم اصلی وصل شود و به صورت مرتب با آن اطلاعات رد و بدل کند. بدیهی است که بسیاری از محاسبات را می‌توانیم در همان فضای ابری انجام دهیم و دیگر نیازی نباشد که خود gadget پردازشی انجام بدهد.

خب تا اینجا همه چیز حل شده است و چالشی احساس نمی‌شود!

۳-۱ چالش اصلی کجاست؟

در برخی از حالت‌ها و دستگاه‌ها آن‌قدر سرعت پردازش و حتی امنیت و قابل اعتماد بودن آن مطرح هست که در مسئله‌ی اینکه این پردازش‌ها کجا انجام پذیرد مسئله مهمی به شمار می‌رود. برای مثال یک ماشین هوشمند را نظر بگیرید، که واقعا نیاز دارد کاملا اطلاعاتش سریع و دقیق پردازش شوند. حالا اگر این پردازش‌ها در فضای ابری انجام شوند و از طریق اینترنت انجام شوند، ممکن است خطاهایی رخ بدهد و باعث آسیب‌های جبران ناپذیری بشود.

اینجاست که مفهوم edge computing مطرح میشود که بیانگر این است که این محاسبات یا در همان خود دستگاه و یا در جایی که هیچ خطای چه شبکه و چه کمبود منابع رخ بدهد، انجام بشوند. چه در خود دستگاه و چه در جایی نزدیک آن.

۴-۱ برخی مواردی که edge computing اهمیت پیدا میکند.

۱-۴-۱ حمل و نقل هوشمند

ماشین‌های هوشمند را درواقع میتوان کامپیوترهای خیلی هوشمند متحرک در نظر گرفت. در این ماشین‌ها نمی‌توان پردازش‌ها را در فضای ابری انجام داد، زیرا مسیر رفت و برگشت هم کند است و خطاهای زیادی دارد و یک ماشین نمی‌تواند منتظر پاسخ چیزی باشد تا براساس آن تصمیم بگیرد. در اینجا همه محاسبات باید در نزدیک ترین جای ممکن به سنسورها انجام شده و در سریع‌ترین زمان ممکن بدون خطای انتقال به آن‌ها برسد.

۲-۴-۱ حوزه سلامت و پزشکی

همان‌طور که قبلا هم اشاره شد، اینترنت اشیا در حوزه‌های بسیاری ورود کرده که پزشکی هم از این قاعده مستثنی نیست. و اتفاقا بازارهای بزرگ اینترنت اشیا حساب می‌شود. حالا اینجا هم ممکن است محاسبات در cloud انجام شوند و ممکن است در نزدیک‌ترین جا به سنسور. مثلا در سنسورهایی که داخل دستگاه‌های جراحی قرار دارند و یا بعضی از ساعت‌های هوشمند که اطلاعات سلامت افراد را جمع‌آوری میکنند، پردازش‌ها در لبه سنسور انجام می‌شوند. و نیازی نیست با فضای ابری اطلاعاتی در لحظه رو و بدل شود.

۳-۴-۱ کشاورزی

با توجه به موقعیت مکانی دوردست مزارع، که بسیاری از آنها دسترسی محدود به پهنای باند دارند، کشاورزی یک نامزد اصلی برای بهره‌مندی از edge computing است. برخلاف ماهواره‌های تمام وقت یا

اتصالات مایکروویو، edge computing گزینه ای پایدار و مقرون به صرفه را ارائه می دهد. مزارع هوشمند می توانند از اینترنت اشیا برای ردیابی مکان تجهیزات ، دمای محیط و عملکرد تجهیزات استفاده کنند.

۴-۴-۱ خردهفروشی

آینده سوپر مارکت شامل قفسه های هوشمند با کمک اینترنت اشیا خواهد بود. با استفاده از سنسورهای RFID (ID Radio Frequency) در قفسه ها ، شرکت های خرده فروشی قادر به جمع آوری داده ها هستند. در بعضی موارد ، روبات ها قفسه ها را اسکن می کنند تا به دنبال مواردی باشند که نیاز به راه اندازی مجدد دارند. برخی از فروشگاه های خرده فروشی حتی به میهمانان اجازه می دهند با وسایل خود از فروشگاه خارج شوند و کارت های خود را از طریق یک برنامه موبایل شارژ کنند. این امر باعث می شود زمان انتظار برای رونق گرفتن و یک تجربه خرید بدون درز برای میهمانان کاهش یابد.

۵-۴-۱ انرژی

برای شرکت های نفت و گاز و انرژی، edge computing می تواند تولید، فرآیندها و امنیت را بهبود بخشد. به وفور در بسیاری از مناطق دور افتاده، شرکت های انرژی برای پردازش اطلاعات به اندازه کافی سریع برای رفع نیازهای خود بدون اتصال به فضای ابری، تلاش می کنند. سنسورهایی را در نظر بگیرید که پمپ های نفتی را در این زمینه رصد می کنند که امروز باید از نزدیک با نظارت انسانی کنترل شوند. پردازش داده های زمان واقعی باعث می شود شرکت های انرژی برای هشدار نسبت به مشکلات این پمپ های نفتی به منظور جلوگیری از نظارت غیر ضروری بر هزینه های سربار و بهبود زمان پاسخ دادن به مسئله هشدار دهند.

فصل دوم

پیشرفت و توسعه‌ی edge computing در صنعت

۱-۲ بررسی intelligent edge computing

تا اینجا با مفهوم، چرایی و برخی کاربردهای edge computing آشنا شده‌ایم. با بررسی‌ها و پیشرفت‌هایی که در این حوزه انجام شده، مشخص شده است که انتخاب اینکه محاسبات در حالت‌های مختلف در کجا باید انجام بگیرد تا بهترین خروجی حاصل گردد، امری مهم است. حالا چند معقوله مطرح می‌شود، یکی اینکه به صورت پیش‌فرض این حالت در دستگاه باشد که محاسبات را در جای به‌خصوصی انجام دهد. ولی حالت بعدی پا را فراتر از این می‌گذارد و از هوشمند سازی سنسور یا دستگاه در انتخاب این موضوع صحبت میکند که در آن دستگاه از تکنولوژی‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق بهره می‌برد که این تصمیم را در بهترین وجه بگیرد.

در این فصل به بررسی اجمالی معماری اینترنت اشیا یک شهر هوشمند می‌پردازیم و نقش intel-ligent edge computing را در آن بررسی می‌کنیم.

۲-۲ بررسی معماری مدیریت انرژی بر پایه اینترنت اشیا یک شهر

هوشمند [۱]

۱-۲-۲ ساختمان‌های هوشمند

اگر بخواهیم یک شهر هوشمند داشته باشیم، قاعدتا باید از ساختمان‌های هوشمند شروع کنیم. ساختمانی را تصور کنید که همه چیز در آن تحت کنترل است و به صورت خودکار انجام میشود. مثلاً: با زیاد شدن دمای هوا، کولر روشن می‌شود و با کم شدنش خاموش می‌شود. حالا اگر بخواهیم این ساختمان را از نظر انرژی بررسی کنیم در سه سطح قابل بررسی است:

۱. سطح دستگاه^۱

۲. سطح سیستم^۲

۳. سطح بین سیستم^۳

سطح دستگاه:

دستگاه‌های موجود در ساختمان‌های هوشمند می‌توانند دسترسی به داده‌های ورودی (برق مصرفی، دما، رطوبت و غیره) را که مربوط به آگاهی موقعیتی در مورد شرایط عملیاتی آن است، گسترش دهند. به طور خاص، برای مدیریت انرژی، واحد پردازش IOT باید داده‌های انرژی را به صورت پیش‌بینی یا

Device Level^۱

System Level^۲

Inter-System Level^۳

تطبیقی پردازش کند و خروجی را به واحدهای فرماندهی و کنترل مربوط منتقل کند. سپس محرک های نهایی می توانند اقدامات لازم را انجام دهند.

سطح سیستم:

در سطح سیستم، عملکرد اصلی یک ساختمان هوشمند، هماهنگی و هماهنگ سازی رفتارهای مؤلفه های مختلف مرتبط با انرژی است. برای مدیریت بهتر و کنترل واحدهای مرتبط با انرژی، ساختمان هوشمند می تواند به طور خودکار سیستم اصلی داخلی ساختمان مورد حمایت سیستم IOT را در کوتاه مدت تنظیم کند. برنامه های مرتبط با انرژی همچنین توسط بسیاری از دستگاه های هوشمند IOT مستقر در سیستم پشتیبانی می شوند.

سطح بین سیستم:

به ادغام چندین زیر سیستم مستقل اشاره دارد و به منظور دستیابی به مدیریت انرژی برای ساختمان های هوشمند، در کنار هم کار می کنند. به این معنا، یک ساختمان هوشمند یک سیستم بین شهری است که در آن برق، گاز، گرمایش و سایر سیستم ها به عنوان یک سیستم واحد یکپارچه می شوند. هوشمندی آن حاکی از ظرفیت مدیریت، اتصال، و تطبیق دارایی ها و کارکردهای مختلف (از جمله عوامل فنی، اقتصادی و اجتماعی) برای رضایت از مدیریت انرژی است.

۲-۲-۲ شبکه برق هوشمند

شبکه برق هوشمند یکی از مؤلفه های اصلی استراتژی های مربوط به آینده انرژی پایدار است. با استفاده از IOT، آنها نه تنها می توانند ۱۱۲ منابع انرژی تجدیدپذیر و الکتروودسازی حمل و نقل را تسهیل کنند، بلکه خدمات جدیدی با ارزش افزوده مرتبط با انرژی ارائه دهند.

به طور خاص، تغییر مدیریت انرژی با طراحی و استقرار شبکه های هوشمند هدایت می شود. شبکه های برق هوشمند قابلیت گسترش قابلیت های خود را با هوشمندی و جریان داده ها دارند. با کمک IOT، مدیریت انرژی در شبکه های برق هوشمند می تواند به هر گوشه از شهر برسد و زیرساخت های شبکه هوشمند و تعامل کاربر پسند را تحریک می کند. انرژی هوشمند به همراه اینترنت توسعه جدید سیستم های مدیریت نیرو با تلفیق عمیق اینترنت و تولید انرژی، انتقال، ذخیره سازی، مصرف و بازار است.

ویژگی های اصلی آن شامل هوشمند بودن تجهیزات، چندین نوع انرژی همزمان، اطلاعات متقارن، تقاضا و تقاضا توزیع می شود، سیستم مسطح و معاملات باز است. به عنوان مثال توسعه امکانات تولید و مصرف انرژی هوشمند از جمله معادن ذغال سنگ هوشمند، مزارع بادی هوشمند، ایستگاه های PV هوشمند و غیره و همچنین سکوهایی ابری با بهره برداری هوشمند مبتنی بر اینترنت، به منظور تحقق بهینه سازی کنترل از راه دور و بهبود کارایی بهره برداری و سود.

۳-۲-۲ شبکه‌های چندتایی

شبکه‌های چندتایی مبتنی بر IOT می‌توانند بهره‌وری کلی و بهره‌مندی از سیستم انرژی را در مناطق با اندازه‌های مختلف از جمله ساختمان‌های بزرگ، پارک‌ها، جزایر، شهرها و ... بهبود بخشند. بر اساس تکنولوژی مورد استفاده در سیستم IOT، شبکه‌های چند انرژی می‌توانند شبکه الکتریکی هوشمند، شبکه‌های گرما و گاز و ترافیک شبکه را برای مدیریت یکپارچه انرژی برای شهرهای هوشمند ادغام کنند. علاوه بر این، مزایای استفاده از IOT در یک سیستم چند انرژی در زیر ذکر شده است.

۱. ترویج ادغام عمیق زیرساخت‌های انرژی و اطلاعات

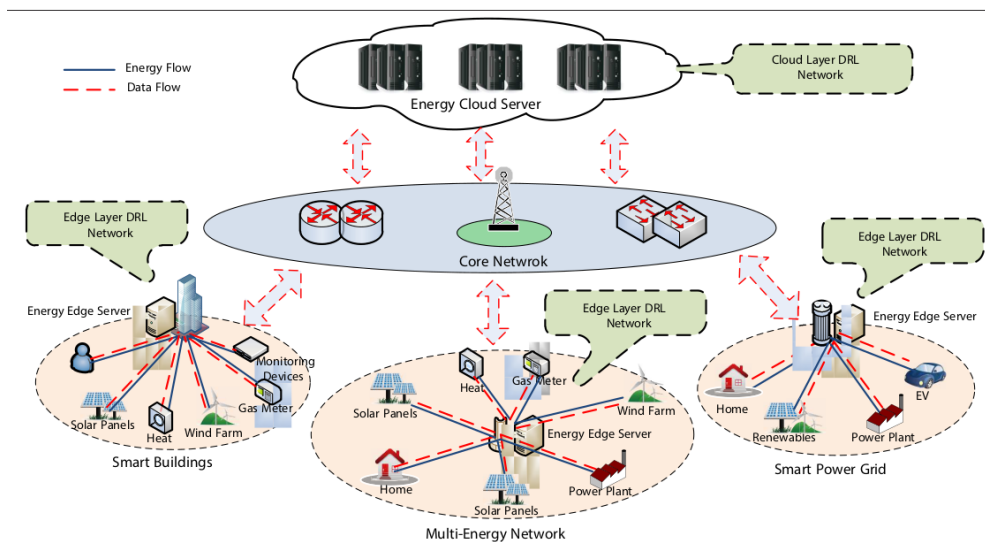
- براساس فن آوری IOT، یک سیستم چند انرژی می‌تواند ساخت شبکه‌های انرژی از جمله برق، گاز، هوای خنک، گرما و ... را با زیرساخت‌های اطلاعاتی خود از جمله معماری اطلاعات، واحد ذخیره‌سازی و غیره هماهنگ کند. بدین ترتیب، سیستم اطلاعاتی و سیستم انرژی، در اندازه‌گیری، محاسبه، کنترل و غیره می‌توانند بسیار کارآمد شوند. این ادغام می‌تواند ساختار استاندارد شبکه و انرژی و رابط اطلاعاتی را ایجاد کند.

۲. توسعه مدیریت هوشمند انرژی

- از طریق توسعه شبکه‌های IOT پیشرفته، امکانات نهایی از جمله خانه‌های هوشمند، مناطق هوشمند و غیره می‌توانند بسترهای نظارت بر کارایی انرژی را بسازند، خدمات مدیریت انرژی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی را ارائه دهند و به شخصی‌سازی هوشمند و معاملات انعطاف‌پذیر انرژی پی ببرند.

۳. پرورش و استفاده از بازار انرژی‌های جدید

- با استفاده از یک سیستم اینترنت اشیا، اشخاص چند انرژی می‌توانند به جمع‌آوری اتوماتیک از راه دور و خواندن آب، گاز، گرما و برق در یک کنتور مشترک برسند. این مزیت یک سیستم انرژی مبتنی بر اینترنت اشیا می‌تواند یک سیستم بازار آزاد و مشترک را شامل شود که شامل کاربران کوچک و خرد مانند افراد، خانواده‌ها و منابع انرژی توزیع شده برای به اشتراک گذاری و تجارت انرژی با انعطاف‌پذیری و مساوی از طریق سیستم عامل‌های یکپارچه می‌شود.



شکل ۱-۲: معماری کلی مدیریت انرژی یک شهر هوشمند بر پایه اینترنت اشیا

فصل سوم

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۳ جمع‌بندی

با توجه به توسعه و پیشرفت روزافزون اینترنت اشیا در دنیا و نیاز و بازاری که برای آن بوجود آمده است، حجم توسعه این فناوری بالا رفته و جزو فناوری‌های پرطرفدار و به‌روز در دنیا به شمار می‌آید. از این رو شرکت‌های زیادی در دنیا به توسعه این تکنولوژی و کسب درآمد از آن می‌پردازند. طبیعی است که چالش‌های مختلفی سر راه توسعه این فناوری قرار دارد. یکی از آن‌ها حجم بزرگ داده‌ها و محاسباتی است که قرار است روی آن‌ها انجام شود و خروجی مطلوب تولید شود. یکی از روش‌های ارائه شده برای حل این موضوع، محاسبات لبه یا همان edge computing است.

این روش می‌کوشد راه‌هایی برای پیدا کردن محل انجام محاسبات پیدا کند و پیشنهاد می‌کند برای دستگاه‌ها و حس‌گرهایی که به داده‌های در لحظه و قابل اطمینان نیاز دارند، این محاسبات در نزدیک‌ترین جای ممکن به دستگاه یا همان لبه انجام شوند، تا از سرعت و امنیت کافی برخوردار باشند.

این عملکرد نیز خود ضعف‌ها و قدرت‌هایی دارد و در عین حال همیشه نزدیک‌ترین جا بهترین جا برای محاسبات نیست و به لحاظ هزینه می‌تواند جای محاسبات عوض شود.

در اینجا مفهوم محاسبات لبه هوشمند یا همان intelligent edge computing مطرح می‌شود که با تکنولوژی‌هایی مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به پیش‌بینی بهترین مکان برای محاسبات می‌پردازد.

۲-۳ نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده و اهمیت بیشتر موضوع در مواقع حساس و همچنین در موارد کلان مانند شهرهای هوشمند و مدیریت انرژی به نظر می‌رسد استفاده از محاسبات لبه‌ی هوشمند مناسب‌تر از محاسبات لبه است.

۳-۳ پیشنهادات

با توجه به مواردی که بیان شد و بازار بزرگ صنعت اینترنت اشیا، پیشنهاد می‌شود که اولاً ادامه تحقیقات برای پیاده‌سازی محاسبات لبه هوشمند در عمل و تست‌های مکرر، انجام گیرد.

همچنین بررسی چالش‌های دیگر اینترنت اشیا مانند: امنیت و سرعت و هزینه و ... می‌تواند کمک شایانی به پیشرفت هر چه بیشتر این صنعت داشته باشد.

منابع و مراجع

- [1] Liu, Yi, Yang, Chao, Jiang, Li, Xie, Shengli, and Zhang, Yan. Intelligent edge computing for iot-based energy management in smart cities. IEEE Network, 33(2):111–117, 2019.

واژه‌نامه‌ی فارسی به انگلیسی

آ

اینترنت اشیا Internet Of Things

ب

باسواد intelligent

ش

شبکه network

ک

کلود cloud

ل

لبه Edge

م

محاسبات لبه Edge computing

موبایل Mobile

ه

هوشمند smart

واژه‌نامه‌ی انگلیسی به فارسی

E	سطح level
Edge لبه	N
edge computing محاسبات لبه	network شبکه
I	S
Internet Of Things اینترنت اشیا	system دستگاه
L	