



دانشگاه دامغان

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی مهندسی کامپیوتر

طراحی و توسعه یک دروازه اینترنت اشیا (Gateway IoT)

علی سپهرنیا

استاد راهنما:

دکتر محمود معلم

بهمن ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از خانواده عزیزم به ویژه پدر و مادرم بابت تمام زحمات ایشان در طول این سالیان و از همه اساتید گرامی به ویژه آقای دکتر معلم، آقای دکتر مرتضوی، آقای دکتر متقی، خانم دکتر کریمی، خانم خاتمی و خانم عرفانی که بسیار از آنها آموختم کمال تشکر و قدردانی را دارم. امیدوارم با گام برداشتن در مسیر دانش و کسب مهارت بتوانم اندکی از زحمات آنها را جبران نمایم.

پیش نویس

چکیده فارسی

هدف از این پروژه طراحی و برنامه‌نویسی یک نرم‌افزار واسط در حوزه اینترنت اشیا است که در قالب یک دروازه عمل می‌کند. این نرم‌افزار در پروژه‌های اینترنت اشیا به‌منظور ایجاد یک شبکه غیرمتمرکز (Decentralized) برای تقسیم بار شبکه (Load Balancing)، پردازش در لبه (Edge Computing)، اتصال دستگاه‌هایی که توانایی اتصال مستقیم به سرور مرکزی را ندارند (Legacy Devices) و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد. دستگاه‌های مختلف موجود در شبکه از جمله سرورها، مودم‌ها، سوئیچ‌ها، دستگاه‌های ارتباطی، دوربین‌های نظارتی، لوازم‌خانگی متصل به اینترنت و ... با استفاده از پروتکل‌های مختلف ارتباطی از جمله TCP، UDP، SNMP، MQTT و ... به دروازه متصل می‌شوند. دروازه در سمت دیگر خود به سرور مرکزی متصل می‌شود و این اطلاعات را به سرور مرکزی منتقل می‌کند. در این نرم‌افزار دو کلاس کمکی برای برقراری ارتباط با سرور مرکزی بر مبنای پروتکل MQTT تعبیه شده است. یکی از کلاس‌ها وظیفه راه‌اندازی و مدیریت یک سرور MQTT برای دریافت اطلاعات از سرور مرکزی را دارد و کلاس دیگر وظیفه راه‌اندازی یک MQTT API برای ارسال اطلاعات به سرور مرکزی. علاوه بر این برای مدیریت بهتر نرم‌افزار کلاس‌های دیگر از جمله کلاس پیکربندی (Config) برای پیکربندی بخش‌های مختلف دروازه و کلاس ثبت وقایع (Log) برای ثبت وقایع که در بخش‌های مختلف دروازه صورت گرفته است به کار می‌روند. این نرم‌افزار به زبان C# و تحت چهارچوب ASP.Net Core توسعه می‌یابد. برای ارتباطات MQTT از کتابخانه MQTTNet، برای پیکربندی از کتابخانه Microsoft.Extensions.Configuration، برای ثبت وقایع از کتابخانه Microsoft.Extensions.Logging و برای پایگاه‌داده از پایگاه‌داده غیررابطه‌ای MongoDB و کتابخانه MongoDB Driver استفاده شده است.

لازم به ذکر است به جهت کاهش هزینه‌های توسعه آتی و با در نظر داشتن استفاده از نرم‌افزار در راه‌اندازی یک شبکه اینترنت اشیا برای خانه هوشمند، این نرم‌افزار با تمرکز بیشتر بر روی معماری نرم‌افزار، ماژولار بودن و قابلیت گسترش توسعه یافته است. در واقع به جای اضافه کردن امکانات (Feature) متعدد، سعی بر این بوده است که با استفاده از رویکردهای استاندارد مهندسی نرم‌افزار و استانداردهای توسعه ASP.Net، یک اکوسیستم اختصاصی برای این منظور خلق شود که قابلیت شخصی‌سازی و تغییر و گسترش با هزینه نسبتاً پایین را داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: دروازه - شبکه - سرور - اینترنت اشیا - IoT - TCP - UDP - MQTT - Gateway - Web API - ASP.Net Core - MongoDB

فهرست مطالب

فصل ۱: اینترنت اشياء.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۱
۲-۱ تاریخچه.....	۲
۳-۱ تعریف.....	۲
۴-۱ فناوری‌های اساسی مورد استفاده.....	۳
۵-۱ قابلیت‌ها.....	۳
۶-۱ حوزه‌های استفاده.....	۴
۷-۱ ویژگی‌ها.....	۴
۸-۱ چالش‌ها.....	۵
۹-۱ معماری.....	۶
۱-۹-۱ لایه A لایه دستگاه‌ها (سنسورها).....	۶
۲-۹-۱ لایه B لایه دروازه و شبکه.....	۶
۳-۹-۱ لایه C لایه مدیریت و سرویس.....	۷
۴-۹-۱ لایه D لایه اپلیکیشن.....	۷
10-1 نتیجه‌گیری.....	۸
۱-۱۰-۱ مقدمه.....	۸
۲-۱۰-۱ تاریخچه.....	۹
۳-۱۰-۱ تعریف.....	۹
۴-۱۰-۱ فناوری‌های اساسی مورد استفاده.....	۹
۵-۱۰-۱ قابلیت‌ها.....	۹
۶-۱۰-۱ حوزه‌های استفاده.....	۱۰
۷-۱۰-۱ ویژگی‌ها.....	۱۰
۸-۱۰-۱ چالش‌ها.....	۱۰
۹-۱۰-۱ معماری.....	۱۱
فصل ۲: دروازه اینترنت اشياء.....	۱۲
۱-۲ مقدمه.....	۱۲
۲-۲ شبکه‌های حوزه حسگر.....	۱۳
۱-۲-۲ شبکه شخصی (PAN).....	۱۳
۲-۲-۲ شبکه وسیله نقلیه.....	۱۴

۱۴	۳-۲-۲ شبکه خانگی
۱۴	۳-۲ شبکه‌های حوزه اپلیکیشن
۱۴	۴-۲ ویژگی‌ها
۱۵	۱-۴-۲ رابط‌های چندگانه
۱۵	۲-۴-۲ مبدل پروتکل
۱۵	۳-۴-۲ مدیریت پذیری
۱۶	۵-۲ معماری
۱۷	۱-۵-۲ ماژول انتزاع سرویس
۱۷	۲-۵-۲ ماژول سازگار کننده
۱۸	۳-۵-۲ ماژول مبدل پروتکل و ارسال داده
۱۸	۴-۵-۲ ماژول نمایه اپلیکیشن و ماژول نمایه شبکه
۱۸	۵-۵-۲ ماژول امنیت و مدیریت
۱۸	۶-۲ نتیجه‌گیری
۱۸	۱-۶-۲ مقدمه
۱۹	۲-۶-۲ شبکه‌های حوزه حسگر و حوزه اپلیکیشن
۱۹	۳-۶-۲ ویژگی‌ها
۱۹	۴-۶-۲ معماری
۲۱	فصل ۳: اصطلاحات و مفاهیم
۲۱	۱-۳ پروتکل MQTT: استاندارد پیام‌رسانی اینترنت اشیا
۲۳	فصل ۴: تحلیل
۲۳	۱-۴ مقدمه
۲۳	۲-۴ مدل توسعه سریع اپلیکیشن (RAD)
۲۳	۱-۲-۴ مقدمه
۲۳	۲-۲-۴ مراحل
۲۴	۳-۴ معماری (CONTEXT DIAGRAM)
۲۸	۴-۴ نمودار جریان داده (DFD)
۳۳	5-4 نمودار ACTIVITY
۳۳	۶-۴ نمودار کلاس (مدل داده)
۳۳	۷-۴ نتیجه‌گیری
۳۴	فصل ۵: پیاده‌سازی

۱-۵	مقدمه	۳۴
۲-۵	توسعه اتصال از طریق MQTT	۳۴
۳-۵	افزودن پایگاه داده MONGODB	۳۶
۴-۵	توسعه سرویس ثبت وقایع و سرویس پیکربندی	۳۶
۵-۵	توسعه ارتباط MQTT از طرف سرور با دروازه	۳۷

پیش نویس

فهرست نمودارها، عکس‌ها و نقشه‌ها

شکل ۱-۱	.....	۱
شکل ۱-۲	.....	۸
شکل ۲-۱	.....	۱۲
شکل ۲-۲	.....	۱۵
شکل ۲-۳	.....	۱۶
شکل ۲-۴	.....	۱۷
شکل ۳-۱	.....	۲۲
شکل ۴-۱	.....	۲۵
شکل ۴-۲	.....	۲۶
شکل ۴-۳	.....	۲۷
شکل ۴-۴	.....	۲۸
شکل ۴-۵	.....	۲۹
شکل ۴-۶	.....	۳۰
شکل ۴-۷	.....	۳۱
شکل ۴-۸	.....	۳۲
شکل ۴-۹	.....	۳۳

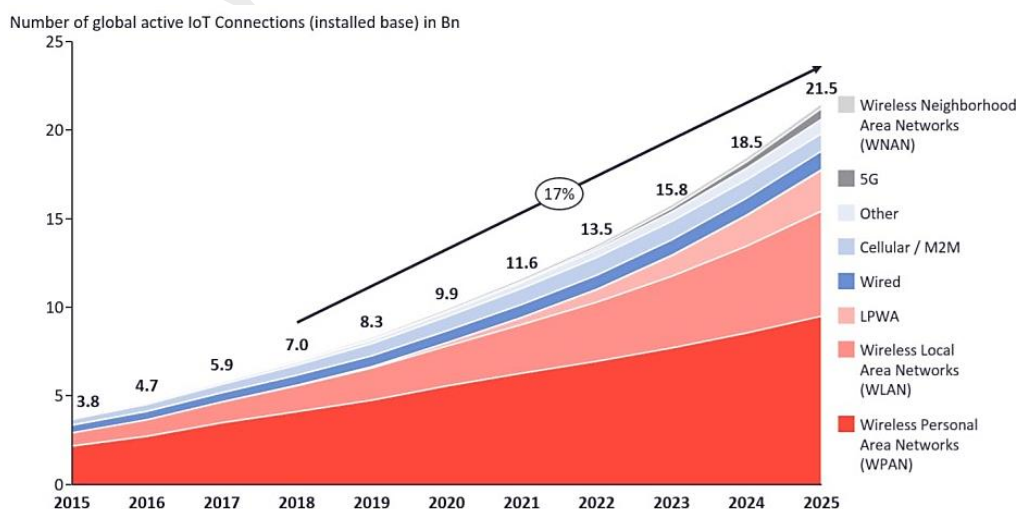
فصل ۱: اینترنت اشیاء

۱-۱ مقدمه

امروزه اصرار برای اتصال همه چیز به اینترنت در حال افزایش است. این کار نه تنها برای ارسال اطلاعات به سرورها و ذخیره سازی و پردازش آنها بلکه برای کنترل کامل دستگاه های فیزیکی بر روی وب است. [1]

دنیایی را تصور کنید که در آن میلیاردها شیء بتوانند حس کنند، ارتباط برقرار کنند و اطلاعات به اشتراک بگذارند. این اشیای متصل به هم به طور منظم داده ها را جمع آوری کرده، آنالیز می کنند و از آنها برای انجام رخدادهایی استفاده می کنند که باعث می شود سرمایه ای هوشمند برای برنامه ریزی، مدیریت و تصمیم گیری در اختیار داشته باشیم. [1]

طبق آمار منتشر شده در سال ۲۰۱۸ تعداد دستگاه های متصل به اینترنت حدود ۷ میلیارد دستگاه بوده است و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۵ این رقم به ۲۱/۵ میلیارد برسد که این یعنی حدود ۲۰۰٪ افزایش در تعداد دستگاه های شبکه اینترنت اشیاء. علاوه بر این در نمودار ذکر شده که تعداد دستگاه ها را از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ ذکر کرده است، رشد نمایی این تعداد مشهود است. [2]



شکل ۱-۱

بنابراین آمار نشان می‌دهد که حوزه‌ی اینترنت اشیاء روزبه‌روز بیشتر موردتوجه قرار خواهد گرفت و همچنین بازار قابل‌توجهی از صنعت فناوری اطلاعات و ارتباطات را به خود اختصاص می‌دهد. در نتیجه لازم است متخصصین، پژوهشگران و سیاست‌گذاران این حوزه علاوه بر پایش روند رشد این شبکه عظیم، به معایب، مشکلات و مسائل این رشد روزافزون نیز توجه کنند تا مزایای استفاده از این پتانسیل ارزشمند افزایش یابد و مخاطرات آن به حداقل برسد.

۲-۱ تاریخچه

اولین دورسنجی در سال ۱۹۱۲ و در شیکاگو صورت گرفت. گفته می‌شود که در آن از خطوط تلفن برای پایش داده‌های نیروگاه استفاده شده است. دورسنجی به پایش آب‌وهوا در سال‌های ۱۹۳۰ نیز گسترش یافت و در آن از یک دستگاه به نام رادیوسوند به طور گسترده برای پایش وضعیت آب‌وهوا از بالون‌های هواشناسی استفاده می‌شد. [3]

استفاده گسترده از اینترنت اشیاء و در واقع ارتباطات ماشین با ماشین در دهه ۸۰ میلادی با فناوری موسوم به SCADA در سامانه‌های امنیتی کارخانه‌ها، خانه‌ها و دفاتر تجاری رقم خورد. بعدها در دهه ۹۰ استفاده از فناوری‌های بی‌سیم برای ارتباطات اشیاء استفاده شد که به دلیل گران بودن ارتباطات سلولی از شبکه‌های رادیویی استفاده می‌شد. در نهایت شروع گسترش شدید اینترنت اشیاء با معرفی اولین مازول شبکه سلولی توسط شرکت زیمنس در سال ۱۹۹۵ آغاز شد. [۳]

۳-۱ تعریف

اینترنت اشیاء در توصیه‌نامه ITU-T Y.2060 (۲۰۱۲/۰۶) توسط اتحادیه جهانی ارتباطات به‌صورت زیر تعریف شده است:

«یک زیرساخت جهانی برای جامعه اطلاعاتی است که با به اتصال اشیاء (فیزیکی و مجازی) به هم و بر اساس فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی متقابل که یا موجودند و یا در حال توسعه، خدمات پیشرفته‌ای را امکان‌پذیر می‌کند.» [4]

اینترنت اشیاء در ویکی‌پدیا به‌صورت زیر تعریف شده است:

«اشیای فیزیکی (گروهی از آنها) که شامل حسگرهای تعبیه شده، قابلیت پردازش، نرم‌افزار و دیگر فناوری‌هایی هستند که آنها را قادر می‌سازد تا از طریق اینترنت یا شبکه‌های ارتباطی دیگر به دستگاه‌ها و سامانه‌های دیگر وصل شوند و به تبادل داده بپردازند.» [5]

۴-۱ فناوری‌های اساسی مورد استفاده

در ابتدایی‌ترین سطح، فناوری‌هایی که اینترنت اشیاء را ممکن می‌سازد، دستگاه‌ها و فناوری‌های ارتباطی است. دستگاه‌ها می‌توانند ساده‌ترین تا پیچیده‌ترین اشیاء مورد استفاده ما باشد که معمولاً در قلب آنها از فناوری‌های توکار نظیر میکروکنترلرها و ریزپردازنده‌ها استفاده می‌شود. فناوری‌های ارتباطی مورد استفاده می‌تواند شامل ارتباطات با سیم، بی‌سیم یا ترکیبی از این دو باشد. فناوری‌های با سیم مورد استفاده شامل ارتباط سریال، اترنت و ... و فناوری‌های بی‌سیم شامل مادون قرمز، بلوتوث، وای‌فای، شبکه سیم‌کارت و ... می‌شود. [1]

در سطوح بالاتر اشیای فیزیکی ساده معمولاً با یا بدون واسطه‌های سخت‌افزاری، به سرورهای محلی متصل شده و سرورهای محلی نیز به سرور مرکزی متصل می‌شوند. بنا بر نیازمندی‌ها سرورهای محلی می‌توانند تجهیزات ساده‌ای شامل میکروکنترلرها باشند که صرفاً پیام‌ها را، بین سرور مرکزی و اشیاء پایین‌دست ردوبدل می‌کنند یا اینکه سرورهای حتی قدرتمند از سرور مرکزی باشند که توانایی مدیریت و کنترل کامل کل یا بخشی از شبکه را به عهده بگیرند. در ادبیات اینترنت اشیاء معمولاً به این سرورهای میانی، دروازه (Gateway) گفته می‌شود که در فصل سوم مفصل در مورد آن صحبت خواهد شد.

به‌طور کلی فناوری‌های اساسی مورد استفاده را می‌توان به ۳ دسته زیر تقسیم نمود:

- فناوری‌هایی که اشیاء را قادر می‌سازد تا اطلاعات پیرامون را به دست آورند. (عملکردی)
- فناوری‌هایی که اشیاء را قادر می‌سازد تا اطلاعات زمینه‌ای را پردازش کنند. (عملکردی)
- فناوری‌هایی که امنیت و حریم شخصی را بهبود می‌دهند. (ایجابی)

۵-۱ قابلیت‌ها

اینترنت اشیاء قابلیت این را دارد تا یک دستگاه ساده فیزیکی را با استفاده از فناوری توکار و قدرت پردازشی به یک دستگاه هوشمند تبدیل کند. با استفاده از حسگرها و عملگرهای موجود برای تضمین قابلیت‌های دستگاه، می‌توان اطلاعات موجود را، بین دستگاه‌ها به اشتراک گذاشت تا تجربه کاربری بهبود یابد. [6]

نمونه‌هایی از جمله خانه‌های هوشمند که کاربران می‌توانند ترموستات یا چراغ‌های خانه را با گوشی هوشمند خود، کنترل کنند، نمونه‌هایی اساسی از اینترنت اشیاء هستند. اینترنت اشیاء با حضور در تجربیات روزمره ما از جمله در حمل‌ونقل، سلامت و اتوماسیون صنعتی می‌تواند نقش بسزایی را در بهبود کیفیت زندگی ما بازی کند. [6]

پروژه‌های اینترنت اشیاء می‌تواند قابلیت‌هایی فراتر از اتصال یک دستگاه به اینترنت را فراهم آورد. آنها می‌توانند با اضافه کردن قابلیت‌های جدیدی نظیر هوش مصنوعی به همه‌ی اشیای متداول، افق جدیدی را آشکار سازند. [6]

۶-۱ حوزه‌های استفاده

با وجود پیشرفت روزافزون فناوری و در نتیجه اینترنت اشیاء، دامنه کاربرد آن نیز وسیع‌تر خواهد شد. گرچه امروزه هم نام‌بردن تمام حوزه‌هایی که اینترنت اشیاء در آن مورد استفاده است کاری بسیار وقت‌گیر است. با این وجود برای کامل شدن این فصل به چندی از حوزه‌های پرکاربرد که اینترنت اشیاء در آن نفوذ کرده است اشاره خواهد شد:

- **خانه هوشمند:** کنترل از راه دور و خاموش و روشن کردن لوازم خانگی نظیر چراغ‌ها، سامانه‌های سرمایشی و گرمایشی و ... / پایش متغیرهای محیطی نظیر دما، رطوبت، فشار هوا و ... / مدیریت تجهیزات امنیتی نظیر دوربین و آژیر / تشخیص باز و بسته شدن درب و پنجره‌ها / پایش میزان مصرف انرژی و آب و گاز و مواردی نظیر اینها
 - **شهر هوشمند:** پایش سلامتی سازه‌ها و ساختمان‌ها / کنترل چراغ‌ها با توجه به میزان روشنایی و آب‌وهوا / پایش ترافیک از طریق دوربین‌های نظارتی، پارک هوشمند / مدیریت پسماند و سطل‌های زباله
 - **محیط زیست هوشمند:** پایش آلودگی هوا و میزان آلاینده‌ها / تشخیص حوادث زیست‌محیطی نظیر زلزله، سیل، آتشفشان، آتش‌سوزی و ... / پایش کیفیت آب / پایش آب‌وهوا و متغیرهای محیطی نظیر دما، رطوبت و فشار / ردیابی و محافظت از گونه‌های جانوری
 - **صنایع هوشمند:** پایش و مدیریت گلخانه‌ها از راه دور / آبیاری خودکار باغ‌ها و مزارع / پایش کیفیت خاک / ردیابی حیوانات مزارع / تشخیص نشت گاز یا مواد سمی در کارخانه‌ها / حفاظت از کارگران با پایش متغیرهای محیطی نظیر میزان اکسیژن هوا / پایش و مدیریت خطوط تولید از راه دور [1]
- و بسیاری موارد دیگر!

۷-۱ ویژگی‌ها

- **اتصال:** یکی از ویژگی‌های کلیدی که پتانسیل زیادی از اینترنت اشیاء مربوط به آن است، قابلیت اتصال است. اشیاء موجود در این شبکه بسته به ماهیت مسئله و نیازمندی‌ها می‌توانند از طیف گوناگونی از روش‌های ارتباطی بهره‌مند باشند. اتصال در شبکه‌های اینترنت اشیاء می‌تواند از نوع محلی و بین دستگاه‌های واقع در یک شبکه صورت بگیرد یا به صورت فراگیر و بین دستگاه و شبکه خارجی و ... باشد.
- **ناهمگونی:** دستگاه‌های موجود در اینترنت اشیاء از نظر سخت‌افزار، سکو، سیستم‌عامل و شبکه‌های ارتباطی قابل استفاده از هم متفاوت هستند.

- **بزرگ مقیاسی:** اگرچه در خیلی از موارد شبکه‌های کوچک و محلی از اشیای متصل به اینترنت نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (مثلاً در خانه هوشمند) اما با اتصال همه‌ی این شبکه‌ها به هم شبکه‌های بسیار بزرگی تشکیل می‌شود که برقراری امنیت و کنترل و پردازش داده‌های آنها به مسئله‌ای جدی تبدیل می‌شود. علاوه بر این امروزه مشاهده می‌کنیم که تعداد اشیای متصل به کل شبکه اینترنت از تعداد انسان‌ها نیز فراتر رفته است!
- **خدمات مرتبط با اشیاء:** می‌توان با توسعه سرویس، ویژگی‌های مختص به هر شیء را مورد استفاده قرار داد.
- **پویایی:** دستگاه‌های موجود می‌تواند در وضعیت‌های متفاوتی نسبت به هم باشند. مثلاً متصل، قطع و ... علاوه بر این تعداد دستگاه‌های متصل و همچنین ویژگی‌های تعریف شده برای دستگاه می‌تواند در هر لحظه تغییر کند.
- **امنیت:** بحث امنیت همواره در شبکه‌های ارتباطی یکی از موضوعات مهم و بحث‌برانگیز بوده است. اینترنت اشیاء با وجود رشد روزافزون و اتصال دستگاه‌های بیشتر و بیشتر به آن نیز نه تنها از این قاعده مستثنی نیست بلکه یکی از مسائل چالش‌برانگیز موجود در این اکوسیستم است.

۸-۱ چالش‌ها

- **حریم شخصی و امنیت:** فراهم آوردن اعتماد در راستای به اشتراک گذاری محتوا / تبادل امن داده‌ها / امنیت ارتباطات / حفاظت از دستگاه‌های آسیب‌پذیر / حفظ اصل محرمانگی اطلاعات / احراز هویت / تعیین سطوح دسترسی و ...
- **هزینه در برابر قابلیت استفاده:** هزینه‌ی معقول جهت راه‌اندازی یک سامانه اینترنت اشیاء با قابلیت پایش محیط، رهگیری و کنترل
- **قابلیت سازگاری:** پشتیبانی از سکوهاى مختلف / پشتیبانی از پروتکل‌های ارتباطی مختلف / قابلیت ارتباط عناصر ناهمگون با یکدیگر / پشتیبانی و انعطاف‌پذیری سامانه در برخورد با ناهمگونی‌های سخت‌افزاری، ارتباطی و اطلاعاتی (قابلیت‌های ارتباطی، نوع شبکه، فرمت داده و ...)
- **مدیریت داده:** روش‌های ذخیره‌سازی داده / فیلتر داده‌ها / سازگاری داده‌ها / تجزیه و تحلیل / بایگانی داده‌ها / تمیز کردن داده‌ها / پردازش بلادرنگ داده‌ها / یکپارچه‌سازی داده‌ها و ...
- **مصرف انرژی:** اتصال اشیاء به هم با در نظر گرفتن محدودیت‌های انرژی دستگاه‌ها / بهینه‌سازی پروتکل‌های ارتباطی / توسعه فناوری‌های ارتباطی کم‌مصرف تر و ... [1]

۹-۱ معماری

اینترنت اشیاء به عنوان یک زیرساخت و اکوسیستم بزرگ، از لایه‌های مختلفی از فناوری‌ها تشکیل شده است. شکل زیر نشان می‌دهد که چگونه عناصر این اکوسیستم در کنار هم اینترنت اشیاء را تشکیل می‌دهند و هرکدام از آنها چه ابعادی از نظر ارتباط، مقیاس، ماژولار بودن و قابل تنظیم بودن را دارا هستند. [1]

۹-۱-۱ لایه A: لایه دستگاه‌ها (سنسورها)

لایه دستگاه/سنسور هوشمند به عنوان پایین‌ترین لایه، از اشیای هوشمندی تشکیل شده است که با حسگرها یکپارچه شده‌اند. حسگرها با جمع‌آوری و پردازش اطلاعات به صورت بلادرنگ، ارتباط بین دنیای فیزیکی و دنیای دیجیتال را فراهم می‌کنند. انواع مختلفی از حسگرها برای مقاصد گوناگون وجود دارند. به عنوان نمونه برخی از آنها قابلیت اندازه‌گیری مواردی نظیر دما، کیفیت هوا، سرعت، رطوبت، فشار هوا و ... را دارند. در برخی موارد بعضی از آنها به سطحی از حافظه مجهزند که آنها را قادر می‌سازد تا حد معینی از آخرین داده‌های اندازه‌گیری شده را درون خود نگهداری کنند. [1]

بسیاری از حسگرها نیازمند اتصال به دروازه هستند. این اتصال می‌تواند در اشکال مختلفی از شبکه‌های محلی مانند اترنت، وای‌فای، زیگبی، بلوتوث و ... برقرار شوند. برای حسگرهایی که نیازمند به تجمیع کننده‌های حسگر نیستند، این ارتباط می‌تواند یک ارتباط مستقیم با سرور از طریق شبکه‌های گسترده مانند GSM، GPRS و LTE باشد. حسگرهایی که قدرت کمتری دارند و نرخ انتقال داده آنها کم است معمولاً نوعی از شبکه‌های موسوم به شبکه‌های بی‌سیم حسگر را تشکیل می‌دهند. این نوع حسگرها معمولاً در تعداد فراوانی با فواصل فیزیکی نسبتاً محدود از هم قرار می‌گیرند و در کنار هم به تبادل حجم عظیمی از داده‌ها بین خودشان و سرور می‌پردازند. [1]

۹-۱-۲ لایه B: لایه دروازه و شبکه

عناصر لایه A در کنار هم علاوه بر تعدد در شیوه‌های ارتباطی، با تولید مستمر داده و انتقال بلادرنگ آنها به سمت سرور مرکزی، نیازمندی‌هایی را رقم بزنند که وظیفه رفع آن به عهده یک لایه بالاتر از آن یعنی لایه دروازه و شبکه است. با وجود نیاز به سرویس‌دهی به طیف وسیعی از سرویس‌ها و اپلیکیشن‌های اینترنت اشیاء نظیر سرویس‌های ترانکشن پرسرعت، برنامه‌های کاربردی آگاه از متن و غیره نیاز به شبکه‌های با فناوری‌ها و پروتکل‌های دسترسی متفاوت را رقم می‌زنند. یکی از چالش‌های مهم در این لایه، پیکربندی این شبکه ناهمگون است. از جمله ابعاد مهم دیگر در این شبکه‌ها، توانایی پشتیبانی آنها از نیازمندی‌هایی نظیر نرخ تأخیر، پهنای باند، امنیت و در دسترس بودن است. [1]

از جمله راهکارهای متداول برای پیکربندی این لایه، استفاده از دروازه‌ها است که بنا بر موضوعیت آن در این پروژه، به طور مفصل در فصل‌های بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۹-۳ لایه C: لایه مدیریت و سرویس

این لایه با امکاناتی نظیر تجزیه و تحلیل، کنترل های امنیتی، مدل سازی و مدیریت دستگاهها، پردازش داده ها را ممکن می سازد. [1]

یکی از مهم ترین ویژگی های لایه سرویس مدیریت، موتور پردازش قواعد است. اینترنت اشیاء با فراهم آوردن اتصال و ارتباط بین اشیاء و سامانه ها باعث ایجاد اطلاعات در شکل رویدادها و داده های زمینه محور می شود. دمای مطلوب و نامطلوب، موقعیت فیزیکی فعلی، داده های ترافیکی و ... همه مثال هایی از این داده هستند که نیازمند هستیم تا آنها را فیلتر کرده و برحسب مورد به سمت سامانه های دیگر رهنمون کنیم. همچنین برخی از این رویدادها که معمولاً با امنیت و جان افراد مرتبط هستند، نیازمند پاسخ فوری سامانه هستند. موتور قواعد با ضابطه مند کردن منطق تصمیم گیری ها و پاسخ به نیازمندی ها، یکی از کلیدی ترین نقش های موجود در این لایه، یعنی پردازش و تصمیم گیری را بر عهده دارد. [1]

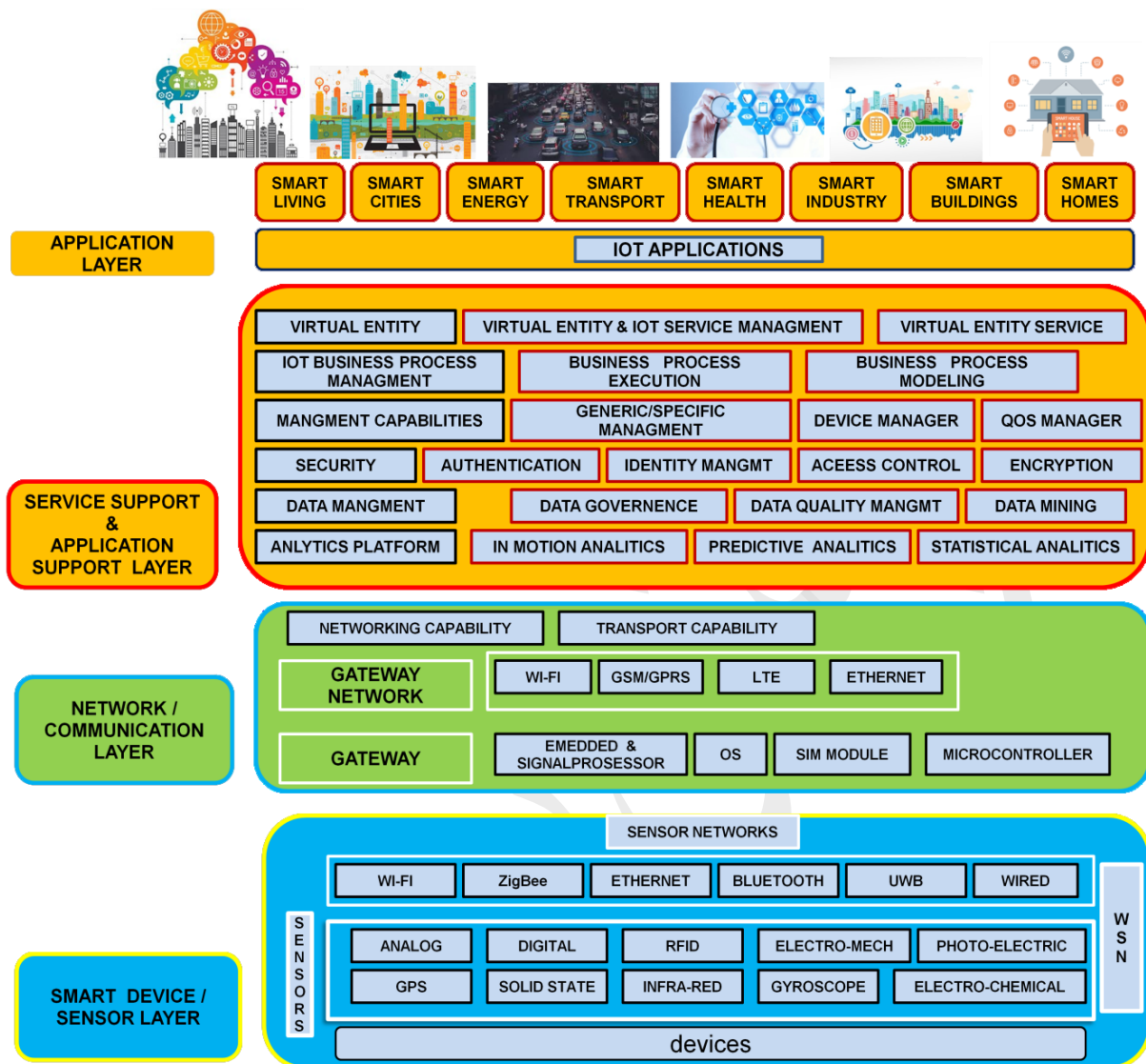
تجزیه و تحلیل داده ها یکی دیگر از ابعاد مهم این لایه است. معمولاً تجزیه و تحلیل در سطوح مختلفی از انتزاع در سامانه های اینترنت اشیاء ظاهر می شود. در پایه ای ترین سطح تجزیه و تحلیل داده ها به صورت بلادرنگ و در حافظه موقت صورت می پذیرد که به دلیل سادگی و سرعت آن، یکی از روش های پرطرفدار در میان توسعه دهندگان است و همچنین قابلیت تصمیم گیری بلادرنگ را نیز فراهم می کند. در مقابل و در سطوح بالاتر تجزیه و تحلیل می تواند با استفاده از الگوریتم های داده کاوی نظیر دسته بندی و خوشه بندی به کاوش الگوها و استخراج دانش از روی داده های ذخیره شده در پایگاه داده سرور بپردازد. [1]

مدیریت داده به عنوان یکی دیگر از عناصر این لایه از اهمیت کلیدی برخوردار است. با استفاده از این عنصر می توان به دسترسی، یکپارچه سازی و کنترل داده ها اهتمام ورزید. یکی از مزایای مهم مدیریت داده، محافظت از نیاز به پردازش داده های نامرتب یا کم اهمیت در سطوح بالاتر سامانه است. روش های گوناگون فیلتر داده ها نظیر بی نام سازی، همگام کردن و یکپارچه کردن از جمله روش هایی است که علاوه بر خلاصه سازی داده ها باعث می شود که تنها اطلاعات مورد نیاز هر سرویس در دسترس آن باشد. [1]

امنیت به عنوان یکی دیگر از وجهه های مهم معماری اینترنت اشیاء مطرح است که باید در تک تک لایه ها از لایه حسگرها و دستگاه ها گرفته تا لایه اپلیکیشن اعمال شود. [1]

۱-۹-۴ لایه D: لایه اپلیکیشن

این لایه فضایی که را هوشمند تلقی می شود در حوزه های گوناگون اعم از: حمل و نقل، ساختمان، شهر، سبک زندگی، فروشگاه، کشاورزی، کارخانه، زنجیره تأمین، اورژانس، سلامت، فرهنگ، گردشگری، محیط زیست و انرژی خلق می کند. به عبارتی دیگر این لایه ارائه دهنده سرویس ها به کاربران اینترنت اشیاء است که با استفاده از داده ها و امکانات فراهم شده در لایه C، ارتباط کاربران را با اشیاء میسر می سازد. [1]



شکل ۱-۲

۱۰-۱ نتیجه گیری

۱۰-۱-۱ مقدمه

اینترنت اشیاء دنیایی از اشیاء هوشمند است. اشیایی که با بهره‌گیری از حسگرها، محرک‌ها و قابلیت اتصال توانایی جمع‌آوری داده‌های محیطی را در یک سامانه نرم‌افزاری فراهم می‌آورد. این سامانه نرم‌افزاری که تحت عنوان سرور مرکزی یا Backend از آن یاد می‌شود، می‌تواند قابلیت‌های فراوانی از جمله نگهداری، تجزیه و تحلیل، مدیریت، تصمیم‌گیری و ... را فراهم کند.

۲-۱۰-۱ تاریخچه

اگرچه تاریخچه اینترنت اشیاء به سال ۱۹۱۲ در پی اقداماتی نظیر دورسنجی نیروگاه‌ها از طریق خطوط تلفن برمی‌گردد اما شروع‌کننده موج استفاده از اینترنت اشیاء به شکل صنعتی را می‌توان شرکت زیمنس دانست که با آغاز معرفی اولین مازول شبکه سلولی در سال ۱۹۹۵، هزینه‌های پیاده‌سازی را به شکل قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد.

۳-۱۰-۱ تعریف

اگرچه در طول تاریخ تعاریف متعددی برای اینترنت اشیاء صورت پذیرفته است، اما یکی از تعاریف‌های به‌روز و جامع تعریفی است که در دانشنامه ویکی‌پدیا ذکر شده است:

«اشیای فیزیکی (گروهی از آنها) که شامل حسگرهای تعبیه شده، قابلیت پردازش، نرم‌افزار و دیگر فناوری‌هایی هستند که آنها را قادر می‌سازد تا از طریق اینترنت یا شبکه‌های ارتباطی دیگر به دستگاه‌ها و سامانه‌های دیگر وصل شوند و به تبادل داده بپردازند.» [5]

۴-۱۰-۱ فناوری‌های اساسی مورد استفاده

در قلب صنعت اینترنت اشیاء فناوری‌هایی وجود دارد که در کنار یکدیگر باعث پدیدآمدن این شبکه می‌شوند. این فناوری‌ها در سطح پایین شامل سخت‌افزارهایی نظیر حسگرها، محرک‌ها، میکروکنترلرها، ریزپردازنده‌ها برای جمع‌آوری و پردازش اولیه داده‌ها و مازول‌های ارتباطی مثل اترنت، USB، مادون قرمز، امواج رادیویی، وای‌فای، بلوتوث، شبکه سلولی و ... برای تبادل اطلاعات است. در سطوح بالاتر شبکه‌ها، دروازه‌ها، سرورهای میانی و در نهایت سرور مرکزی یا Backend قرار دارد که وظیفه برقراری ارتباطات گسترده‌تر و همچنین پردازش ثانویه اطلاعات و ارسال دستورات مدیریتی و کنترلی را بر عهده دارند.

۵-۱۰-۱ قابلیت‌ها

با پیشرفت روزافزون فناوری، بر قابلیت‌های اینترنت اشیاء نیز افزوده می‌شود. برخی از قابلیت‌های کلیدی که در پروژه‌های اینترنت اشیاء به‌وضوح به چشم می‌خورد عبارت‌اند از:

- **دورسنجی:** اندازه‌گیری و مشاهده مقادیر حسگرها (دما، رطوبت، فشار، سرعت، میزان گازها و ...) از راه دور
- **کنترل از راه دور:** مشاهده وضعیت عنصر مختلف نظیر لوازم روشنایی، لوازم خانگی، سامانه‌های امنیتی و ... از راه دور و صدور فرمان‌های کنترلی برای خاموش و روشن کردن یا دیگر تغییر وضعیت‌ها.
- **تصمیم‌گیری خودکار:** اضافه کردن قابلیت تصمیم‌گیری خودکار بر مبنای داده‌های جمع‌آوری شده (مثلاً خاموش کردن سیستم گرمایشی در هنگام بالا رفتن دما بالاتر از حد معینی)

۱-۱۰-۶ حوزه‌های استفاده

دامنه کاربرد اینترنت اشیاء بسیار وسیع است و با پیشرفت فناوری، هر چه بیشتر نیز وسیع خواهد شد. برخی از حوزه‌هایی که اینترنت اشیاء امروزه در آن نفوذ زیادی کرده است عبارت‌اند از: خانه هوشمند، شهر هوشمند، محیط‌زیست هوشمند و صنایع هوشمند. اندازه‌گیری، پایش و کنترل متغیرهای محیطی، اشیاء و دستگاه‌ها، انرژی، آب و گاز از جمله موارد استفاده اینترنت اشیاء در هر حوزه است.

۱-۱۰-۷ ویژگی‌ها

اینترنت اشیاء دارای ویژگی‌های مهمی است از جمله:

- **اتصال:** اتصال دستگاه‌ها به یکدیگر (ارتباطات درون شبکه‌ای) و اتصال دستگاه‌ها به دستگاه‌ها در شبکه‌های دیگر (ارتباطات برون شبکه‌ای) باعث شکل‌گیری شبکه‌ای پویا از فناوری‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری می‌شود که از آن به عنوان اینترنت اشیاء یاد می‌کنیم.
- **ناهمگونی:** دستگاه‌های موجود در اینترنت اشیاء از نظر سخت‌افزار، سکو، سیستم‌عامل و شبکه‌های ارتباطی قابل استفاده از هم متفاوت هستند.
- **بزرگ مقیاسی:** اگرچه شبکه‌های کوچک اینترنت اشیاء بسیار مورد استفاده است اما اتصال همین شبکه‌های کوچک به یکدیگر باعث به وجود آمدن شبکه‌ای بزرگ مقیاس می‌شود که مدیریت آن را به مسئله‌ای فراگیر تبدیل می‌کند.
- **پویایی:** امکان تعریف وضعیت‌های مختلف برای هر دستگاه، کم و اضافه شدن تعداد و انواع دستگاه‌های متصل به شبکه و مواردی از این قبیل مواردی است که این شبکه پویا را شکل می‌دهد.
- **امنیت:** وجود فناوری‌ها و پروتکل‌های مختلف ارتباطی، محدودیت‌های پردازشی و انرژی در دستگاه‌های کم مصرف و رشد روزافزون تعداد اتصالات در اینترنت اشیاء مسئله امنیت را به یک مسئله جدی در اینترنت اشیاء مبدل می‌سازد.

۱-۱۰-۸ چالش‌ها

اینترنت اشیاء نیز مانند هر فناوری دیگر در کنار ارائه مزایا و پتانسیل‌های منحصر به فرد، چالش‌هایی را نیز فراهم می‌آورد. رعایت حریم شخصی و برقراری امنیت، هزینه بالای پیاده‌سازی، برقراری سازگاری میان دستگاه‌ها، سکوها و پروتکل‌های متفاوت، مدیریت داده‌ها (جمع‌آوری، فیلتر، یکپارچه‌سازی، نگهداری و ...) و مدیریت مصرف انرژی از جمله مسائل و چالش‌های نیازمند رسیدگی در این حوزه است.

با وجود در نظر گرفتن اشکال مختلف برای معماری اینترنت اشیاء، می توان یک معماری چهار لایه ای برای همه ی سامانه های اینترنت اشیاء متصور شد. این ساختار به درک بهتر اینترنت اشیاء و اجزای سازنده آن کمک بسزایی می کند.

A. لایه دستگاهها (سنسورها)

این لایه به عنوان پایین ترین سطح لایه (از نظر نزدیکی به سخت افزار) از اشیاء، دستگاهها، حسگرها و محرکها - که از آنها به عنوان اشیای هوشمند یاد می شود - تشکیل شده است. این اشیای هوشمند قادر به اندازه گیری متغیرهای محیطی (مثل دما، رطوبت، فشار، سرعت و ...) هستند. می توانند با دریافت دستورات، اقدام به فعال و غیرفعال کردن محرکها (مثل خاموش و روشن کردن) کنند و از طریق شبکه های ارتباطی متنوع بی سیم و با سیم (مثل USB، بلوتوث، وای فای، زیگبی، LTE و ...) به تبادل اطلاعات و دستورات با لایه های بالاتر بپردازند.

B. لایه شبکه (دروازه)

این لایه به عنوان لایه میانی نقشی واسط بین لایه A و C را بازی می کند. قابلیت های پردازشی و ارتباطی متنوع برای تبادل داده با نرخ تأخیر مناسب، پهنای باند کافی، امن و دسترسی پذیری با وجود ناهمگونی از ویژگی های لازمه این لایه است.

C. لایه مدیریت و سرویس

این لایه که یک سطح انتزاعی بالاتر از لایه قبل را فراهم می کند، وظایف بزرگی نظیر پردازش نهایی داده ها، انتقال پیامها به بخش های مربوطه، تصمیم گیری خودکار، پاسخ به نیازمندی ها، تجزیه و تحلیل داده ها، یکپارچه سازی، کنترل و ذخیره سازی داده ها و دیگر موارد مدیریتی نظیر این را بر عهده دارد.

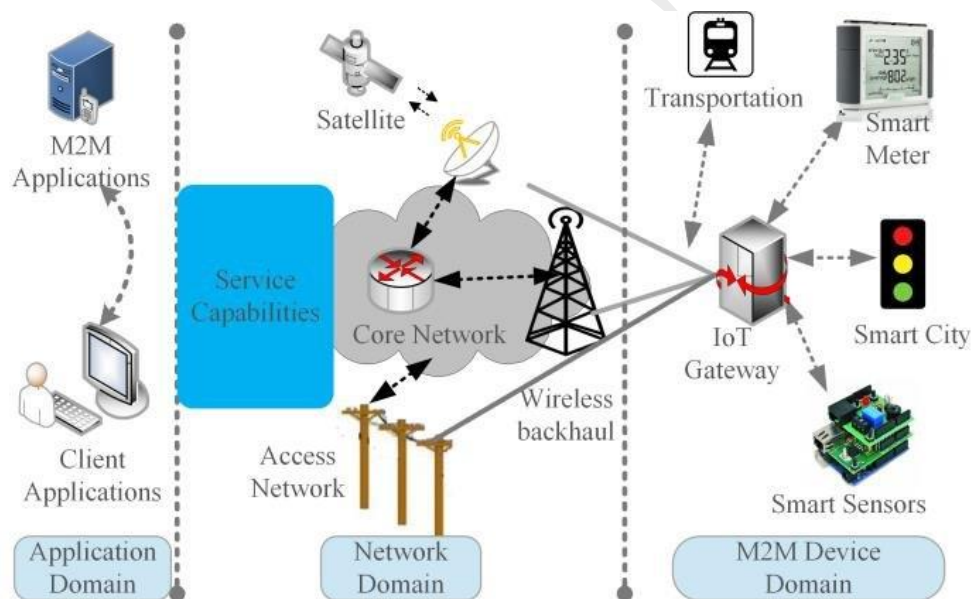
D. لایه اپلیکیشن

این لایه به عنوان نزدیک ترین لایه به کاربر، وظیفه ارائه سرویس های کاربردی مدنظر کاربر با استفاده از داده ها و امکانات لایه C بر عهده دارد.

فصل ۲: دروازه اینترنت اشیاء

۱-۲ مقدمه

باتوجه به آموخته‌های فصل قبل در مورد معماری اینترنت اشیاء، با یکی کردن لایه مدیریت و لایه اپلیکیشن می‌توان معماری اینترنت اشیاء را در ۳ حوزه، حسگر، شبکه و اپلیکیشن خلاصه کرد که در شکل زیر نمایش داده شده است. [7]



شکل ۲-۱

در فصل قبل آموختیم، لایه شبکه (دروازه) به‌عنوان یک لایه میانی نقش واسطه را بین لایه‌های دیگر بازی می‌کند. این لایه میانی با ارائه قابلیت‌های پردازشی و ارتباطی متنوع تلاش می‌کند تا ارتباطی دوطرفه با نرخ تأخیر پایین، پهنای باند کافی، حفظ امنیت و محرمانگی اطلاعات، دسترسی‌پذیری و نرخ آماده‌به‌کار بودن بالا فراهم کند.

در این فصل می‌خواهیم معماری دروازه‌های اینترنت اشیا را به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی و پلی رابط میان لایه حسگر و لایه مدیریت را که توانایی رسیدگی به بسیاری از چالش‌های مطرح شده در فصل قبل دارد، به‌تفصیل بررسی کنیم. برای این کار ابتدا لازم است ابتدا اشاره‌ای به شبکه‌های درگیر در دو سوی دروازه که متعلق به لایه‌های حسگر و مدیریت است، داشته باشیم.

همان‌طور که گفته شد اجزای لایه حسگر از گوناگونی خاصی از نظر امکانات و پروتکل‌های ارتباطی برخوردارند. لایه مدیریت نیز در سمت دیگر اگرچه شاید به‌اندازه لایه حسگر تنوع نداشته باشد، اما بازهم ممکن است از شبکه‌های مختلف ارتباطی پشتیبانی کند. انواع ارتباطات باسیم و بی‌سیم قدیمی و مدرن ممکن است در دستگاه‌ها تعبیه شده باشد و دروازه باید بتواند علاوه بر دریافت پیام‌ها از تمامی این دستگاه‌ها، بتواند آنها را تجزیه کرده، پردازش کند و برای ارسال به شبکه یا شبکه‌های مربوطه در لایه مدیریت، تبدیل پروتکل و بسته‌بندی مجدد انجام دهد؛ بنابراین حداقل عناصر لازم برای طراحی و توسعه دروازه، ماژول‌های تجزیه و تبدیل داده و پروتکل‌ها هستند. علاوه بر این نیازهای مدیریتی و اصول امنیتی و محرمانگی اطلاعات ایجاب می‌کند تا اجزای دیگری نظیر ماژول نمایه اپلیکیشن، ماژول نمایه شبکه، ماژول هدایت پیام‌ها و امکانات کاربردی نظیر رمزنگاری، پیکربندی، ثبت وقایع و ... را نیز در طراحی دروازه مدنظر قرار دهیم.

در این فصل ابتدا سه شبکه متداول که در حوزه حسگر مورد استفاده قرار می‌گیرد، معرفی می‌شود. سپس ویژگی‌های معمول یک دروازه اینترنت اشیا - به‌عنوان جزء اصلی متصل‌کننده حوزه حسگر و حوزه شبکه - در سه بخش خلاصه می‌شود. در پایان فصل نیز یک مدل مرجع برای دروازه اینترنت اشیا توصیف می‌شود. [7]

۲-۲ شبکه‌های حوزه حسگر

اشیای هوشمند ممکن است شبکه‌هایی محلی شکل دهند که از طریق دروازه‌های اینترنت اشیا به زیرساخت ارتباطات عمومی متصل می‌شود. در این بخش سه نوع از معماری‌های شبکه که در حوزه حسگر مطرح است مورد بررسی قرار گرفته است: [7]

۱-۲-۲ شبکه شخصی (PAN)

این شبکه اجازه شکل‌گیری ارتباطات شفاف، امن و قابل اطمینان را میان اشیای مجهز به حسگر که در اطراف یک شخص قرار دارند، می‌دهد. شبکه‌های شخصی می‌توانند از طریق باسیم مثل USB به گذرگاه کامپیوتر متصل شوند. شبکه‌های بی‌سیم شخصی (WPAN) نیز با فناوری‌هایی نظیر بلوتوث، USB بی‌سیم، زیگی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در شبکه‌های شخصی معمولاً یک تلفن هوشمند یا لپ‌تاپ و یا یک سخت‌افزار اختصاصی به‌عنوان دروازه عمل می‌کند و کنترل سیگنال‌ها و داده‌هایی که از شبکه شخصی می‌آیند یا به شبکه شخصی می‌روند را به عهده دارد. [7]

۲-۲-۲ شبکه وسیله نقلیه

شبکه‌هایی هستند که درون وسایل متحرک نظیر اتومبیل و قطار قرار دارند و به تبادل داده‌های وسیله نقلیه و داده‌های اشیای هوشمند داخل آن می‌پردازند. در این شبکه‌ها معمولاً از فناوری RFID و فناوری‌های تشخیص هویت بی‌سیم برای ارتقای لجستیک حمل‌ونقل، کنترل کیفیت، رهگیری و مدیریت استفاده می‌شود. [7]

۲-۲-۳ شبکه خانگی

شبکه خانگی از حسگرها، محرک‌ها، لوازم خانگی هوشمند، تجهیزات اتوماسیون، ارتباطات شبکه‌ای و مانند آن تشکیل می‌شود. [7]

در این شبکه‌ها، دروازه اینترنت اشیاء دو نقش مهم را ایفا می‌کند:

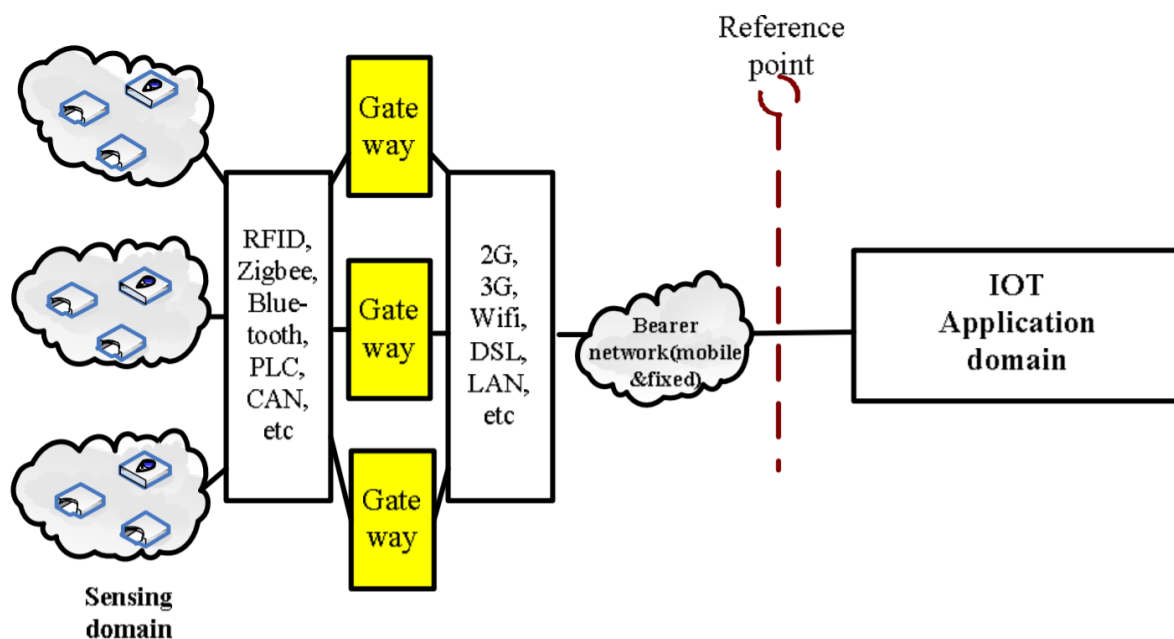
- اتصال چندین دستگاه هوشمند به یکدیگر برای تشکیل یک شبکه خانگی داخلی و اشتراک منابع و اطلاعات بین آنها.
- اتصال شبکه خانگی داخلی به شبکه‌های خارجی و فراهم آوردن امکان دسترسی به اجزای یکدیگر [7]

۲-۲-۳ شبکه‌های حوزه اپلیکیشن

به طور معمول در سمت این حوزه از شبکه‌های گسترده محلی، شهری یا جهانی استفاده می‌شود. اینترنت نیز به عنوان فراگیرترین شبکه گسترده، یکی از انتخاب‌های فراگیر برای دسترسی به خدمات این لایه است؛ بنابراین جای تعجب ندارد که شبکه‌های سلولی یا همان شبکه‌های داده تلفن همراه (GSM/GPRS/2G/3G/4G/5G)، شبکه انتقال عمومی تلفن (PSTN) و اینترنت ماهواره‌ای از روش‌های متداول دسترسی به اینترنت و همچنین اینترنت اشیاء باشد.

۲-۴ ویژگی‌ها

شکل زیر موقعیت یک دروازه را در زیرساخت اینترنت اشیاء نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲

دروازه‌ها از اپلیکیشنی به اپلیکیشن دیگر و برای نیازمندی‌های مختلف، تفاوت‌های بسیاری با هم دارند. با این وجود ویژگی‌هایی که به طور گسترده در مورد آن بحث شده است، به شرح زیر است: [7]

۱-۴-۲ رابط‌های چندگانه

اشیای هوشمند می‌توانند از طریق فناوری‌های مختلفی مثل زیگبی، بلوتوث، وای‌فای و ... به دروازه متصل شوند. در سمت دیگر دروازه نیز انتخاب‌های متفاوتی نظیر PSTN, 2G, 3G, LTE, LAN, DSL و ... برای اتصال به شبکه عمومی را دارد. اینکه یک دروازه چه تعداد و چه نوعی از این رابط‌ها را پشتیبانی کند بسته به نیازمندی‌های اپلیکیشن مربوطه، استراتژی‌های عملیاتی و راهکارهای پیاده‌سازی متفاوت است. [7]

۲-۴-۲ مبدل پروتکل

دروازه‌ها در دو موقعیت مختلف نیاز به تبدیل پروتکل دارند. یکی در زمان ارتباط بین حسگرهای مختلف مثل زیگبی با بلوتوث و دیگری هنگام ارتباط بین حوزه حسگر و حوزه شبکه مثل ارتباط بین زیگبی و 3G. [7]

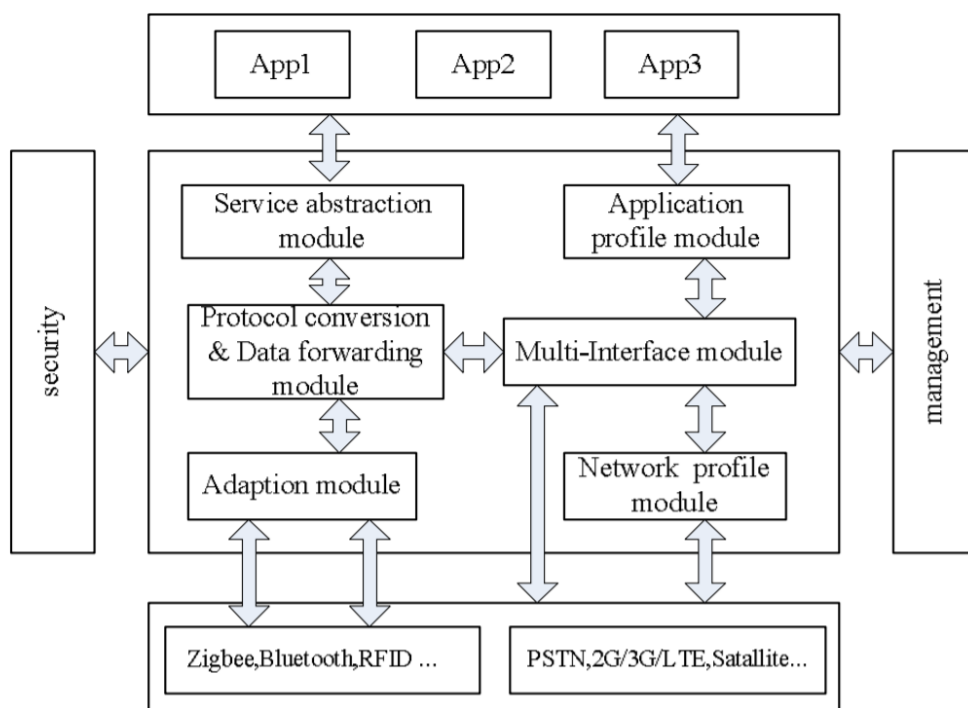
۳-۴-۲ مدیریت پذیری

اول از همه نیاز است تا خود دروازه از طریق یک سرور بالادستی مدیریت شود. از جمله موارد نیازمند مدیریت در دروازه می‌توان به اشتراک، احراز هویت، مدیریت وضعیت، مدیریت اتصالات و ... اشاره کرد. علاوه بر این باید بتوان اشیای متصل به دروازه را از طریق آن دروازه مدیریت کرد. دروازه می‌تواند قابلیت تشخیص، کنترل، عیب‌یابی، پیکربندی و نگهداری از این اشیای هوشمند را فراهم کند. [7]

برای جمع‌بندی می‌توان گفت هدف دروازه اینترنت اشیاء ایجاد یک پل بین شبکه‌های متنوع حوزه حسگر (شخصی، وسیله نقلیه و خانگی) با شبکه‌های ارتباطات عمومی (ثابت و متحرک) یا اینترنت با در نظر گرفتن ناهمگونی بین این شبکه‌های مختلف و فراهم‌آوری مدیریت خود دروازه و گره‌های متصل به آن است. [7]

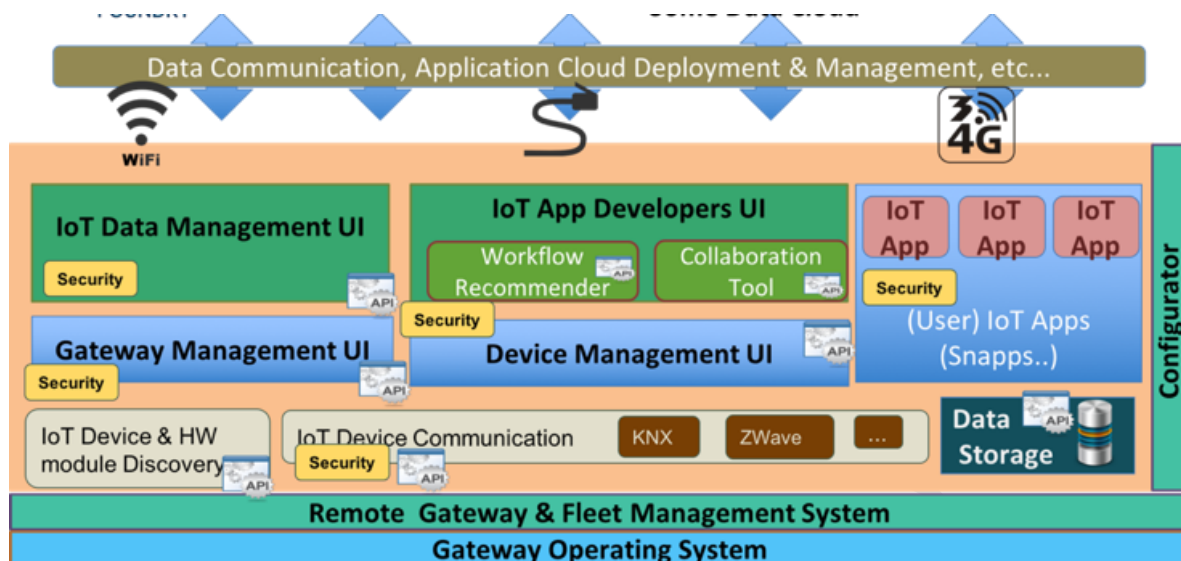
۵-۲ معماری

اگرچه کاربردهای اینترنت اشیاء بسیار متنوع است و باعث می‌شود تا اشکال گوناگونی از معماری‌ها برای یک دروازه اینترنت اشیاء مورد استفاده قرار گیرد اما شکل زیر می‌تواند به عنوان یک معماری مرجع مدنظر قرار گیرد. [۷]



شکل ۲-۳

همچنین شکل زیر معماری یکی از دروازه‌های اینترنت اشیاء که به صورت متن‌باز است را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲

۱-۵-۲ مازول انتزاع سرویس

این مازول برای رسیدگی به قطعه‌قطعه بودن اپلیکیشن‌های اینترنت اشیا مهم است. این مازول وظایف متعددی را داراست. در مرحله اول یک رابط یکپارچه را برای ارائه‌دهندگان سرویس فراهم می‌آورد تا روند توسعه اپلیکیشن را ساده کند. در مرحله میانی، این موضوع مطرح است که توسعه‌دهندگان اپلیکیشن‌های اینترنت اشیا نیاز به فهم عمیق از فناوری‌های سطح پایین (سخت‌افزاری) ندارند و معمولاً سرویس‌های مختلفی را در یک سطح انتزاعی معین توسعه می‌دهند. نهایتاً این مازول این امکان را فراهم می‌آورد تا شبکه‌های زیرین از بهینه‌سازی‌های فراهم شده در زیرساخت اینترنت اشیا بهره‌مند شوند. وب‌سرویس، XML، SOA، JSON و Protobuf از فناوری‌های مطرح مورد استفاده در این مازول است. [۷]

۲-۵-۲ مازول سازگار کننده

به‌طور کلی، یک دروازه اینترنت اشیا از پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم کوتاه‌برد برای دریافت بسته‌های پیام از حسگرها استفاده می‌کند. در سوی دیگر از شبکه‌های سلولی (G/3G/LTE۲)، ماهواره‌ای و دیگر شبکه‌ها برای ارتباط با شبکه‌های خارجی یا اینترنت بهره می‌برد. [۷]

به هر جهت در مقایسه با ارتباطات سنتی و ارتباطات اینترنتی در می‌یابیم پروتکل‌ها و دستگاه‌های مورد استفاده در حوزه حسگر، به شکلی متفاوت و با دغدغه‌هایی نظیر کاهش هزینه، کاهش انرژی مصرفی و انعطاف‌پذیری در نصب طراحی شده‌اند؛ بنابراین قبل از انتقال پیام‌های دریافتی از حوزه حسگر به شبکه‌های ارتباطی وسیع و اینترنت، نیازمند به سازگار کردن هستیم. مازول سازگار کننده، بر روی سازگار کردن اندازه پیام‌های شبکه‌های مختلف، تفکیک نشانی، قطعه‌بندی، سرهم‌بندی مجدد و امثال آن تمرکز دارد. [۷]

۳-۵-۲ مازول مبدل پروتکل و ارسال داده

این مازول با تعامل با مازول انتزاع سرویس، مازول سازگار کننده و مازول ارتباط چندگانه، به تجزیه و تحلیل و بسته بندی مجدد داده های حسگر بعد از دریافت آن از شبکه های کوتاه برد می پردازند و سپس بعد از کپسوله کردن، با توجه به پروتکل ارتباطی، داده با دسته بندی مجدد را ارسال می کنند. به طور کلی این مازول برای انتقال داده از یک رابط شبکه به یک رابط شبکه دیگر به صورت شفاف و درست است. [۷]

۴-۵-۲ مازول نمایه اپلیکیشن و مازول نمایه شبکه

این مازول اطلاعات و فراداده مورد نیاز برای کمک به تصمیم گیری مازول ارتباطات چندگانه را فراهم می کنند. مازول نمایه اپلیکیشن، اطلاعات در سطح اپلیکیشن - که نوع و تعداد اپلیکیشن هایی را که در حال حاضر در دروازه در حال اجرا هستند - را ارائه می دهند. مازول نمایه شبکه، اطلاعات در سطح رابط شبکه نظیر نشانگر قدرت سیگنال دریافتی، بازه پوشش ایستگاه پایه ای و پهنای باند شبکه را به مازول رابط های چندگانه ارائه می دهد. [۷]

۵-۵-۲ مازول امنیت و مدیریت

امنیت و مدیریت همواره دو جزء لازم برای سامانه های ICT (فناوری اطلاعات و ارتباطات) هستند. مازول امنیت، کنترل دسترسی، تعیین هویت، یکپارچگی اطلاعات و حفاظت از حریم شخصی را فراهم می کنند. مازول مدیریت نیز شامل مدیریت شبکه، مدیریت انرژی، مدیریت خطا، مدیریت سطوح دسترسی، مدیریت وضعیت و مدیریت تحرک می شود. [۷]

۶-۲ نتیجه گیری

۱-۶-۲ مقدمه

ارتباطات اینترنت اشیاء بسیار از ارتباطات سنتی انسان با انسان متفاوت است و چالش های بزرگی را به زیرساخت های ارتباطی و اینترنتی موجود می آورد. اما مسئله اصلی، یکپارچه کردن، انواع شبکه های حسگر و شبکه های ارتباط از راه دور و اینترنت است. دروازه اینترنت اشیاء به عنوان یک نماینده برای شبکه های مختلف می تواند کلیدی برای حل این مسئله باشد. با استاندارد سازی کامل دروازه اینترنت اشیاء، اپلیکیشن های این صنعت می تواند سریع تر و گسترده تر توسعه یابد. [۷]

دروازه اینترنت اشیاء به عنوان یکی از اجزای کلیدی و پلی رابط میان لایه حسگر و لایه مدیریت مطرح است. اجزای لایه حسگر و لایه مدیریت هر دو از شبکه ها و پروتکل های مختلف قدیمی و مدرن، باسیم یا بی سیم بهره می برند. دروازه برای برقراری ارتباط دوطرفه بین این دو به شکلی امن و قابل مدیریت باید از اجزا و مازول های مختلفی از جمله مازول تجزیه و تبدیل داده و پروتکل ها، مازول نمایه شبکه، مازول نمایه

اپلیکیشن، مازول هدایت پیام‌ها و دیگر مازول‌های کاربردی نظیر رمزنگاری، پیکربندی و ثبت وقایع برخوردار باشد.

در این فصل شبکه‌های دو سوی دروازه مورد بررسی قرار گرفت که به طور خلاصه اینجا بررسی می‌شود.

۲-۶-۲ شبکه‌های حوزه حسگر و حوزه اپلیکیشن

در حوزه حسگر از انواع مختلف شبکه‌های شخصی باسیم (USB) و بی‌سیم (USB Wireless)، زیگبی، بلوتوث). گفته شد شبکه‌های وسیله نقلیه (متحرک) نیز که برای مدیریت وسیله نقلیه و اجزای داخل آن استفاده می‌شود نیز نوعی از شبکه‌های مطرح در این حوزه است و از فناوری‌های RFID و دیگر فناوری‌های بی‌سیم برای ارتباطات استفاده می‌کند. شبکه خانگی که با اتصال حسگرها، محرک‌ها، لوازم خانگی هوشمند، تجهیزات اتوماسیون و ... به وجود می‌آید نیز از شبکه‌های فراگیر مورداستفاده است که هم برای ارتباطات درون شبکه‌ای (با دستگاه‌های متصل دیگر) و هم برای ارتباطات برون شبکه‌ای (شبکه‌های خارجی و گسترده) مورداستفاده است.

از سوی دیگر آموختیم شبکه‌های حوزه اپلیکیشن که نسبتاً تنوع کمتری از حوزه حسگر دارند، از طریق شبکه‌های گسترده به خصوص اینترنت قابلیت دسترسی دارند و همان‌طور که می‌دانیم شبکه‌های سلولی (مانند GSM/2G/.../5G)، شبکه تلفنی (مانند DSL) و اینترنت ماهواره‌ای از جمله روش‌های متداول برای دسترسی به شبکه جهانی اینترنت و اینترنت اشیاء است.

۳-۶-۲ ویژگی‌ها

اگرچه دروازه‌ها در موقعیت‌ها و نیازمندی‌های مختلف، تفاوت بسیاری با هم دارند، اما برخی ویژگی‌های مشترک را می‌توان در بین همه‌ی آنها دید. وجود رابط‌های چندگانه برای اتصال از طریق فناوری‌های مختلف، مبدل پروتکل برای قابل فهم کردن پیام‌ها در دو سوی دروازه و قابلیت‌های مدیریتی برای تشخیص، کنترل، عیب‌یابی، پیکربندی و نگهداری از اجزای شبکه، از این دست ویژگی‌ها است.

برای جمع‌بندی می‌توان گفت هدف دروازه اینترنت اشیاء ایجاد یک پل بین شبکه‌های متنوع حوزه حسگر (شخصی، وسیله نقلیه و خانگی) با شبکه‌های ارتباطات عمومی (ثابت و متحرک) یا اینترنت با در نظر گرفتن ناهمگونی بین این شبکه‌های مختلف و فراهم‌آوری مدیریت خود دروازه و گره‌های متصل به آن است. [7]

۴-۶-۲ معماری

اگرچه کاربردهای اینترنت اشیاء بسیار متنوع است و باعث می‌شود تا اشکال گوناگونی از معماری‌ها برای یک دروازه اینترنت اشیاء مورداستفاده قرار گیرد اما شکل زیر می‌تواند به عنوان یک معماری مرجع مدنظر قرار گیرد.

در این شکل ماژول‌های مختلفی برای دروازه تصور شده است:

- **ماژول سازگار کننده:** از آنجایی که فناوری‌ها و پروتکل‌های ارتباطی حوزه حسگر به گونه‌ای متفاوت و با دغدغه‌هایی متنوع طراحی شده‌اند، نیاز است تا برای فهم ساده‌تر این پیام‌ها توسط ماژول‌های دیگر، آن را از نظر اندازه پیام، تفکیک نشانی، قطعه‌بندی، سرهم‌بندی و امثال آن آماده کنیم که این وظایف به عهده ماژول سازگار کننده است.
- **ماژول مبدل پروتکل و هدایت داده:** این ماژول وظیفه دارد با کمک بقیه ماژول‌های ارتباطی، پیام‌ها را با توجه به مقاصد گوناگون، با پروتکل ارتباطی هدف، بسته‌بندی مجدد کند و به مقصد موردنظر هدایت کند.
- **ماژول نمایه اپلیکیشن و نمایه شبکه:** این ماژول‌ها اطلاعات و فراداده مربوط به اپلیکیشن و شبکه (مثل نوع اپلیکیشن، تعداد اپلیکیشن‌های در حال اجرا، قدرت سیگنال، پهنای باند، نرخ تأخیر و ...) را جهت فهم بیشتر پیام به ماژول رابط‌های چندگانه ارائه می‌دهد.
- **ماژول انتزاع سرویس:** یک کلاس انتزاعی مختص ارتباط با لایه مدیریت و سرویس ایجاد می‌کند تا نیاز به فهم فناوری‌های سطح پایین‌تر را توسط لایه بالا منتفی کند. معمولاً از وب‌سرویس‌های متداولی همچون SOAP، XML، REST و ... در این ماژول استفاده می‌شود.
- **ماژول امنیت و مدیریت:** ماژول امنیت، کنترل دسترسی، تعیین هویت، یکپارچگی اطلاعات و حفاظت از حریم شخصی را فراهم می‌کند. ماژول مدیریت نیز شامل مدیریت شبکه، مدیریت انرژی، مدیریت خطا، مدیریت سطوح دسترسی، مدیریت وضعیت و مدیریت تحرک می‌شود.

فصل ۳: اصطلاحات و مفاهیم

۱-۳ پروتکل Mqtt: استاندارد پیام‌رسانی اینترنت اشیا

Mqtt یک پروتکل پیام‌رسانی استاندارد OASIS برای اینترنت اشیا است. این پروتکل به‌عنوان یک روش بسیار سبک^۲ پیام‌رسانی بر مبنای انتشار/اشتراک^۳ طراحی شده است. Mqtt برای اتصال دستگاه‌های از راه دور ایدئال است چرا که با یک ردپای^۴ کوچک از کد و مصرف حداقلی پهنای باند^۵ شبکه کار می‌کند. امروزه این پروتکل در صنایع مختلفی از جمله خودرو، تولید، مخابرات، نفت و گاز و ... استفاده می‌شود.

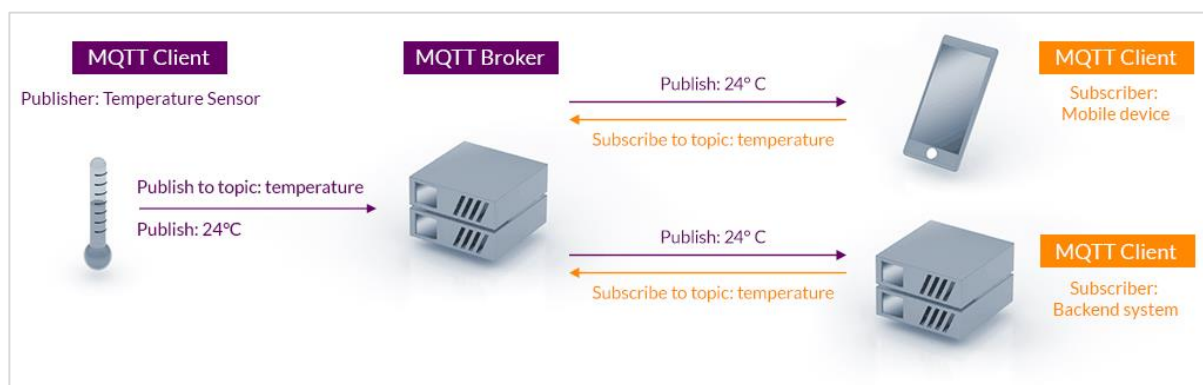
از مزایای استفاده از Mqtt می‌توان به سبکی و کارآمدی، ارتباطات دوطرفه، قابلیت اتصال به میلیون‌ها دستگاه، تحویل قابل اطمینان پیام^۶، پشتیبانی از شبکه‌های غیرقابل اطمینان، رمزنگاری پیام و ... اشاره کرد.

پروتکل Mqtt از مدل انتشار/اشتراک استفاده می‌کند و در سطح پایین‌تر بر بستر TCP/IP سوار می‌شود. مدل انتشار/اشتراک این امکان را فراهم می‌کند تا بر روی یک بستر ارتباطی چندین کانال مختلف ارتباطی ایجاد کرد. با وجود این قابلیت می‌توان مانند یک ایستگاه پستی با تعریف آدرس‌های مختلف که اصطلاحاً Topic گفته می‌شود، به دسته‌بندی پیام‌ها پرداخت. شکل ۱ یک نمونه از این مدل ارتباطی را نشان می‌دهد.

Bandwidth^۵
Reliable Message Delivery^۶

Publish/Subscribe^۳
Footprint^۴

Messaging^۱
Lightweight^۲



شکل ۳-۱

در اینجا یک سنسور دما به عنوان ناشر^۱ شروع به برقراری ارتباط با سرور مرکزی می‌کند و برای این کار از آدرسی به نام “temperature” استفاده می‌کند. در طرف دیگر هر کاربری می‌تواند با اتصال به سرور و قراردادن این آدرس در پیام خود به عنوان یک مشترک^۲ اقدام به دریافت پیام‌های منتشر شده از این کانال کند. تا زمانی که این ارتباط غیرمستقیم بین ناشر و مشترک برقرار باشد کلیه پیام‌های منتشر شده توسط ناشر به کلیه مشترکان ارسال می‌شود.

فصل ۴: تحلیل

۱-۴ مقدمه

از آنجایی که خیلی از موارد مربوط به فاز تحلیل نرم افزار در فصل های قبل به طور مفصل توضیح داده شد. در این فصل تنها به ذکر نکات مهم این فرایند می پردازیم.

توسعه این پروژه بر اساس ترکیبی از مدل RAD همراه با تکنیک های پروتوتایپ به خصوص MVP و بر مبنای سناریو خانه هوشمند صورت گرفته است.

۲-۴ مدل توسعه سریع اپلیکیشن (RAD)

۱-۲-۴ مقدمه

RAD یک مدل فرایند توسعه نرم افزار متوالی خطی است که بر چرخه توسعه مختصر با استفاده از رویکرد ساخت مبتنی بر عنصر تأکید دارد. اگر الزامات به خوبی درک و توصیف شده باشند و حوزه پروژه محدود باشد، فرایند RAD یک تیم توسعه را قادر می سازد تا یک سیستم کاملاً کاربردی را در یک دوره زمانی مختصر ایجاد کند. [8]

۲-۲-۴ مراحل

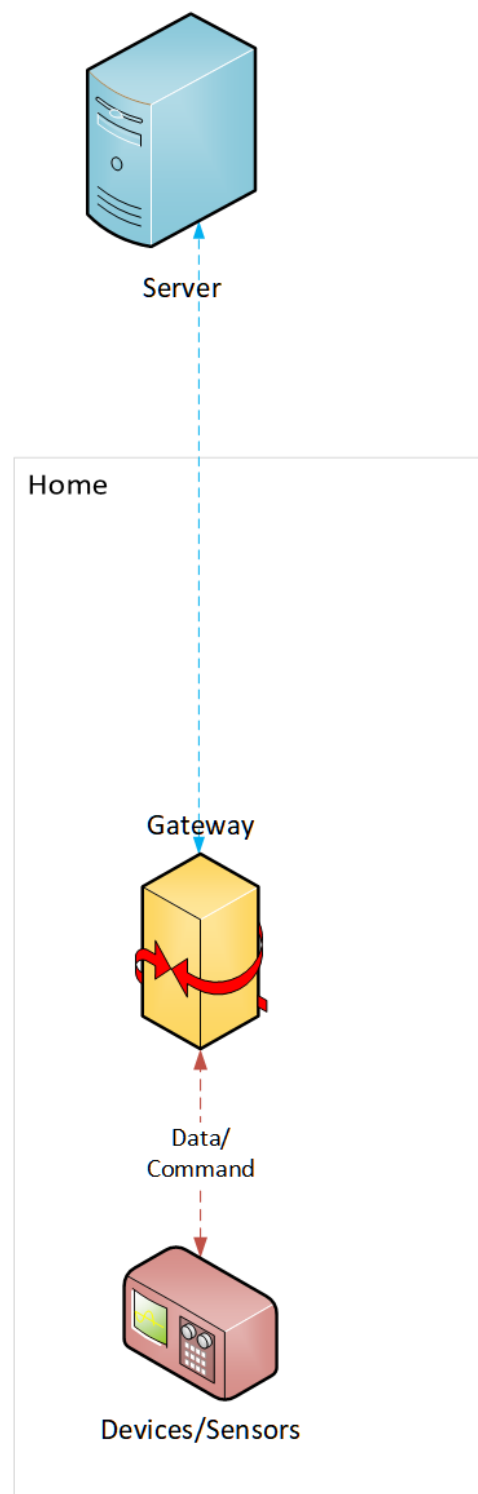
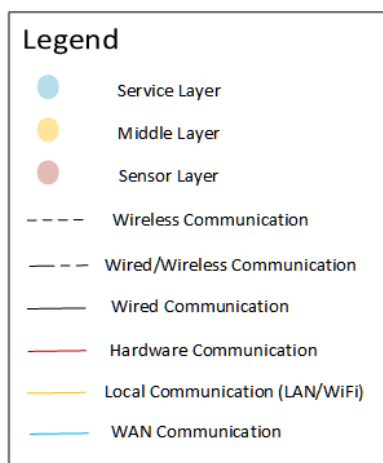
۱. **مدل سازی کسب و کار:** جریان اطلاعات در میان کارکردهای کسب و کار با پاسخ به سؤالاتی مانند اینکه چه داده هایی فرایند کسب و کار را هدایت می کنند، چه داده هایی تولید می شوند، چه کسی آن را تولید می کند، اطلاعات به کجا می رود، چه کسی آن را پردازش می کند و غیره تعریف می شود.

۲. **مدل سازی داده ها:** داده های جمع آوری شده از مدل سازی کسب و کار به مجموعه ای از اشیاء داده (موجودات) که برای پشتیبانی از کسب و کار مورد نیاز هستند، پالایش می شوند. صفات (شخصیت هر موجودیت) شناسایی شده و رابطه بین این اشیاء داده (موجودات) تعریف می شود.

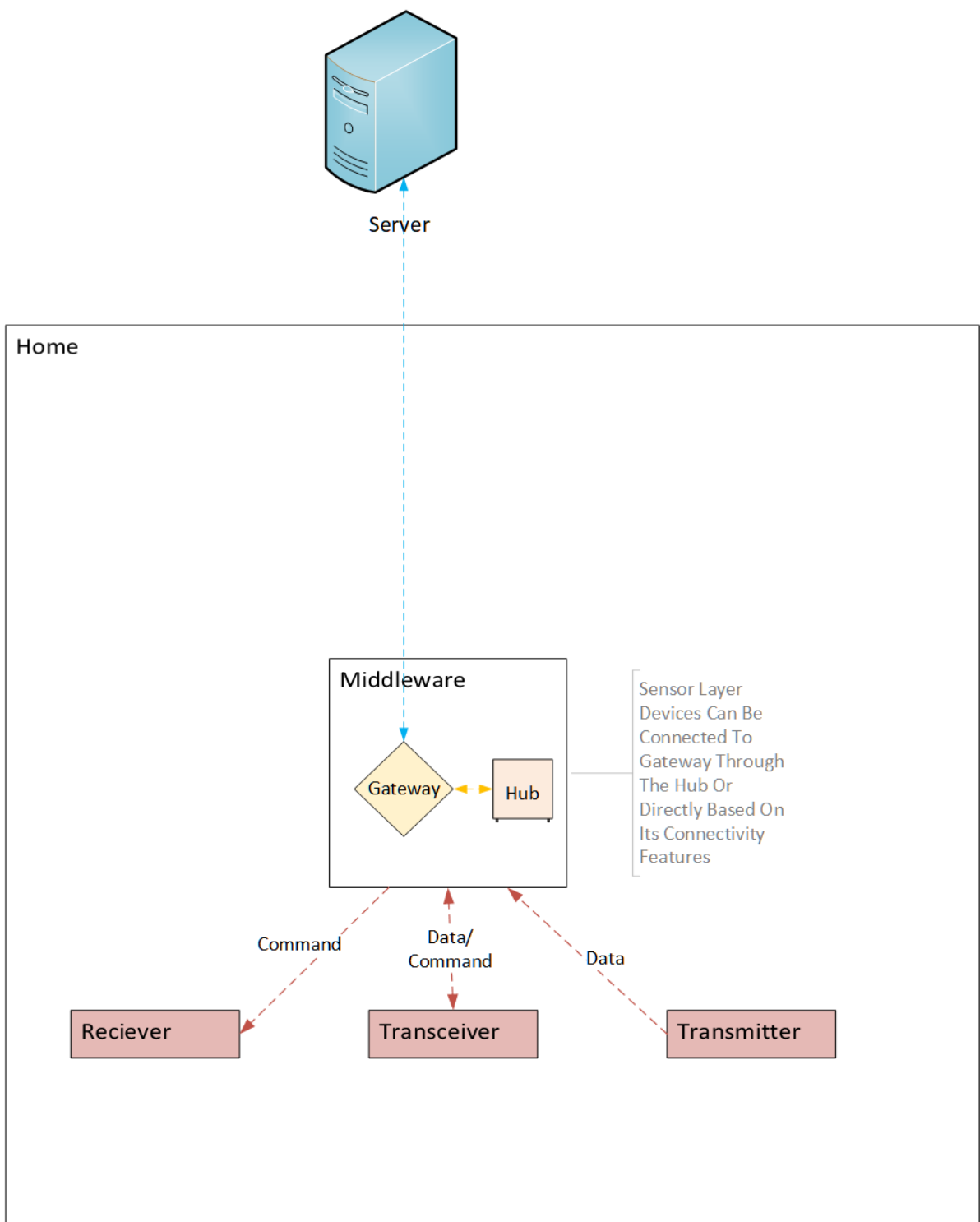
۳. **مدل سازی فرایند:** شیء اطلاعاتی تعریف شده در فاز مدل سازی داده ها برای دستیابی به جریان داده های لازم برای اجرای یک عملکرد تجاری تغییر شکل می دهند. توضیحات پردازش برای افزودن، اصلاح، حذف یا بازیابی یک شیء داده ایجاد می شود.
۴. **تولید برنامه:** از ابزارهای خودکار برای تسهیل ساخت نرم افزار استفاده می شود. برای نمونه می توان نمودارهای مدل سازی شده را با ابزارهای تولید کد (Code Generation Tools) به برنامه تبدیل کرد.
۵. **تست و گردش:** از آنجایی که RAD تاکید بر استفاده مجدد دارد، بسیاری از اجزای برنامه آزمایش شده اند. این باعث کاهش زمان کلی تست می شود. اما قسمت جدید باید تست شود و تمام رابطها باید به طور کامل اجرا شوند.

۳-۴ معماری (Context Diagram)

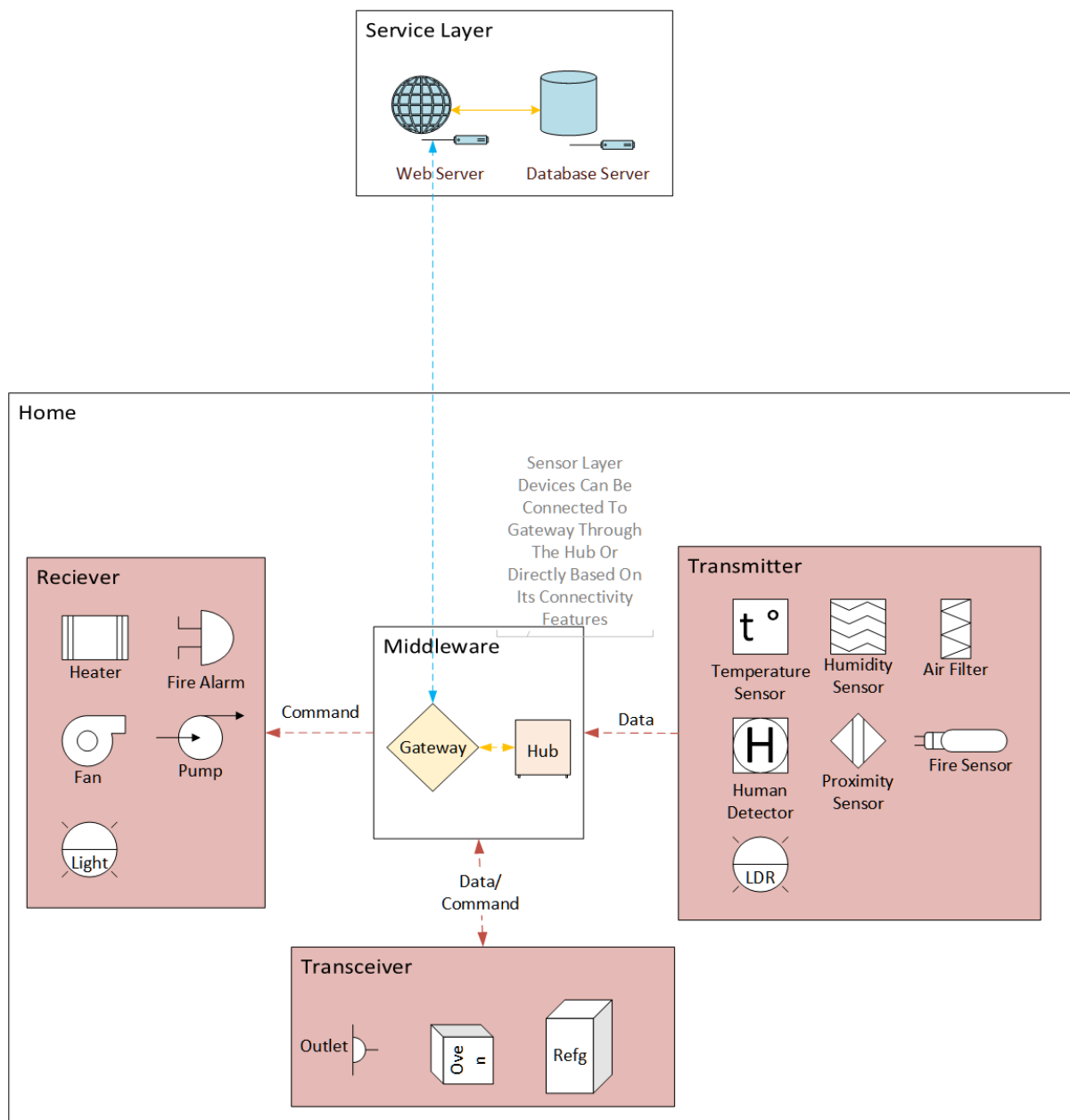
معماری کامل اینترنت اشیاء در یک خانه هوشمند در پیوست **معماری خانه هوشمند (arch.pdf)** آمده است. یک معماری خلاصه شده که تنها شامل ارتباطات کلیدی با دروازه است در سه سطح مختلف انتزاعی رسم شده است. این نمودار که در پیوست **معماری خانه هوشمند (دروازه) (arch-g.pdf)** آمده است در این فصل مورد بررسی قرار گرفته است. در این نمودار اشکال آبی نشان دهنده لایه سرویس، اشکال زرد نشان دهنده لایه میانی (دروازه) و اشکال قرمز نشان دهنده لایه حسگر هستند. خطوط قرمز نشان دهنده ارتباطات سخت افزاری، خطوط زرد نشان دهنده ارتباطات محلی و خطوط آبی نشان دهنده ارتباطات شبکه گسترده است. همچنین خطوط خط چین نشان از ارتباطات بی سیم و خطوط ساده نشان دهنده ارتباطات باسیم است.



شکل ۴-۱



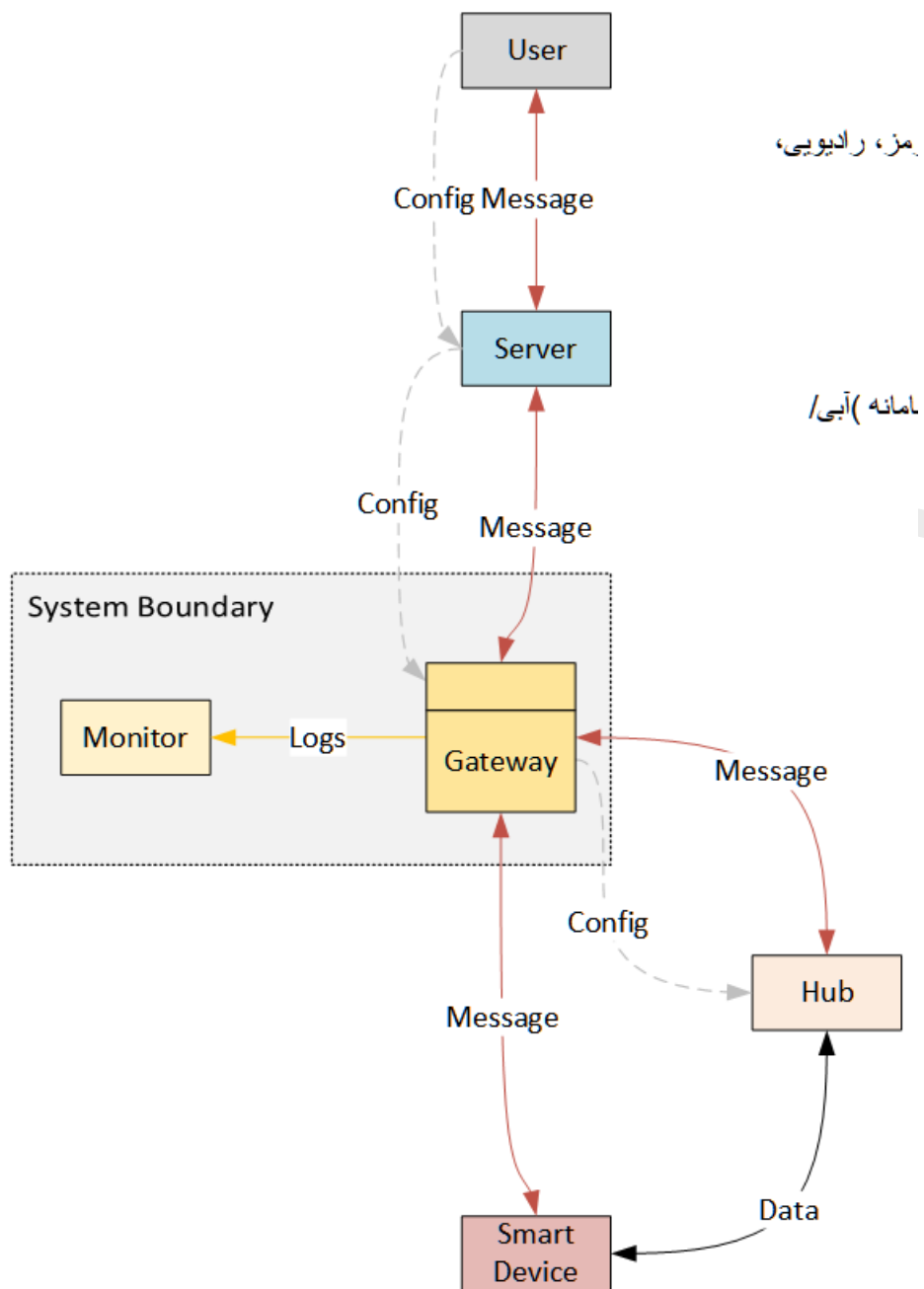
شکل ۴-۲



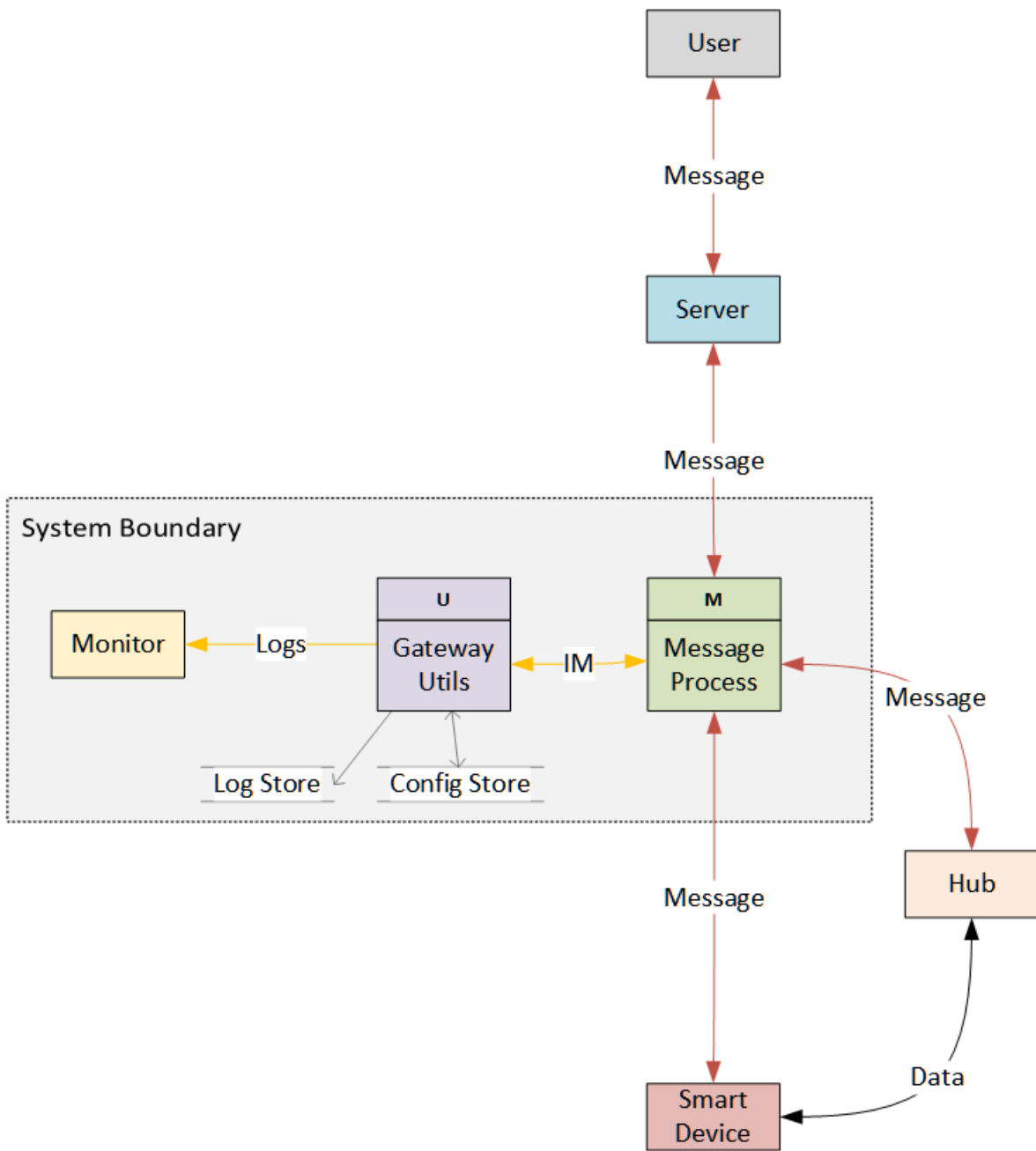
شکل ۴-۳

خلاصه: دستگاه‌های موجود در لایه حسگر از نظر ارتباطاتی سه نوع‌اند: فرستنده‌ها، گیرنده‌ها و فرستنده/گیرنده‌ها. فرستنده‌ها اطلاعات حسگرها را به سمت دروازه و سرور می‌فرستند. گیرنده‌ها دستورات سرور را دریافت و اجرا می‌کنند و دسته سوم ترکیبی از این دو نوع هستند. همه‌ی این اطلاعات یا به‌صورت مستقیم یا از طریق واسطه (Hub) با لایه میانی و از آن طرف با لایه سرور در ارتباط‌اند.

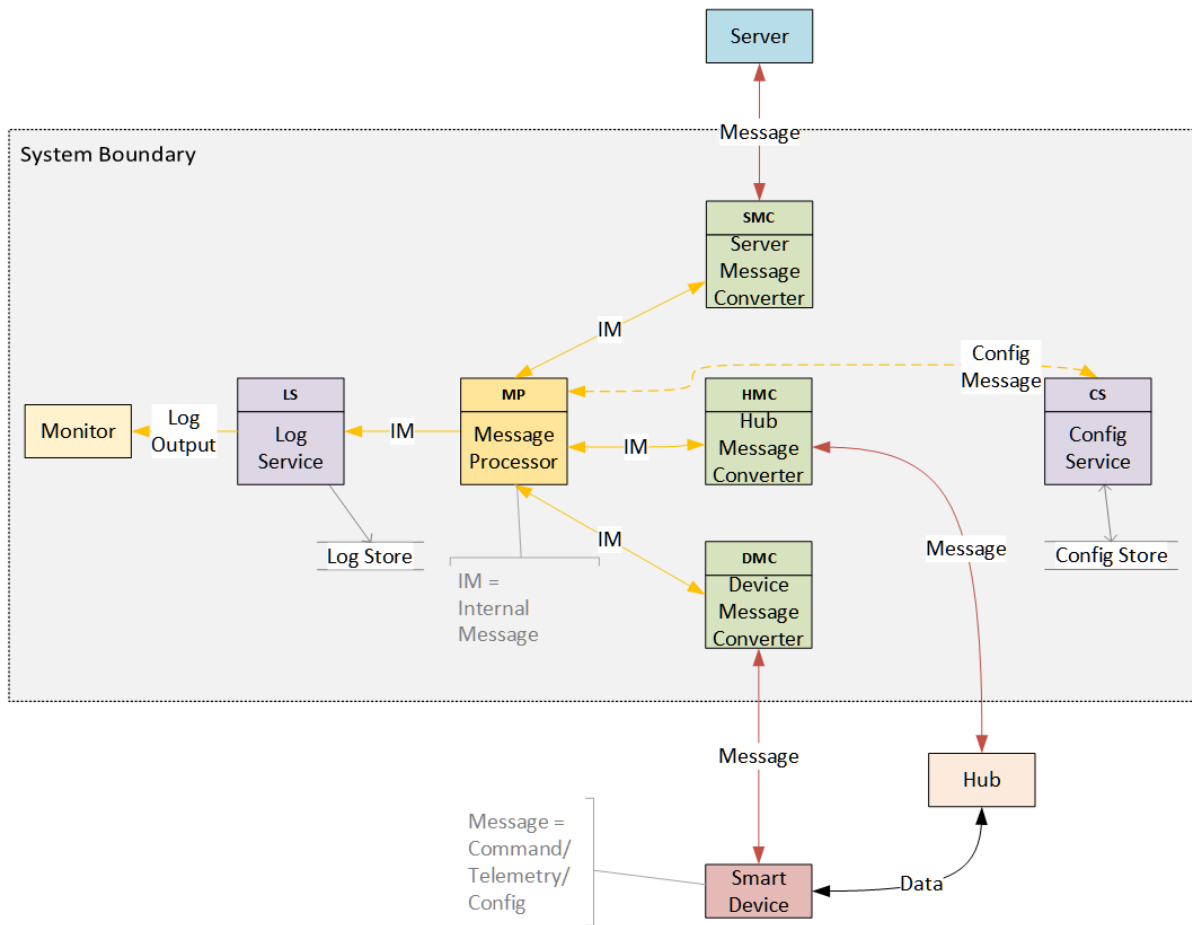
۴-۴ نمودار جریان داده (DFD)



شکل ۴-۴



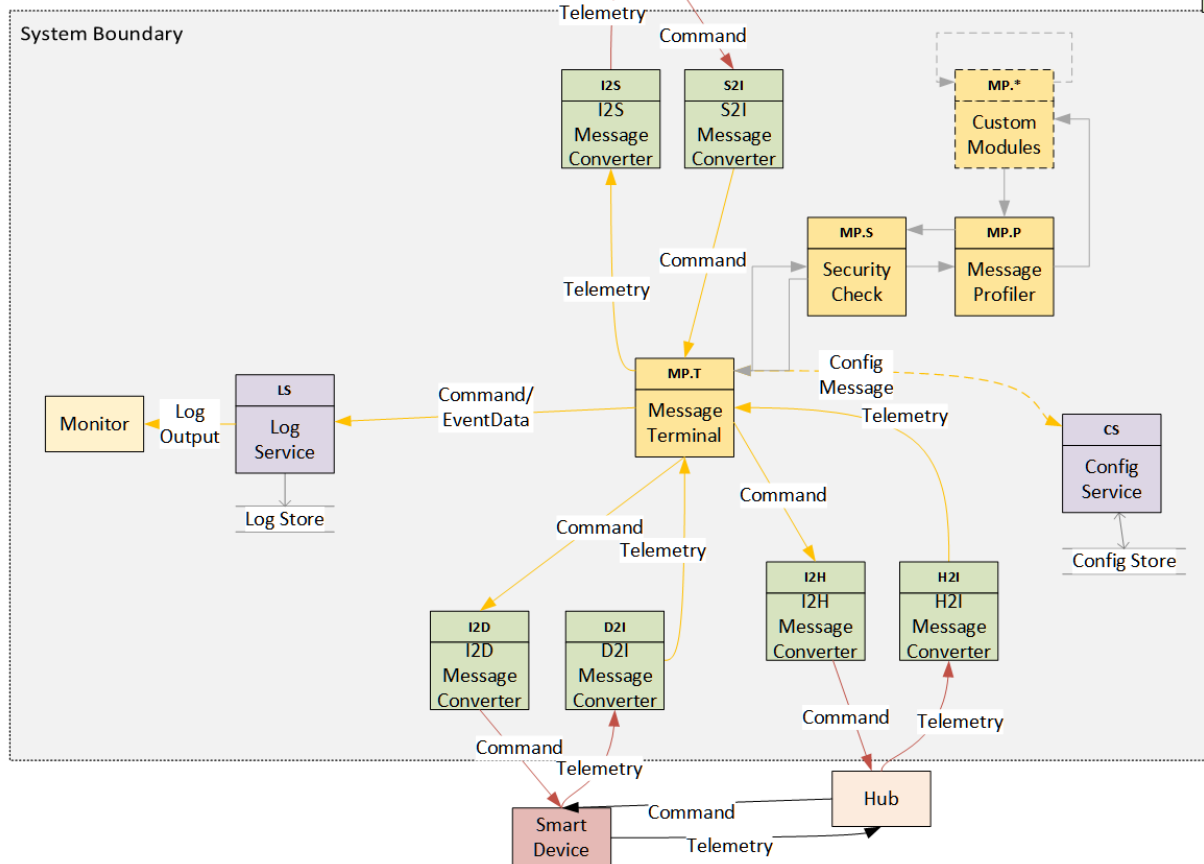
شکل ۴-۵



شکل ۴-۶

Data Flow Diagram (DFD)

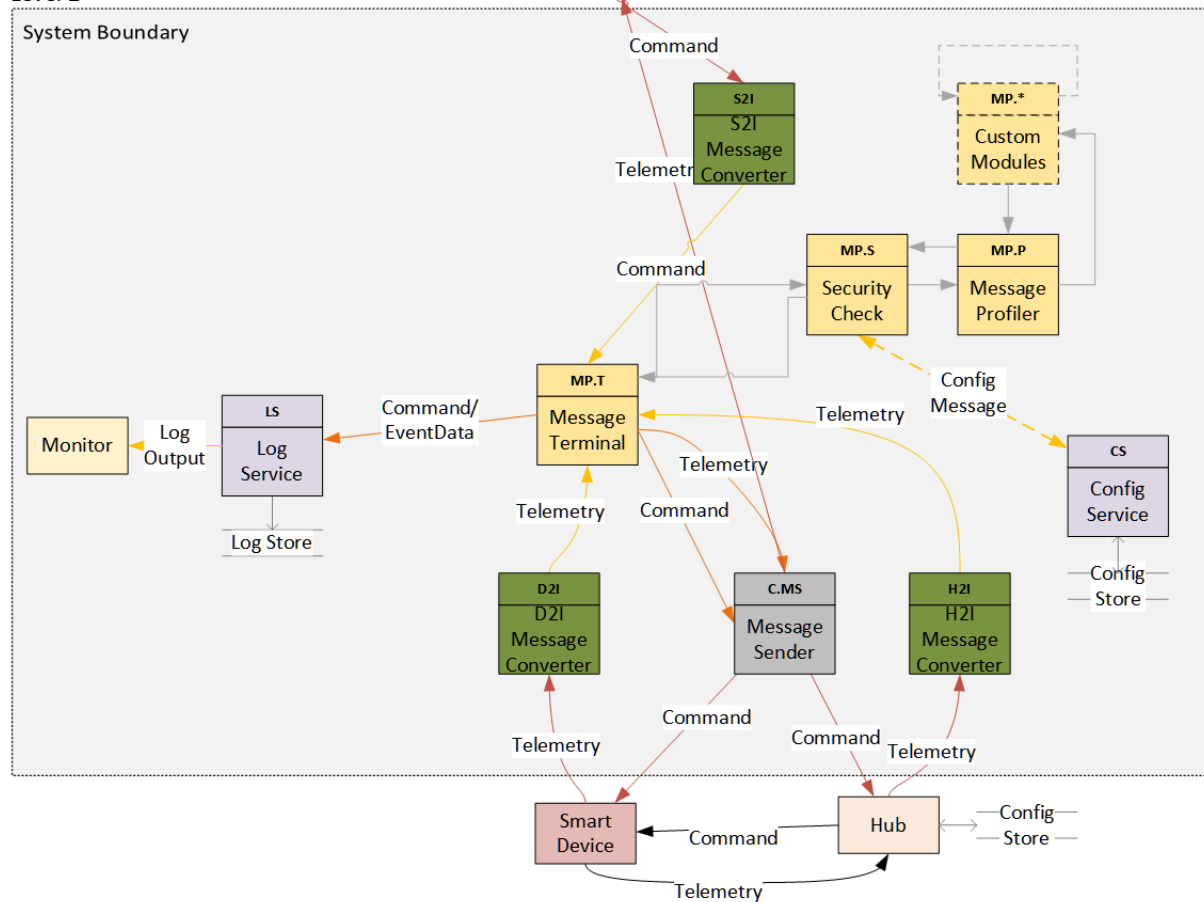
Level 2



شکل ۴-۷

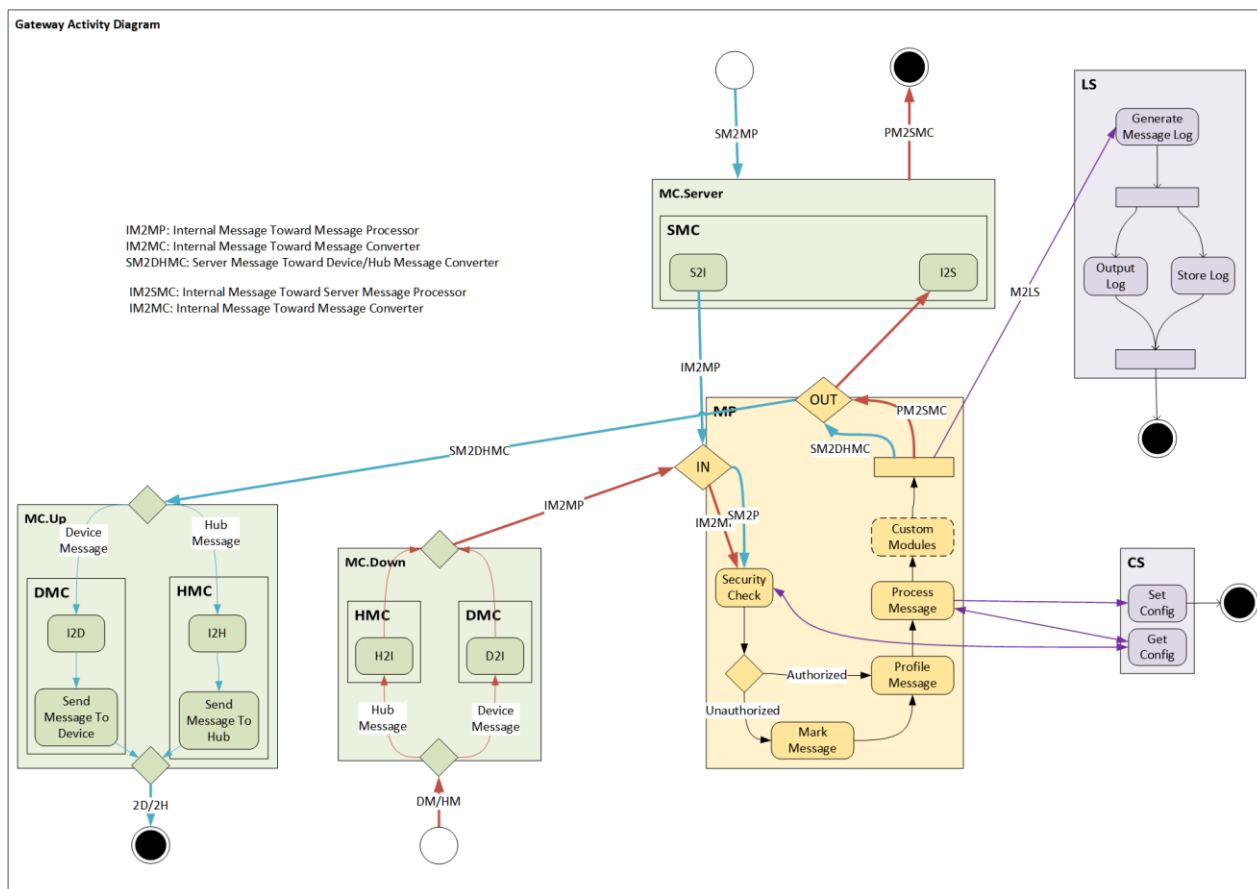
Data Flow Diagram (DFD)

Level 2



شکل ۴-۱

۵-۴ نمودار Activity



شکل ۴-۹

۶-۴ نمودار کلاس (مدل داده)

۷-۴ نتیجه گیری

فصل ۵: پیاده‌سازی

۱-۵ مقدمه

۲-۵ توسعه اتصال از طریق Mqtt

- اتصال یک دستگاه جدید

URL: localhost:8080/v1/gateway/connect

Message: {"device":"Device A"}

- قطع کردن^۱ یک دستگاه

URL: localhost:8080/v1/gateway/disconnect

Message: {"device":"Device A"}

- به‌روزرسانی^۲ مقدار یک ویژگی^۳ در دستگاه

URL: localhost:8080/v1/gateway/attributes

Message: {"Device A":{"attribute1":"value1", "attribute2": 42}, "Device B":{"attribute1":"value1", "attribute2": 42}}

- ارسال^۴ یک مقدارسنجی از راه دور

URL: localhost:8080/v1/gateway/telemetry

Message:

```
1  {
2    "Device A": [
3      {
4        "ts": 1483228800000,
5        "values": {
6          "temperature": 42,
```

^۳ Attribute

^۴ Post

^۱ Disconnect

^۲ Update

```

7         "humidity": 80
8     }
9 },
10 {
11     "ts": 1483228801000,
12     "values": {
13         "temperature": 43,
14         "humidity": 82
15     }
16 }
17 ],
18 "Device B": [
19     {
20         "ts": 1483228800000,
21         "values": {
22             "temperature": 42,
23             "humidity": 80
24         }
25     }
26 ]
27 }

```

بعد از تعریف این سرویس‌ها در قالب یک کلاس همراه با متد^۱های کمکی جهت اتصال دستگاه‌ها و ارسال اطلاعات به سرور نسخه اولیه ای از دروازه فراهم شد و شروع به تست کردن آن به صورت دستی^۲ و با صدا زدن^۳ توابع کردیم. پس از رویارویی با مشکلاتی که عمدتاً از سوی شبکه و دیوار آتش^۴ ایجاد می‌شد موفق به تست دروازه شدیم.

۵-۳ افزودن پایگاه داده MongoDB

پس از موفقیت در تست اولیه دروازه به این نتیجه رسیدیم که برای مدیریت راحت تر دستگاه ها نیاز به اضافه کردن یک پایگاه داده به دروازه داریم. بعد از کمی تحقیق و بررسی، باتوجه به این که اطلاعات موجود برای ذخیره سازی^۱ در پایگاه داده نیمه ساختاریافته^۲ بود و نیاز به تغییر و توسعه در آینده داشت من پیشنهاد استفاده از پایگاه داده های NoSQL را دادم و MongoDB را برای این منظور انتخاب کردیم.

خوشبختانه MongoDB برای زبان های مختلف برنامه نویسی از جمله C# کتابخانه مخصوصی جهت تسهیل ارتباط با سرور پایگاه داده را فراهم آورده است. با استفاده از این کتابخانه کمکی، کار برای استفاده از پایگاه داده در دروازه بسیار راحت تر شد. با این حال من یک کلاس کمکی جداگانه بر روی کتابخانه MongoDB Driver نوشتم تا کار برای ارتباط با پایگاه داده در سرویس راحت تر شود. از آنجایی که بروز خطا و عدم رسیدگی به آن در زمان اجرا^۳ می تواند منجر به توقف سرویس و از دسترس خارج شدن آن شود لازم است تا رسیدگی به استثنائات^۴ و خطاها به بهترین شکل انجام شود تا علاوه بر جلوگیری از توقف سرویس، با ثبت وقایع بتوان بعدها به علل بروز خطا در نرم افزار رسیدگی کرد. یکی از این اقدامات مهم نوشتن نسخه امن^۵ برای متدهای مختلف تعبیه^۶ شده در کتابخانه بود. علاوه بر این توابع کمکی تعدادی مدل داده^۷ اختصاصی در قالب POCO^۸ برای تسهیل کار با داده های پایگاه داده نیز توسعه داده شد.

۵-۴ توسعه سرویس ثبت وقایع و سرویس پیکربندی

دو سرویس پرکاربرد دیگر که نیاز به آن دیده شد تا توسعه داده شود عبارت بودند از: سرویس ثبت وقایع و سرویس پیکربندی. سرویس ثبت وقایع بر پایه کتابخانه معروف Serilog و سرویس پیکربندی بر پایه کتابخانه Microsoft.Extensions.Configuration توسعه داده شد. در سرویس ثبت وقایع علاوه بر تعریف تعدادی متد و یک کلاس برای تسهیل استفاده از آن، سازوکاری^۹ تعبیه شد تا در صورت خطا در فراخوانی^{۱۰} و شروع به کار سرویس، وقایع مربوطه بدون استفاده از توابع کتابخانه ای و تنها با توابع داخلی^{۱۱} C# در فایل های Log ذخیره شود.

در سرویس پیکربندی با راهبردی^{۱۲} مشابه علاوه بر تعریف متد و کلاس کمکی، سازوکاری مشابه سرویس ثبت وقایع تعبیه شد تا در صورت بروز خطا در فراخوانی سرویس یا تنظیمات^{۱۳} آن، از مقادیر پیش فرض برای پیکربندی استفاده شود تا نرم افزار بتواند به کار خود ادامه دهد و متوقف نشود. علاوه بر این به درخواست تیم

^{۱۱} Built-in

^{۱۲} Strategy

^{۱۳} Settings

^۶ Implement

^۷ Data Model

^۸ Plain Old CLR Objects

^۹ Mechanism

^{۱۰} Call

^۱ Storage

^۲ Semi-Structured

^۳ Runtime

^۴ Exception Handling

^۵ Safe Version

فنی توابعی نوشته شد تا انعطاف‌پذیری گسترده‌تری به سرویس پیکربندی داده شود. سازوکار درخواستی به این صورت بود که ابتدا سرویس پیکربندی تنظیمات پیش‌فرض خود را از یک فایل JSON^۱ داخلی فراخوانی کند. سپس در صورت موجود بودن فایل پیکربندی سفارشی^۲ در مسیر اجرایی^۳ برنامه، اطلاعات آن را نیز فراخوانی کند و با دادن اولویت بالاتر به فایل سفارشی، اطلاعات دو فایل پیکربندی را با یکدیگر ادغام^۴ کند.

۵-۵ توسعه ارتباط Mqtt از طرف سرور با دروازه

ارتباط Mqtt اولیه که در اوایل این فاز در بخش دروازه توسعه داده شده بود به صورت یک‌طرفه در جهت دستگاه به دروازه بود و در اینجا جای خالی ارتباط دوطرفه دیده می‌شد. به همین دلیل برای تکمیل این بخش لازم بود یک سرویس میزبان^۵ در دروازه تعبیه شود تا دروازه بتواند به پیام‌های دریافت شده^۶ از طرف سرور گوش دهد^۷. خوشبختانه به دلیل یکسان بودن پروتکل ارتباطی و مشترک بودن بخش زیادی از کدهای این قسمت با قسمت اول با صرف کمی وقت توانستیم این بخش را نیز با موفقیت پیاده‌سازی کنیم.

Received^۶
Listen^۷

Execution Path^۳
Merge^۴
Server^۵

JavaScript Simple Object^۱
Notation
Custom Config File^۲

واژه نامه

پیش نویس

ضمائم

معماری خانه هوشمند (arch.pdf) ۲۴

پیش نویس

منابع و مراجع

- [1] K. Patel and S. Patel, "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges," *IJESC*, 2016.
- [2] L. Belli and A. Cilfone, "IoT-Enabled Smart Sustainable Cities: Challenges and Approaches," *MDPI*, p. 1042, 2020.
- [3] M. Zennaro, *Introduction to the Internet of Things*, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.
- [4] "Internet of Things Global Standards Initiative," [Online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>.
- [5] "Internet of things - Wikipedia," Wikipedia, [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things.
- [6] A. Gloria and F. Cercasa, "Design and implementation of an IoT gateway," in *The 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies*, Lisbon, 2017.
- [7] H. Chen, X. Jia and H. Li, "A Brief Introduction To IoT Gateway," in *ICCTA*, Beijing, 2011.
- [8] "RAD (Rapid Application Development) Model - javatpoint," javatpoint, [Online]. Available: <https://www.javatpoint.com/software-engineering-rapid-application-development-model>.