



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)  
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

پایان نامه کارشناسی  
گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری

## طراحی و پیاده‌سازی سامانه ردیابی مبتنی بر اینترنت اشیا

نگارش  
ساره سلطانی نژاد

استاد راهنما  
دکتر بهادر بخشی

استاد داور  
دکتر مهدی راستی

خرداد ۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# صفحه فرم ارزیابی و تصویب پایان نامه - فرم تأیید اعضاء کمیته دفاع

در این صفحه فرم دفاع یا تأیید و تصویب پایان نامه موسوم به فرم کمیته دفاع - موجود در پرونده آموزشی - را قرار دهید.

## نکات مهم:

- نگارش پایان نامه/رساله باید به **زبان فارسی** و بر اساس آخرین نسخه دستورالعمل و راهنمای تدوین پایان نامه های دانشگاه صنعتی امیرکبیر باشد.(دستورالعمل و راهنمای حاضر)
- رنگ جلد پایان نامه/رساله چاپی کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا باید به ترتیب مشکی، طوسی و سفید رنگ باشد.
- چاپ و صحافی پایان نامه/رساله بصورت **پشت و رو(دورو)** بلامانع است و انجام آن توصیه می شود.



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

به نام خدا

## تعهدنامه اصالت اثر

تاریخ: خرداد ۹۸

اینجانب **ساره سلطانی نژاد** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است. در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر می‌باشد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

ساره سلطانی نژاد

امضا

# سپاس‌گزاری

با سپاس فراوان از راهنمایی‌ها و زحمات استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر بخشی، که از ابتدای راه و در طی انجام این پروژه، با رهنمودهایشان مرا در نگار این اثر یاری نمودند.

ساره سلطانی نژاد

خرداد ۹۸

## چکیده

در علم فناوری اطلاعات، مفهوم اینترنت اشیا به اشیایی با هویت خاص اطلاق می‌شود که دارای شناسه منحصر به فرد بوده و توانایی انتقال داده روی شبکه، بدون نیاز به تعامل و دخالت انسان را دارند. در واقع هدف اصلی آن هوشمند سازی اشیا و فراهم آوردن بستری است که از طریق آن، اشیا قادر به ارسال و دریافت اطلاعات با یکدیگر می‌باشند.

در سال‌های اخیر فناوری اینترنت اشیا رشد چشمگیری داشته و در زمینه‌های مختلف توانسته نیازهای متعدد و پیچیده‌ای را برطرف کند. یکی از کاربردهای اینترنت اشیا در زمینه‌ی ردیابی اشیا متحرک می‌باشد که در حوزه‌های مختلف مانند امنیت، نظارت، حمل و نقل و ... می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. سیستم موقعیت‌یابی و ردیابی امکان ارائه راه‌حل‌هایی مطمئن برای تامین امنیت افراد و وسایل نقلیه را فراهم آورده است و همچنین تاثیر بسزایی در بهینه شدن کیفیت نظارت و مدیریت ناوگان‌های حمل و نقل، حرکت خودروها، افراد (کودکان و سالمندان) و یا هر شی متحرک دیگر دارد. در واقع سامانه ردیابی تکنولوژی است که امکان تعیین موقعیت دقیق و ردیابی افراد، وسایل نقلیه و یا هر جسم متحرک دیگر را با استفاده از متدهای مختلفی مانند سامانه موقعیت‌یاب جهانی فراهم آورده است.

در این پروژه قصد داریم سامانه‌ای را پیاده‌سازی کنیم که بتوان توسط آن موقعیت دقیق، مسیر حرکت و مکان‌های پرتدد هر جسم متحرک را در هر زمان تعیین کرد. در این سیستم، هر شی مجهز به یک مازول جی‌پی‌اس است که موقعیت مکانی خود را هر دو دقیقه یکبار از ماهواره دریافت کرده و از طریق مودم جی‌اس‌ام به سرورهای نرم‌افزاری ارسال می‌کند. سرورهای نرم‌افزاری پس از دریافت اطلاعات، آن‌ها را تحلیل می‌کنند. در این قسمت پروژه یک نرم‌افزار تحت وب توسعه داده خواهد شد تا بتواند اطلاعات ارسالی را پردازش کرده و سپس آن‌ها را در یک پایگاه داده ذخیره کند و در انتها اطلاعات ذخیره شده را به صورت قابل نمایش برای کاربران تبدیل کند. به این ترتیب میتوان سرعت، مسیر حرکت و مکان‌های پرتدد شی را بر روی نقشه مشاهده کرد.

## واژه‌های کلیدی:

سامانه ردیابی بی‌درنگ، سامانه موقعیت‌یاب جهانی، SIM808 ، GSM، اینترنت اشیا

# فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۶	۲ مفاهیم اولیه
۷	۱-۲ اینترنت اشیا
۸	۱-۱-۲ سیر تکامل
۹	۲-۱-۲ اکوسیستم
۹	۳-۱-۲ معماری فنی اینترنت اشیا
۱۰	۴-۱-۲ کاربردها
۱۱	۲-۲ سیستم ردیابی
۱۳	۳-۲ سامانه موقعیت یاب جهانی
۱۴	۱-۳-۲ تاریخچه
۱۵	۲-۳-۲ ساختار جی پی اس
۱۶	۳-۳-۲ بخش فضایی
۱۷	۴-۳-۲ کنترل زمینی
۱۷	۵-۳-۲ دقت اندازه گیری
۱۸	۶-۳-۲ کاربردها
۲۰	۳ اجزای مورد استفاده در سیستم ردیابی
۲۱	۱-۳ مقدمه
۲۱	۲-۳ طراحی و معماری سیستم
۲۳	۳-۳ اجزاء سیستم
۲۳	۱-۳-۳ اجزاء سخت افزاری
۲۹	۲-۳-۳ اجزاء نرم افزاری
۳۰	۴ پیاده سازی سیستم ردیابی
۳۲	۱-۴ بررسی عملکرد سیستم ردیابی
۳۲	۱-۱-۴ بررسی عملکرد مدار
۳۷	۲-۴ بررسی معماری مدار

۳۷	.....	۳-۴ برنامه کاربردی
۳۸	.....	۱-۳-۴ پایگاه داده
۳۸	.....	۲-۳-۴ نمایش اطلاعات
۴۱	.....	۴-۴ تحلیل اطلاعات
۴۲	.....	۵ جمع‌بندی و کارهای آتی
۴۳	.....	۱-۵ جمع‌بندی
۴۳	.....	۲-۵ کارهای آتی
۴۵	.....	منابع و مراجع
۴۸	.....	پیوست



## فهرست اشکال

شکل	صفحه
۱-۲	سیر تکامل ارتباطات موجودیت‌های جهان [۱] . . . . . ۸
۲-۲	معماری اینترنت اشیا [۲] . . . . . ۱۰
۱-۳	بلاک دیاگرام سیستم ردیابی [۱۶] . . . . . ۲۲
۲-۳	معماری سیستم ردیابی پیشنهادی [۱۹] . . . . . ۲۳
۳-۳	برد آردوینو اونو . . . . . ۲۴
۴-۳	نمایی از قسمت روبرو تراشه سیم ۸۰۸ . . . . . ۲۶
۵-۳	نمایی از قسمت پشت تراشه سیم ۸۰۸ . . . . . ۲۶
۶-۳	آنتن جی‌پی‌اس . . . . . ۲۸
۷-۳	مشخصات آنتن جی‌اس‌ام [۱۶] . . . . . ۲۸
۸-۳	آنتن جی‌اس‌ام . . . . . ۲۸
۹-۳	نمایی از نرم‌افزار آردوینو . . . . . ۲۹
۱-۴	سیستم ردیابی طراحی شده . . . . . ۳۲
۲-۴	عملکرد کد پیاده‌سازی شده بر روی آردوینو [۱۰، ۱۱، ۱۹] . . . . . ۳۳
۳-۴	فلوچارت خواندن اطلاعات GPS [۸] . . . . . ۳۴
۴-۴	فلوچارت نحوه کار GSM [۸] . . . . . ۳۵
۵-۴	ادامه فلوچارت نحوه کار GSM [۸] . . . . . ۳۶
۶-۴	شیوه اتصال آردوینو به ماژول سیم ۸۰۸ [۳] . . . . . ۳۷
۷-۴	نمایش مسیر حرکت شی در برنامه کاربردی . . . . . ۳۹
۸-۴	نمایش سرعت، زمان و تاریخ حرکت شی در هر موقعیت بر روی نقشه . . . . . ۳۹
۹-۴	پیام دریافت شده توسط کاربر . . . . . ۴۰
۱۰-۴	مکان‌های پرتدد شی بر روی هیت مپ . . . . . ۴۱

# فصل اول

## مقدمه

مفهوم اینترنت اشیا<sup>۱</sup> به اشیایی با هویت خاص اطلاق می‌شود که دارای شناسه منحصر به فرد بوده و توانایی انتقال داده روی شبکه، بدون نیاز به تعامل و دخالت انسان را دارند. هدف اصلی آن هوشمند سازی اشیا و فراهم آوردن بستری است که از طریق آن اشیا قادر به ارسال و دریافت اطلاعات با یکدیگر می‌باشند. اینترنت اشیا به طور گسترده به توسعه قابلیت محاسبه و ارتباطات شبکه‌ای اشیا، دستگاه‌ها، سنسورها یا هر مورد دیگری که به طور معمول به عنوان کامپیوتر در نظر گرفته نمی‌شود، اشاره دارد. این اشیای هوشمند دارای قابلیت جمع‌آوری داده از راه دور، تحلیل و مدیریت آن‌ها هستند [۱۷].

اینترنت اشیا مجموعه وسیعی از سنسورها و عملگرهایی است که شرایط مختلف محیط را اندازه‌گیری و پردازش می‌کنند. در سال‌های اخیر فناوری اینترنت اشیا رشد چشمگیری داشته و توانسته در زمینه‌های مختلف، نیازهای متعدد و پیچیده‌ای را برطرف کند. به علت گسترش فناوری‌های جدید، تولید سنسورهای هوشمند، رشد تکنولوژی‌های ارتباطی و پیچیده شدن نیازها، اینترنت اشیا قدرت زیادی پیدا کرده و در زمینه‌های مختلف از آن استفاده می‌شود و باعث گسترش سیستم‌های هوشمند در محیط شده است [۲۱].

این سیستم‌ها برای اینکه بتوانند اثر مثبتی بر محیط بگذارند باید با یکدیگر در تعامل باشند. فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیا نیازمندی‌های متفاوتی در مقایسه با سایر فناوری‌ها دارند. به طور معمول این سیستم‌ها حافظه، توان مصرفی و پهنای باند کمتری نسبت به سایر سیستم‌ها دارند. اکثر سیستم‌های هوشمند مبتنی بر باتری هستند و در مکانی دوردست قرار دارند به گونه‌ای که نمیتوان به صورت مداوم آن‌ها را شارژ کرد. در نتیجه توان مصرفی و محدوده قابل پوشش برای این سیستم‌ها به ویژه آن‌هایی که در سطح کلان اجرا می‌شوند مانند کشاورزی هوشمند، شهر و خانه هوشمند و مسائل ردیابی، مسئله بسیار مهمی است. پروتکل‌های ارتباطی بی‌سیم متعددی وجود دارد که هر کدام ویژگی منحصر به فرد خود را دارند.

اینترنت اشیاء یک بستر ارتباطی جدید در جهت برقراری ارتباط بین اشیا هوشمند می‌باشد. معرفی این بستر موجب شده است تا امکانات جدیدی برای حل مسائلی همچون تعیین مکان و ردیابی اشیا متحرک از حمله وسایل نقلیه در سطح یک شهر، منطقه یا کشور فراهم گردد. اینترنت اشیا به سرعت در حال بدست آوردن راهکارهایی در رابطه با سناریوی ارتباط از راه دور می‌باشد و انتظار می‌رود که مبادله اطلاعات در رابطه با هر شی در شبکه‌های زنجیره‌ای منابع جهانی را آسان کند، شفافیت را افزایش دهد و کارایی‌شان را بالا ببرد.

---

<sup>۱</sup> Internet of Things (IoT)

به طور گسترده اینترنت اشیا می‌تواند به عنوان ستون اصلی سیستم‌های فراگیر و فعال‌سازی محیط‌های هوشمند برای سادگی در تشخیص و شناسایی اشیا و بازیابی اطلاعات از اینترنت در هر زمان و در هر مکان به کار برده شود.

از یک دیدگاه مفهومی، اینترنت اشیا متکی بر سه اصل مرتبط با توانایی اشیا هوشمند است: ۱- قابلیت شناسایی (هر چیزی خود را شناسایی کند) ۲- قابلیت انتقال (هر چیزی دست به انتقال می‌زند) ۳- قابلیت تعامل (هر چیزی دست به تعامل می‌زند) یا در میان خودشان و یا با کاربران نهایی یا سایر نهادهای فعال در شبکه. اشیا معمولاً یا به صورت منحصر به فرد یا به عنوان عضوی از یک رده شناسایی می‌شوند.

یکی از مسائل مطرح امروزی، ردیابی بی‌درنگ اشیا متحرک می‌باشد که به ردیابی بی‌درنگ موقعیت فعلی یک شی متحرک معین اشاره دارد. سیستم ردیابی اشیا متحرک یک راه‌حل برای بسیاری از مشکلات از جمله مسائل امنیتی است. تکنولوژی است که برای مشخص کردن موقعیت شی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی از کاربردهای مهم اینترنت اشیا، سامانه‌های ردیابی است که در فناوری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. سیستم‌های ردیابی برای اولین بار برای صنعت حمل و نقل به وجود آمدند. از نیازهای اساسی صاحبان این صنعت، بررسی موقعیت وسایل نقلیه است. ابتدایی‌ترین سیستم ساخته شده برای یافتن موقعیت، سیستم‌های غیر فعال بودند که اطلاعات را در حافظه‌ای ذخیره می‌کردند و دسترسی به آن‌ها تنها زمانی ممکن بود که وسیله نقلیه در دسترس باشد. این نوع سیستم‌ها برای کاربردهای بلادرنگ مناسب نیستند چون در این کاربردها نیاز است اطلاعات بلافاصله در اختیار کاربر قرار بگیرد. برای برطرف کردن این نیاز، سیستم‌های فعال به وجود آمدند که با استفاده از یک سخت‌افزار تعبیه شده در وسیله نقلیه و سرور ردیابی از راه دور این امکان را فراهم می‌کنند.

امروزه امنیت افراد و وسایل نقلیه تبدیل به یک نگرانی همگانی شده است. سیستم موقعیت‌یابی و ردیابی امکان ارائه راه‌حل‌هایی مطمئن برای تامین امنیت افراد و وسایل نقلیه را فراهم آورده است و همچنین تاثیر بسزایی در بهینه شدن کیفیت نظارت و مدیریت ناوگان‌های حمل و نقل، حرکت خودروها، افراد (کودکان و سالمندان) و یا هر شی متحرک دیگر دارد. در واقع سامانه ردیابی تکنولوژی است که امکان تعیین موقعیت دقیق و ردیابی افراد، وسایل نقلیه و یا هر جسم متحرک دیگر را با استفاده از متدهای مختلفی مانند سامانه موقعیت‌یاب جهانی<sup>۲</sup> میسر می‌سازد، البته شایان ذکر است که گاهی همین مشخص بودن موقعیت افراد و وسایل نقلیه در کنار تمام مزیت‌هایی که دارد، خطرات امنیتی را

<sup>۲</sup>Global Positioning System (GPS)

برای آن‌ها ایجاد می‌کند [۱۹].

امنیت در سیستم حمل و نقل تنها به حمل و نقل عمومی منتهی نمی‌شود. بلکه از مهم‌ترین نگرانی‌های صاحبان وسایل نقلیه شخصی، اطمینان از امنیت وسیله نقلیه آن‌ها است. سیستم‌های ردیابی در پیشگیری از سرقت یا یافتن وسیله سرقت شده می‌توانند کمک کنند. پلیس نیز با استفاده از اطلاعاتی که سیستم ردیابی تعبیه شده در وسیله نقلیه ارسال می‌کند می‌تواند موقعیت را تشخیص بدهد. علاوه بر وسایل نقلیه، سیستم‌های ردیابی در کاربردهای نظارت از راه دور و نظارت بر محیط زیست نیز نقش مهمی دارند. به عنوان مثال ردیابی حیوانات، انسان‌ها و موقعیت‌یابی اشیاء از کاربردهای این سیستم می‌باشد. در مثال نظارت بر انسان‌ها، این سیستم برای افراد سالمند که دارای بیماری‌های خاص چون آلزایمر هستند و احتمال گم کردن مسیر برای آن‌ها بالا است، یا برای امنیت کودکان می‌تواند بسیار مفید باشد. خانواده‌ها می‌توانند از این سیستم برای یافتن موقعیت سالمند یا کودک خود استفاده کنند [۲۰].

سیستمی که در این پروژه پیاده‌سازی کرده‌ایم می‌تواند در موارد مختلف مورد استفاده قرار بگیرد. یکی از کاربردهایی که می‌توان برای اینترنت اشیاء متصور شد، پیاده‌سازی سامانه‌ای است که بتوان توسط آن موقعیت دقیق و مسیر حرکت هر جسم متحرک را در هر زمان تعیین کرد. در این پروژه قصد داریم به ساخت یک سیستم ردیابی پردازش که قادر است موقعیت دقیق و مسیر حرکت یک شی متحرک را مشخص کند.

در انجام این پروژه ارتباط ما به صورت یک طرفه خواهد بود به این صورت که به طور پیوسته مختصات مکانی شی متحرک توسط ماژول جی‌پی‌اس<sup>۳</sup> اندازه گرفته و به یک سرور فرستاده می‌شود. این ماژول به طور پیوسته با ماهواره برای گرفتن مختصات مکانی در ارتباط است. داده‌های جی‌پی‌اس به آردوینو فرستاده می‌شود. در نهایت مودم جی‌اس‌ام<sup>۴</sup> این اطلاعات را برای سرورهای نرم‌افزاری ارسال می‌کند. در این پروژه سرورهای نرم‌افزاری پس از دریافت اطلاعات، آن‌ها را تحلیل می‌کنند و درخواستی از سمت سرور نخواهیم داشت و ارتباط ما به صورت یک‌طرفه خواهد بود. در این قسمت پروژه یک نرم‌افزار تحت وب توسعه داده خواهد شد تا بتواند اطلاعات ارسالی را پردازش و در پایگاه داده ذخیره کند و در انتها اطلاعات ذخیره شده را به صورت قابل نمایش برای کاربران تبدیل کند. در واقع برنامه کاربردی نوشته‌شده با استفاده از داده‌های ذخیره شده، موقعیت را در نقشه نمایش می‌دهد. از این طریق می‌توان موقعی کنونی شی یا شخص مورد نظر را پیدا کرد. در انتها موقعیت فعلی و مسیر حرکت فرد بر روی

<sup>۳</sup> Global Positioning System (GPS)

<sup>۴</sup> Global system for mobile communications (GSM)

نقشه نمایش داده خواهد شد. یکی دیگر از کاربردهای این سیستم به دست آوردن مکان‌های پر تردد فرد از طریق تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده می‌باشد.

در ادامه‌ی این پایان‌نامه، در فصل دوم درباره مفاهیم مورد استفاده در این پروژه صحبت می‌کنیم و در فصل سوم معماری کلی سیستم ردیابی و اجزا تشکیل دهنده آن و سپس در فصل چهارم شیوه پیاده‌سازی این سیستم با استفاده از اجزا معرفی شده در فصل سوم را بیان می‌کنیم. در پایان نیز درباره نتایج پیاده‌سازی سیستم و کارهایی که در آینده مبتنی بر این پروژه میتوان انجام داد صحبت می‌کنیم.

# فصل دوم

## مفاهیم اولیه

## ۱-۲ اینترنت اشیا

اینترنت اشیا که از آن به عنوان انقلاب صنعتی جدید یاد می‌شود، به دلیل تغییری که در شیوه زندگی، کار، سرگرمی و مسافرت مردم و ... ایجاد کرده، تعاملات بین دولت‌ها و دنیای پیرامون‌شان را با دنیای مجازی و تکنولوژی نیز دگرگون ساخته است. ورود دستگاه اتومبیل با مجموعه‌ای از نرم‌افزارهای کاربردی جهت ایجاد تعامل بین کاربر، خانه‌ها و ساختمان‌های هوشمند، امکان پخش موسیقی تنها با ادای چند کلمه و هزاران کاربرد دیگر در مدیریت هوشمند شهر، حمل و نقل، کشاورزی، صنایع دفاعی، صنعت بیمه، صنایع مربوط به نفت، گاز و معدن، مدیریت انرژی، پایش و امنیت اماکن عمومی و خصوصی، بانک‌ها، بهداشت و درمان، هتل‌داری، مهر تاییدی بر اهمیت اینترنت اشیا است.

اینترنت اشیا، برای نخستین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون مورد استفاده قرار گرفت و جهانی را توصیف کرد که در آن هر چیزی، از جمله اشیا بی‌جان، برای خود هویت دیجیتالی داشته باشند و به کامپیوترها اجازه دهند تا آن‌ها را سازماندهی و مدیریت کنند [۱۳].

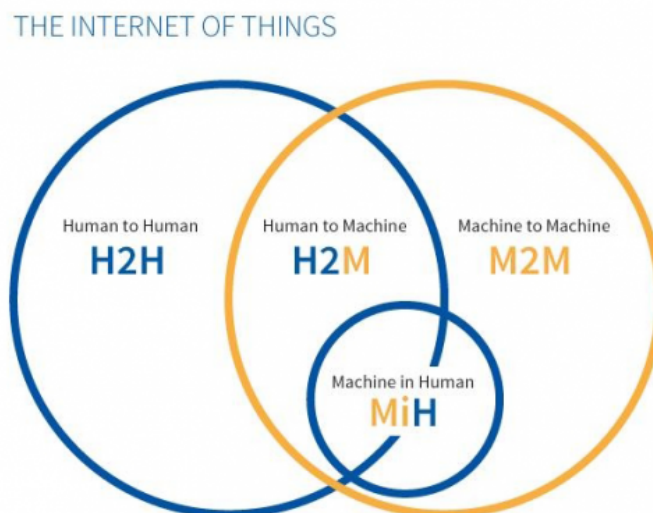
در سال‌های بعد، تعاریف دیگری از اینترنت اشیا توسط افراد و شرکت‌های مختلف ارائه گردید. اینترنت اشیا مفهومی جدید در دنیای فناوری و ارتباطات است که به طور خلاصه می‌توان گفت، اینترنت اشیا فناوری مدرنی است که در آن برای هر موجودی (انسان، حیوان و یا اشیا) قابلیت ارسال داده از طریق شبکه‌های ارتباطی، اعم از اینترنت یا اینترانت، فراهم می‌گردد. در این فناوری، اشیا پیرامون ما قادرند از محیط اطراف خود داده‌های مفیدی را از طریق حسگرهای مختلف جمع‌آوری کرده و آن‌ها را برای پردازش و اتخاذ تصمیمات لازم به یک سیستم مرکزی منتقل کنند. در واقع ایده کلی فناوری اینترنت اشیا دریافت، ذخیره‌سازی و ارسال اطلاعات از محیط به منظور تحلیل آن‌ها و در نهایت ارائه خدمات بهتر و هوشمندتر به کاربر نهایی است. به عبارتی اینترنت اشیا را می‌توان به عنوان تکامل بعدی اینترنت دانست که جهش بزرگی در توانایی جمع‌آوری، تحلیل و توزیع داده دارد.

اینترنت اشیا یک شبکه داخلی متشکل از دستگاه‌های فیزیکی، وسایل نقلیه، ساختمان‌ها، سایر موارد الکترونیکی، نرم‌افزارها، حسگرها، محرک‌ها و یک اتصال به شبکه که اشیا را به جمع‌آوری و تبادل داده‌ها قادر می‌سازد، می‌باشد. در سال ۲۰۱۳ میلادی استانداردهای جهانی، برای اینترنت اشیا تعریف "زیرساخت‌های جامعه اطلاعاتی" را مطرح کردند. اینترنت اشیا امکان حس و کنترل شدن اشیا از راه دور را با استفاده از زیرساخت شبکه فراهم می‌سازد، فرصت ادغام مستقیم دنیای فیزیکی با سیستم‌های کامپیوتری را بالا می‌برد و در نتیجه بهبود بهره‌وری، دقت و سود اقتصادی را علاوه بر کاهش دخالت انسان به همراه دارد.



## ۱-۱-۲ سیر تکامل

تغییراتی که در تعامل و ارتباطات بین موجودیت‌های (اشیای) موجود در جهان، در طول زمان (قبل از ظهور اینترنت، بعد از ظهور آن تا مطرح شدن ایده اینترنت اشیا) بوجود آمده، در شکل ۱-۲ به تصویر کشیده شده است:



شکل ۱-۲: سیر تکامل ارتباطات موجودیت‌های جهان [۱]

تکامل در ارتباطات شامل مراحل زیر است:

۱. قبل از اینترنت: ارتباط انسان با انسان

۲. اینترنت محتوا: وب نسل ۱ بر روی بستر شبکه‌های IP

۳. اینترنت سرویس: وب نسل ۲ و امکان تولید محتوا توسط کاربران

۴. اینترنت افراد: شبکه‌ها و رسانه‌های اجتماعی

۵. اینترنت اشیا: اتصالات ماشین به ماشین

ارتباطات ماشین به ماشین اصطلاحی است که برای توصیف هر فناوری که دستگاه‌های شبکه را قادر به تبادل اطلاعات و انجام برخی عملیات بدون دخالت انسان می‌کند، به کار گرفته می‌شود. در واقع به عنوان بخشی از اینترنت اشیا در نظر گرفته می‌شود. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تعداد اتصالات اینترنت اشیا در سال‌های آینده رشد قابل توجهی خواهد داشت.

مفاهیم مرتبط به اینترنت اشیا سال‌ها قبل توسط مارک ویسر در شرکت زیراکس مطرح شده بود و در قالب حوزه پردازش فراگیر در حال رشد بود. هدف حوزه پردازش فراگیر شکل‌گیری جهانی است که در آن اشیا اطراف ما (که به طور روزمره با آن‌ها سر و کار داریم) دارای قدرت پردازش بوده و به صورت بی‌سیم یا کابلی با شبکه جهانی در ارتباط باشند. دورنمای دیدگاه اولیه مارک ویسر دستیابی به سیستم‌های شبکه‌ای در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات است که نهفته در محیط پیرامون، پنهان از دید کاربر و خودکار هستند. چنین سیستم‌هایی کاربر و فعالیت‌هایش را دنبال کرده و به نیازمندی‌های آن پاسخ می‌دهد. لذا به عبارتی کاربر را قادر می‌سازد با محیط فیزیکی اطرافش سازگار شود و سرویس هوشمندتری را دریافت کند.

## ۲-۱-۲ اکوسیستم

با توجه به تعاملی که اینترنت اشیا بین عناصر و اشیا متنوع ایجاد کرده و با در نظر گرفتن این موضوع که فناوری‌های اینترنت اشیا مختص یک صنعت و یا زنجیره تامین خاصی نیستند، این مسئله باعث ایجاد روابط پیچیده‌ای می‌شود که شامل تعداد زیادی از بازیگران خواهد بود. در این صورت بایستی با استفاده از مفهوم اکوسیستم، به این شرایط پیچیده سامان بخشید.

هدف اینترنت اشیا قابلیت بخشی به اشیا برای ارتباط با هم در همه جا، هر زمان و با هر وسیله، راه و شبکه ارتباطی است. با این وجود اینترنت اشیا، تعامل چند دنیا است که دارای اجزای مختلفی است که خود حاصل تعامل سه دنیا است و گاهی از این سه دنیا تحت عنوان اجزای اینترنت اشیا نیز یاد می‌شود که عبارتند از:

۱. دنیای دیجیتال

۲. دنیای سایبری

۳. دنیای فیزیکی واقعی

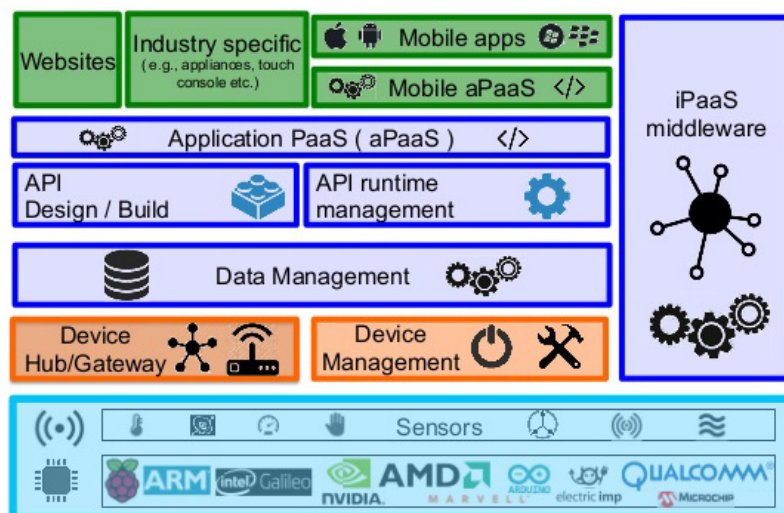
## ۳-۱-۲ معماری فنی اینترنت اشیا

اینترنت اشیا، ارتباطات ماشین به ماشین، وب فیزیکی و فناوری‌های متعدد دیگری که با توسعه شبکه‌های ارتباطی و تکنولوژی‌های تجمیع و تحلیل داده‌ها در سال‌های اخیر به آن‌ها پرداخته می‌شود، عملاً یک هدف ثابت را دنبال می‌کنند. این هدف بکارگیری هوشمند داده‌های تولیدی از ابزارهای متصل به شبکه

و سابقه قبلی اتصال آنها با هدف ارائه سرویس بهتر به مشتریان انتهایی است. معماری اصلی این سرویس‌ها را می‌توان به بخش‌های زیر تقسیم‌بندی کرد:

- سخت‌افزار (شامل حسگرها، عملگرها و دروازه‌های اتصال به شبکه)
- شبکه مخابراتی ارتباطی (شامل شبکه انتقال مبتنی بر دسترسی)
- بستر ابری و مدیریت سرویس (مرکز داده، پلتفرم تحلیل کلان داده و میان‌افزار ارائه سرویس)
- برنامه‌های کاربردی (شامل توسعه‌دهندگان سرویس و سرویس گیرندگان)

این معماری چند لایه‌ای در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۲-۲: معماری اینترنت اشیا [۲]

## ۴-۱-۲ کاربردها

سرویس‌ها و کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه‌های متنوعی مطرح هستند، که از آن جمله می‌توان به این موارد اشاره کرد: ساختمان، انرژی، خانه و مشتری، سلامت، صنعت حمل و نقل، امنیت عمومی، شبکه و فناوری اطلاعات. میزان محبوبیت کاربردهای این حوزه متفاوت است. محبوب‌ترین کاربردها به ترتیب عبارتند از: ابزارهای پوششی، شهر هوشمند، خانه هوشمند، اینترنت صنعتی، توزیع هوشمند برق، سلامت، کشاورزی و دامپروری، زنجیره تامین.

## ۲-۲ سیستم ردیابی

همانطور که گفتیم اینترنت اشیا چهارچوبی است که در آن هر شی دارای قابلیت اتصال به اینترنت است. این اتصال به اینترنت دستگاه‌های محاسباتی تعبیه شده در هر شی، آن را قادر به ارسال و دریافت اطلاعات می‌کند. اینترنت اشیا به طور گسترده به گسترش ارتباط شبکه‌ای و قابلیت محاسبه اشیا، دستگاه‌ها، حسگرها و هر چیزی که به طور عادی کامپیوتر حساب نمی‌شود، اشاره دارد. کوین اشتون، پدر اینترنت اشیا، اشاره می‌کند که "اطلاعات و داده‌ها راه عالی برای کاهش هدرروی و افزایش بهره‌وری می‌باشد و این دقیقا آن چیزی است که اینترنت اشیا فراهم می‌کند." این اشیا هوشمند دارای حداقل نیاز انسان برای تولید، مبادله و محاسبه داده می‌باشند. زمینه‌های کاربرد تکنولوژی اینترنت اشیا روز به روز در حال افزایش است. یکی از کاربردهای اینترنت اشیا در ردیابی وسایل نقلیه است [۱۵، ۱۷].

انتظار می‌رود تعداد کل وسایل نقلیه روز به روز افزایش یابد با توجه به اینکه مالکیت آن‌ها برای افراد با توجه به اقتصاد رو به رشد کشورهای مثل چین و هند، مقرون به صرفه می‌باشد. اما با این وجود کمبود سیستم ردیابی هم‌چنان حس می‌شود. چنین سیستمی در زمینه‌های مختلفی از جمله امنیت خودرو شخصی، وسایل نقلیه عمومی، مدیریت ناوگان و ... کاربرد دارد [۱۸].

امروزه سیستم‌های ردیابی مختلفی در بازار وجود دارد اما آن‌ها دارای کاربرد مشخص، ناحیه کاری مشخص و عمدتاً هم بسیار هزینه‌بر می‌باشند [۷]. بنابراین سیستم ردیابی طراحی شده برای امنیت خودرو برای مدیریت ناوگان مناسب نمی‌باشد [۲۲]. پس باید سیستمی را پیاده‌سازی کنیم که به راحتی برای کاربردهای مختلف قابل استفاده و مقرون به صرفه باشد.

همانطور که اشاره کردیم سیستم ردیابی راه‌حلی برای مدیریت ناوگان و امنیت اشیا متحرک از جمله افراد، وسایل نقلیه و ... می‌باشد. این تکنولوژی برای مشخص کردن مکان شی متحرک در هر زمان از متدهای مختلفی مثل سامانه موقعیت‌یاب جهانی<sup>۱</sup> که به ماهواره‌های اطراف پایگاه زمین متصل می‌باشد، استفاده می‌کند. سیستم‌های ردیابی مدرن از تکنولوژی جی‌پی‌اس برای مانیتور و موقعیت‌یابی وسایل نقلیه در هر کجای زمین استفاده می‌کنند. این سیستم ردیابی در داخل خودرو یا هر شی متحرکی که می‌خواهیم آن را ردیابی کنیم، قرار می‌گیرد و امکان موقعیت‌یابی در هر لحظه را فراهم می‌آورد و اطلاعات لازم برای ردیابی را در اختیار افراد می‌گذارد. این سیستم یک دستگاه ضروری برای ردیابی اشیا متحرک مخصوصاً وسایل نقلیه است که صاحبان آن‌ها بتوانند هر زمان وسیله نقلیه خود را ردیابی کنند. هم‌چنین از این سیستم می‌توان برای ردیابی و پیدا کردن وسایل دزدیده شده استفاده نمود. داده

GPS<sup>۱</sup>

جمع‌آوری شده از طریق این سیستم را می‌توان بر روی نقشه الکترونیکی از طریق اینترنت یا نرم‌افزارهای کاربردی مشاهده نمود [۵].

سیستم ردیابی متشکل از اجزای سخت افزاری و نرم افزاری است که با کمک آن‌ها می‌توان شی مورد نظر را ردیابی کرد. این سیستم از سه بخش اصلی تشکیل شده است: شی متحرک، بخش سخت‌افزاری و بخش نرم‌افزاری. بخش سخت‌افزاری متشکل از برد آردوینو، آنتن جی‌پی‌اس و جی‌اس‌ام متصل به مازول سیم ۸۰۸<sup>۲</sup> در داخل شی که قراره ردیابی شود، قرار می‌گیرد. این بخش سیگنال حاوی مختصات مکانی و زمانی است را به کمک آنتن جی‌پی‌اس از ماهواره دریافت می‌کند. مودم جی‌اس‌ام این اطلاعات را به سرور می‌فرستد که پس از دریافت و تحلیل بر روی نقشه می‌توان مسیر حرکت را مشاهده نمود.

یکی از نگرانی‌های اصلی صاحبان وسیله نقلیه، امنیت آن‌ها می‌باشد. از این رو همواره به دنبال سیستم امنیتی جدید و کارآمد هستند. با پیشرفت تکنولوژی امروزه قادر خواهیم بود در هر زمان وسیله نقلیه را ردیابی و موقعیت آن را در هر لحظه مشاهده کنیم. سیستم ردیابی با استفاده از ردیابی کردن فعالیت‌های وسیله نقلیه در بازه‌های زمانی مشخص کمک بسزایی در تامین امنیت آن‌ها کرده است. این سیستم از جی‌پی‌اس برای پیدا کردن اطلاعات مربوط به مکان هر شی استفاده می‌کند و سپس این اطلاعات برای نمایش مسیر حرکت به سرور فرستاده می‌شوند.

بخش سخت‌افزاری سیستم ردیابی در داخل وسیله نقلیه به نحوی قرار می‌گیرد که از بیرون آن قابل مشاهده نباشد. درواقع به عنوان یه بخش پنهان شده عمل می‌کند که به طور مداوم مختصات مکانی شی را به سرور می‌فرستد. در سمت سرور برنامه کاربردی تحت وب توسعه داده می‌شود که این امکان را فراهم می‌کند مسیر حرکت شی را بر روی نقشه مشاهده کرد.

سیستم ردیابی بزرگترین پیشرفت تکنولوژی در زمینه تامین امنیت می‌باشد. این سیستم صاحبان وسال نقلیه را قادر می‌سازد بتوانند از راه دور در هر زمانی وسیله نقلیه خویش را ردیابی کنند.

سیستم ردیابی هم‌چنین به عنوان دستگاه پیشگیری از سرقت و بازیابی وسیله نقلیه در میان مردم مشهور شده است. وقتی وسیله نقلیه دزدیده می‌شود، اطلاعات ارسال شده توسط سیستم ردیابی را می‌توان در اختیار پلیس گذاشت تا آن‌ها به راحتی با دنبال کردن سیگنال‌های دریافتی موقعیت علی وسیله نقلیه موردنظر را پیدا کنند.

سیستم ردیابی زمانی که به عنوان یک سیستم امنیتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند حایگترین مناسبی برای سیستم‌های هشدار دهنده سنتی خودروها باشد. برخی از سیستم‌های ردیابی قادر هستند از راه دور وسیله نقلیه را کنترل کنند که این کنترل شامل قفل کردن در خودرو و خاموش کردن موتور

آن در موارد اضطراری می‌باشد. با توجه به پیشرفت روزافزون تکنولوژی، سیستم ردیابی قادر هستند که حرکت غیر عادی وسیله نقلیه را تشخیص داده و به صاحب آن هشدار دهند.

سیستم ردیابی در داخل شی که قرار است آن را ردیابی کنیم، قرار می‌گیرد. این شی از طریق یک تلفن همراه که به کاربر امکان ارتباط از راه دور با سیستم تعبیه شده را فراهم می‌کند. سیستم ردیابی از یک سیم‌کارت برای ارسال و دریافت پیام کوتاه استفاده می‌کند. کاربر می‌تواند با استفاده از تلفن همراه خویش یک پیام کوتاه به سیم‌کارت تعبیه شده در سیستم ردیابی بفرستد و از طریق بتواند وسیله نقلیه خود را ردیابی کند. به طور کلی عملکرد سیستم ردیابی را میتوان دو بخش کرد:

۱. ردیابی وسیله نقلیه

۲. تامین امنیت وسیله نقلیه

این سیستم از یک آنتن جی‌پی‌اس تشکیل شده است که ردیابی واقعی شی را ممکن می‌سازد. مودم جی‌اس‌ام که مستقیم به میکروکنترلر متصل است امکان ارسال و دریافت پیام کوتاه و فرستادن داده به سرور را فراهم می‌کند. این مودم اطلاعات را دریافت می‌کند و آن را به تلفن همراه کاربر که با آن تقاضا دریافت موقعیت مکانی را کرده بود، می‌فرستد. این اطلاعات شامل طول جغرافیایی<sup>۳</sup>، عرض جغرافیایی<sup>۴</sup> به همراه یک لینک می‌باشد که با کلیک کردن بر روی آن می‌توان موقعیت شی را بر روی نقشه مشاهده کرد [۱۴].

## ۳-۲ سامانه موقعیت‌یاب جهانی

سیستم موقعیت‌یاب جهانی توسط دولت و ارتش ایالت متحده آمریکا طراحی شد که از آن برای اهداف نظارتی استفاده می‌کردند. مازول جی‌پی‌اس توسط وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا و دکتر ایوان<sup>۵</sup> به عنوان سیستم ناوبری ماهواره‌ای اختراع شد.

Longitude<sup>۳</sup>

Latitude<sup>۴</sup>

Dr. Ivan<sup>۵</sup>

سیستم موقعیت‌یاب جهانی منظومه‌ای متشکل از ۲۴ ماهواره است که زمین را دور می‌زند و در هر مدار ۴ ماهواره قرار دارد. راکت‌های کوچکی نیز ماهواره‌ها را در مسیر صحیح نگاه می‌دارد. این ماهواره‌ها شناسایی موقعیت جغرافیایی بین ۱۰ تا ۱۰۰ متر را امکان‌پذیر می‌سازد. این ماهواره‌ها از محاسبات ریاضی ساده‌ای برای پخش اطلاعات استفاده می‌کنند که به عنوان طول و عرض و ارتفاع جغرافیایی، توسط گیرنده‌های زمین ترجمه شده‌اند [۱۲].

سیستم جی‌پی‌اس بدون وابستگی به گیرنده‌های تلفن یا اینترنت عمل می‌کند. اگر چه با این فناوری‌ها می‌توان اطلاعات دریافتی از این سیستم موقعیت‌یابی را مناسب‌تر و کاربردی‌تر کرد. سیستم جی‌پی‌اس می‌تواند توانایی‌های حیاتی در زمینه موقعیت‌یابی برای کاربران نظامی، مدنی یا کاربران عادی در سراسر جهان فراهم کند.

پروژه جی‌پی‌اس در سال ۱۹۷۳ برای غلبه بر محدودیت‌های سیستم‌های موقعیت‌یابی پیشین شروع شد. وزارت دفاع آمریکا سیستمی را توسعه داد که به شکل پیش‌فرض ۲۴ ماهواره را به کار می‌برد. طراحی و توسعه و پشتیبانی این سیستم بر عهده وزارت دفاع ایالات متحده است.

جی‌پی‌اس در تمام شرایط به‌صورت ۲۴ ساعت در شبانه‌روز و در تمام دنیا قابل استفاده است و هیچ‌گونه بهایی بابت این خدمات اخذ نمی‌شود. ماهواره‌های جی‌پی‌اس، هر روز دو بار در یک مدار دقیق دور زمین می‌گردند و سیگنال‌های حاوی اطلاعات را به زمین می‌فرستند.

سیستم‌های مشابهی نیز وجود دارند که در حال استفاده یا طراحی هستند. سیستم روسی گلوناس مهم‌ترین آن‌ها است که تقریباً هم‌زمان با جی‌پی‌اس تکامل یافته اما از سال ۲۰۰۸ به بهره‌برداری کامل رسیده است. اتحادیه اروپا، هند و چین نیز هر یک سیستم‌های مشابهی را در دست توسعه دارند.

## ۱-۳-۲ تاریخچه

از اوایل دهه ۶۰ میلادی، نیروی هوایی و نیروی دریایی آمریکا همواره در حال مطالعه یا اقدام جهت دستیابی به یک سیستم ناوبری ماهواره‌ای بوده‌اند. نیروی دریایی دو طرح عمده Transit و Timation را در دست اقدام داشته‌است. Transit توسط آزمایشگاه‌های فیزیک کاربردی جان هاپکینز طراحی و در سال ۱۹۶۴ به حالت عملیاتی درآمد. این سیستم اکنون اطلاعات ناوبری سطح را به صورت دو بعدی (طول و عرض جغرافیایی) و بر مبنای اصول شیف‌ت داپلر برای کاربران دریانوردی فراهم می‌آورد. سیستم Timation طرحی تحقیقاتی با فناوری پیشرفته از آزمایشگاه تحقیقات نیروی دریایی آمریکا بود که یک سیستم ناوبری دو بعدی (طول و عرض جغرافیایی) را بر مبنای زمان‌سنجی دقیق ارائه می‌کرد. در همین

دوره زمانی، نیروی هوایی نیز تحقیقات پژوهشی را برای ارائه یک سیستم ناوبری سه بعدی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) انجام می‌داد. این سیستم بر مبنای فاصله‌یابی ماهواره ای به کمک «دنباله‌های دیجیتال قابل تکرار» و «نویز شبه تصادفی» پایه‌ریزی شده بود.

اولین ماهواره جی‌پی‌اس در سال ۱۹۷۸ با موفقیت به فضا پرتاب شد. هدف اصلی و اولیه از طراحی جی‌پی‌اس، اهداف نظامی بوده اما از سال ۱۹۸۰ به بعد برای استفاده‌های غیرنظامی نیز در دسترس قرار گرفت. این سیستم در سال ۱۹۹۵ و با تکمیل تعداد ماهواره‌ها به توان پیش‌بینی شده نهایی خود دست یافت. افتخار اختراع این سیستم به راجر آل استون، ایوان ای گتینگ و برادفورد پارکینسون از آزمایشگاه فیزیک پیشرفته ایالات متحده تعلق دارد.

پیشرفتهای تکنولوژیکی و نیازهای جدید باعث تمایل زیادی برای ارتقا و مدرنیزه کردن سیستم موجود و توسعه نسل جدید ماهواره‌ها با عنوان جی‌پی‌اس بلوک ۳ آ و نسل جدید سیستم‌های کنترل عملیاتی شده‌اند. این تغییرات از سال ۱۹۹۸ با دستور کاخ سفید شروع شدند و در سال ۲۰۰۰ با تصویب کنگره آمریکا شروع به عملیاتی شدن کردند و در نهایت به جی‌پی‌اس نسل سوم خواهند انجامید.

## ۲-۳-۲ ساختار جی‌پی‌اس

جی‌پی‌اس فعلی از سه بخش اساسی تشکیل شده‌است. این سه بخش اصلی عبارتند از: بخش فضایی، بخش کنترل و بخش کاربر. قسمت‌های کنترل و فضایی توسط نیروی هوایی ایالات متحده آمریکا پایه‌گذاری شده و توسعه یافته‌اند و اکنون نیز به کار خود ادامه می‌دهند [۹].

امواج منتشر شده از فضا توسط ماهواره‌های جی‌پی‌اس، توسط گیرنده‌های جی‌پی‌اس دریافت می‌شوند؛ این گیرنده‌ها به وفور در اختیار انواع کاربران قرار دارند و برای محاسبه کردن موقعیت سه بعدی (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع) محل مورد نظر و زمان به کار می‌روند.

- بخش فضایی: از ۲۴ تا ۳۲ ماهواره تشکیل شده است که در مدار میانی زمین قرار گرفته‌اند و همچنین شامل تأسیساتی هم می‌شود که برای آماده‌سازی و پرتاب آن‌ها به کار می‌روند.

- بخش کنترل: از یک ایستگاه اصلی کنترل زمینی، یک ایستگاه اصلی کنترل زمینی دیگر به عنوان پشتیبان، یک میزبان آنتن‌های اختصاصی و اشتراکی برای سیستم و ایستگاه‌های پایش تشکیل شده‌است.

- بخش کاربری: از صدها هزار کاربر نظامی آمریکایی و متحدان آن که از جی‌پی‌اس کدگذاری شده



برای تعیین موقعیت دقیق استفاده می‌کنند و صدها میلیون کاربر مدنی، عمومی یا علمی تشکیل شده‌است که از امکانات موقعیت‌یابی استاندارد استفاده می‌کنند.

## ۳-۳-۲ بخش فضایی

بخش فضایی از ماهواره‌های مستقر در مدار زمین تشکیل شده است که به اختصار ماشین‌های فضایی نیز نامیده می‌شوند. در طراحی اولیه جی‌پی‌اس ۲۴ ماشین فضایی مورد نیاز بود که در ۸ مدار دایره‌ای و در هر مدار حداکثر ۳ ماهواره قرار می‌گرفتند. بعدها این طرح تبدیل به ۶ مدار شد و در هر مدار حداکثر ۴ ماشین فضایی در نظر گرفته شد.

نقشه ۶ مداری حداکثر ۵۵ درجه انحراف مداری دارد که هر مدار ۶۰ درجه فاصله از گره نزولی دارد. زمان مداری نصف یک روز نجومی است؛ معنی آن این است که روزانه حدود ۱۱ ساعت و ۵۸ دقیقه طول می‌کشد تا ماهواره از روی مکان قبلی یا تقریباً نزدیک آن عبور کند.

مدارها به شکلی تنظیم شده‌اند که در تمام ساعات شبانه روز و تقریباً از تمام نقاط سطح زمین، حداقل ۶ ماهواره در خط دید باشند. برای تحقق این موضوع فاصله یکسانی برای ماهواره‌های موجود در مدار مشترک در نظر گرفته نشده است. اگر ساده‌تر در نظر بگیریم فاصله زاویه‌ای بین بین ماهواره‌ها به این شکل است: ۳۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۰۵ درجه که در مجموع ۳۶۰ درجه می‌شود.

ارتفاع مداری حداکثر حدود ۲۰۲۰۰ کیلومتر است، یعنی شعاع مداری حداکثر ۲۶۶۰۰ کیلومتر است. هر ماشین فضایی، در هر روز نجومی دو بار و همان مسیر قبلی را نسبت به زمین می‌پیماید. این مسئله مخصوصاً هنگام ارتقا و تکمیل سیستم خیلی کمک کننده بود چرا که حتی فقط با ۴ ماهواره و جاگیری صحیح، هر چهار ماهواره در طی چند ساعت، از یک نقطه خاص قابل رویت بودند. برای عملیات‌های نظامی، تکرار گذرهای زمینی از یک منطقه می‌تواند منجر به اطمینان از پوشش خوب منطقه نبرد باشد. در فوریه ۲۰۱۶، ۳۲ ماهواره در سیستم جی‌پی‌اس حضور داشتند که ۳۱ عدد از آن‌ها فعال بودند. ماهواره‌های اضافی دقت محاسبات گیرنده‌های جی‌پی‌اس برای اندازه‌گیری‌های دقیق را افزایش می‌دهند. با افزایش تعداد ماهواره‌ها چینش آن‌ها در مدارها به شکل ناهمسانی تغییر کرد. مزیت این شکل از چینش نسبت به فرم استاندارد این است که در صورت از دست رفتن یکی از ماشینها فضایی (عدم کارکرد صحیح)، در دسترس بودن سیستم کاهش نمی‌یابد و هنوز مورد اعتماد باقی می‌ماند. با وضعیت فعلی از هر نقطه زمین و در هر زمانی در حدود ۹ ماهواره به شکل هم‌زمان در خط دید قرار دارند. این امر باعث افزایش قابل توجه اعتماد به دقت، نسبت به حضور حداقل ۴ ماهواره، برای تعیین مکان می‌شود.

## ۲-۳-۴ کنترل زمینی

بخش کنترل این بخش شامل ایستگاه‌های کنترل زمینی است که دارای مختصات معلوم هستند و موقعیت آن‌ها از طریق روش‌های کلاسیک تعیین موقعیت نظیر روش تعیین فواصل بلند و روش فاصله‌سنجی ماهواره‌ای با امواج لیزر بدست آمده است. این ایستگاه‌ها وظیفه تعقیب چندجمله‌ای ریاضی به طریق کمترین مربعات، پارامترهای مداری و موقعیت ماهواره‌ها را نسبت به یک سیستم مختصات ژئودتیک ژئوسنتریک (مبدأ سیستم مختصات تقریباً در مرکز زمین قرار دارد) محاسبه می‌نماید. تعداد این ایستگاه‌های زمینی ۵ عدد است که ایستگاه اصلی با نام کلرادو اسپرینگ در آمریکا قرار دارد و ۴ ایستگاه فرعی دیگر در نقاط دیگر کره زمین مستقر هستند. آخرین بخش از سیستم جی‌پی‌اس، قسمت کاربران سیستم است که خود شامل دو بخش است:

۱. آنتن دریافت کننده اطلاعات ارسالی از ماهواره‌ها

۲. گیرنده (پردازش کننده اطلاعات دریافتی و تعیین کننده موقعیت محل آنتن)

نرم‌افزار و ریزپردازنده داخل گیرنده فاصله بین آنتن زمینی تا ماهواره‌های مرتبط با گیرنده را تعیین می‌کند سپس با استفاده از حداقل ۴ ماهواره موقعیت طول، عرض و ارتفاع محل استقرار آنتن یا همان گیرنده تعیین می‌شود. نکته مهمی که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد این است که ارتفاعی که جی‌پی‌اس به ما می‌دهد با ارتفاع موجود در نقشه‌ها و اطلس‌ها فرق می‌کند. ارتفاع جی‌پی‌اس نسبت به سطح مبنایی به نام بیضوی است در حالی که ارتفاع موجود در نقشه‌ها ارتفاع اورتومتريک است که از سطح دریا‌های آزاد محاسبه می‌گردد. مقدار این اختلاف در بیش‌ترین حالت در حدود ۱۰۰ متر است.

## ۲-۳-۵ دقت اندازه‌گیری

دستگاه‌های جی‌پی‌اس انواع گوناگونی دارند و در وسایل مختلفی استفاده می‌شوند؛ ولی یکی از جاهایی که بیشتر در آن استفاده می‌شود گوشی‌های موبایل است که دقت آن در شرایط مختلف متفاوت است. به عنوان مثال:

- فضای باز: ۳ تا ۷ متر
- داخل ماشین: ۵ تا ۱۰ متر
- داخل خانه دو طبقه: ۲۰ تا ۵۰ متر

• داخل آپارتمان: ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و در شرایطی قطع

• در جنگل: ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر

• داخل هواپیما: ۵۰ متر

• داخل تونل: قطع کامل

• بر پشت بام آپارتمان: ۲ تا ۴ متر

• زیر پل‌ها: قطع کامل

## ۲-۳-۶ کاربردها

اساس کار دستگاه موقعیت‌یاب تعیین موقعیت است و این کار با دریافت امواج ماهواره‌های موقعیت‌یاب که در مدارهایی به دور کره زمین در چرخش هستند، انجام می‌شود. برای تعیین موقعیت، گیرنده موقعیت‌یاب زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. تفاوت این دو مشخص‌کننده فاصله گیرنده موقعیت‌یاب از ماهواره مزبور می‌باشد. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده موقعیت‌یاب انجام می‌دهد. با استفاده از حداقل سه ماهواره یا بیشتر، موقعیت‌یاب می‌تواند طول و عرض جغرافیایی مکان خود را تعیین نماید. (که آن را تعیین دو بعدی می‌نامند) و با تبادل با چهار (و یا بیشتر) ماهواره یک موقعیت‌یاب می‌تواند موقعیت سه بعدی مکان خود را تعیین نماید که شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد. با انجام پشت سر هم این محاسبات، موقعیت‌یاب می‌تواند سرعت و جهت حرکت خود را نیز به دقت مشخص نماید.

امروزه در بعضی مکان‌های ایران قادر به دریافت اطلاعات تا ۱۰ ماهواره می‌باشیم و حداقل به ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان از شبانه روز و در هر مکان دسترسی داریم. هر قدر تعداد ماهواره‌های قابل مشاهده بیشتر شود معادلات اساسی تعیین موقعیت بیشتر خواهند شد و بنابراین زمان لازم برای تعیین موقعیت یک نقطه کاهش یافته و دقت تعیین موقعیت نیز افزایش خواهد یافت.

نکته مهمی که می‌بایست مورد توجه قرار گیرد این است که ارتفاعی که موقعیت‌یاب به ما می‌دهد با ارتفاع موجود در نقشه‌ها و اطلس‌ها فرق می‌کند. ارتفاع موقعیت‌یاب ارتفاع ژئودتیک است که نسبت به سطح مبنایی به نام بیضوی مقایسه اندازه‌گیری می‌شود، در حالی که ارتفاع موجود در نقشه‌ها ارتفاع اورتومتريک یا ارتفاع از سطح ژئوئید می‌باشد که از سطح دریاهای آزاد محاسبه می‌گردد. مقدار اختلاف

این دو مقیاس در بیشترین حالت حدود ۱۰۰ متر است. موقعیت یاب اطلاعات موقعیتی را توسط اعداد و در یک سیستم مختصاتی بیان می کند.

دستگاه جی پی اس یک رایانه کوچک است که جهت انجام امور خاصی برنامه ریزی شده است؛ بنابراین این رایانه با داشتن مختصات شما می تواند کارهای دیگری هم انجام بدهد. مثلاً می تواند زمان طلوع و غروب خورشید را در موقعیت شما بگوید. همچنین زمان طلوع و غروب ماه. شاید خیلی جالب باشد ولی جی پی اس می تواند زمان باقی مانده برای رسیدن به مقصد مورد نظر را با توجه به سرعت شما محاسبه کند. همچنین میانگین سرعت شما، بیشترین سرعت، میانگین سربالایی و سرازیری مسیر، سرعت عمودی، موقعیت منطقه از نظر شکار و ماهیگیری و شکار در هر نقطه جهان، محاسبه مساحت یک نقطه ناشناخته و برگرداندن شما از مسیر آمده را نیز می تواند انجام دهد.

## فصل سوم

### اجزای مورد استفاده در سیستم ردیابی

## ۱-۳ مقدمه

هدف اصلی پروژه ما طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌ای است که بتوان توسط آن موقعیت دقیق و مسیر حرکت هر جسم متحرک را در هر زمان تعیین کرد. سامانه ذکر شده باید علاوه بر عملکرد مناسب، از لحاظ هزینه هم به صرفه باشد.

برای این که بتوانیم چنین سامانه‌ای را طراحی کنیم اول باید نیازمندی‌های سامانه را تشخیص دهیم، معماری کلی سامانه موردنظر خود را به دست آوریم و سپس با استفاده از این معماری و نیازسنجی انجام شده برای پیاده‌سازی از ماژول‌های مناسب استفاده کنیم. در این فصل در قسمت ۲-۳ ابتدا طرح کلی سامانه ردیابی را توضیح می‌دهیم و سپس در بخش ۳-۳ اجزاء مورد استفاده در این طرح را معرفی می‌کنیم.

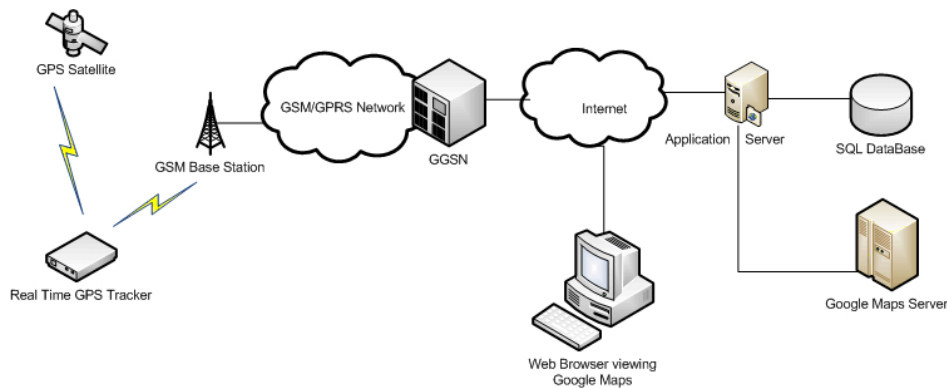
## ۲-۳ طراحی و معماری سیستم

در این قسمت به طراحی سیستم خود می‌پردازیم. با توجه به نیازمندی‌های پروژه باید ماژول‌های فرستنده و گیرنده، پروتکل ارتباطی و برنامه کاربردی برای نمایش اطلاعات را مشخص کنیم. هدف اصلی یک سیستم ردیابی این است یک شی خاص را ردیابی کرده و مسیر حرکت آن را در هر زمانی بدست آوریم. در واقع سیستم ردیابی اطلاعاتی درباره مکان فعلی و سرعت شی مورد نظر را در اختیار ما می‌گذارد. در انجام این پروژه ارتباط ما به صورت یک‌طرفه بوده است، به این صورت که به طور پیوسته مختصات مکانی شی متحرک اندازه گرفته می‌شود و به یک سرور فرستاده می‌شود و سپس پردازش‌های لازم در سمت سرور بر روی این اطلاعات صورت می‌گیرد. با توجه به توضیحات گفته شده می‌توان به سه قسمت اصلی در این سیستم اشاره کنیم [۶]:

- بدست آوردن موقعیت مکانی شی متحرک با استفاده از ماژول جی‌پی‌اس
- ارسال اطلاعات مکانی به سرورهای نرم‌افزاری توسط مودم جی‌اس‌ام
- ذخیره اطلاعات مکانی در سمت سرور و پیاده‌سازی برنامه کاربردی برای نمایش مسیر حرکت شی بر روی نقشه

همانطور که دیدیم معماری سیستم ما دارای چهار بخش اصلی است. بخش اول مربوط به گرفتن موقعیت مکانی شی از ماهواره با استفاده از ماژول جی‌پی‌اس است. بخش دوم مربوط به ارسال اطلاعات دریافتی

به سرور با استفاده از مودم جی‌اس‌ام است و بخش سوم هم توسعه برنامه کاربردی است که با استفاده از اطلاعات دریافت شده موقعیت شی مورد نظر بر روی نقشه نمایش داده می‌شود.



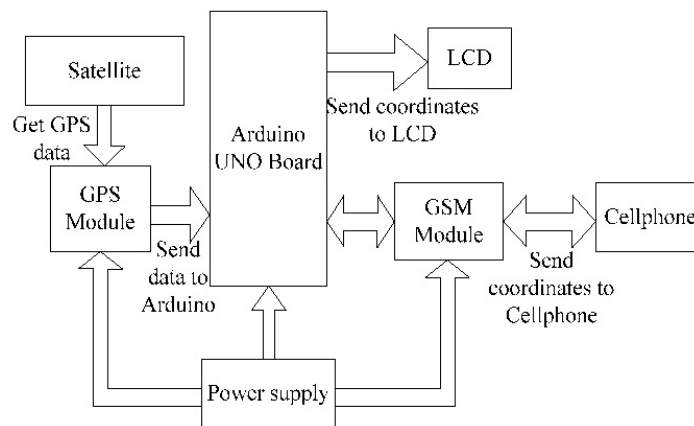
شکل ۱-۳: بلاک دیاگرام سیستم ردیابی [۱۶]

شکل ۱-۳ نمای کلی از معماری سیستم طراحی شده و ارتباط بین بخش‌های آن را نشان می‌دهد. برای انتخاب ماژول‌ها لازم است وظیفه هر بخش را دقیق بدانیم و ماژول مورد نظر برای آن را انتخاب کنیم [۵].

- در بخش اول لازم است ما موقعیت مکانی شی مورد نظر را به طور پیوسته اندازه بگیریم. در واقع به محض حرکت کردن شی، ماژول جی‌پی‌اس به طور پیوسته اطلاعات مکانی و زمانی شی مورد نظر را از ماهواره دریافت می‌کند. سیگنال دریافتی از ماهواره ضعیف می‌باشد و لذا باید از یک آنتن برای تقویت سیگنال مورد نظر استفاده کنیم و در انتها سیگنال تقویت شده که حاوی اطلاعات مکانی و زمانی شی متحرک می‌باشد را به برد آردوینو می‌فرستد.

- در بخش دوم اطلاعات دریافتی از ماژول جی‌پی‌اس، توسط مودم جی‌اس‌ام به سمت سرور فرستاده می‌شود.

- سرورهای نرم‌افزاری پس از دریافت اطلاعات آن‌ها را تحلیل می‌کنند. ارتباط ما در این پروژه به صورت یک‌طرفه می‌باشد و درخواستی از سمت سرورهای نرم‌افزاری نخواهیم داشت. در این قسمت پروژه یک نرم‌افزار تحت وب توسعه داده خواهد شد تا بتواند اطلاعات ارسالی را پردازش و در پایگاه داده ذخیره کند. در قسمت آخر هم این اطلاعات ذخیره شده در صفحه وب طراحی شده نمایش داده می‌شود.



شکل ۳-۲: معماری سیستم ردیابی پیشنهادی [۱۹]

### ۳-۳ اجزاء سیستم

در قسمت قبل معماری سیستم را مشخص کردیم. حال اجزاء این معماری را به طور دقیق بیان و معرفی می‌کنیم.

#### ۱-۳-۳ اجزاء سخت‌افزاری

اجزای سخت‌افزاری که برای پیاده‌سازی این سامانه استفاده شده است عبارتند از:

- ماژول آردوینو
- ماژول سیم ۸۰۸<sup>۱</sup>
- آنتن جی‌پی‌اس<sup>۲</sup>
- آنتن جی‌اس‌ام<sup>۳</sup>

#### ۱-۱-۳-۳ ماژول آردوینو

آردوینو یک ریزپردازنده متن‌باز است که برای نوشتن برنامه‌هایی که با محیط و اشیاء بیرون در تعامل هستند مناسب است. این برد مناسب نمونه‌سازی می‌باشد و نرم‌افزار و طرح سخت‌افزار آن به صورت آزاد

<sup>۱</sup> SIM 808

<sup>۲</sup> GPS Antenna

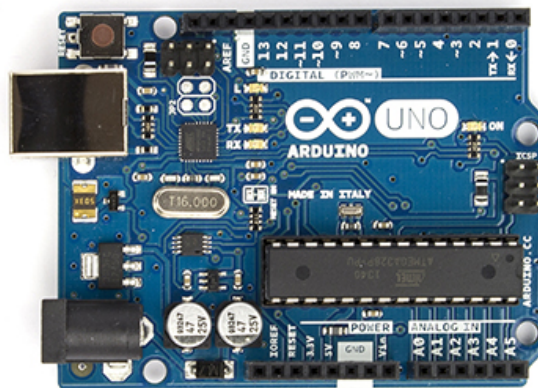
<sup>۳</sup> GSM Antenna



در اختیار تمام افراد قرار گرفته است و هر فرد علاقه‌مند حتی با دانش و تجربه اندک در حوزه الکترونیک می‌تواند از آردوینو برای انجام پروژه‌های خود استفاده نماید.

آردوینو محیط ساده‌ای برای برنامه‌نویسی دارد که هر شخصی با اندکی آشنایی با زبان سی<sup>۴</sup> و سی پلاس پلاس<sup>۵</sup> می‌تواند در این محیط برنامه‌نویسی کند و برنامه نوشته شده را در آردوینو اجرا نماید. به میکروکنترلر آردوینو میتوان حسگرهای مختلف متصل و آن‌ها را کنترل کرد. ریزپردازنده به کار رفته بر روی برد آردوینو بر اساس زبان برنامه‌نویسی آردوینو برنامه‌ریزی شده است و برای کدنویسی به نرم‌افزار یا کامپایلر جانبی نیازی ندارد.

آردوینو انواع مختلفی دارد که ما از آردوینو اونیو<sup>۶</sup> در این پروژه استفاده کرده‌ایم. R3 سومین و آخرین نسخه آردوینو اونیو می‌باشد. برد آردوینو اونیو یک میکروکنترلر بر پایه ATmega328 می‌باشد [۵]. ولتاژ کاری آن ۵ ولت می‌باشد. ولتاژ ورودی این برد می‌تواند در بازه ۷ تا ۲۰ ولت باشد. این برد دارای ۶ پین ورودی آنالوگ، ۱۴ پین ورودی و خروجی دیجیتال، یک پورت یواس‌بی<sup>۷</sup>، یک ورودی منبع تغذیه و یک دکمه بازنشانی<sup>۸</sup> است که اجازه اتصال بردهای توسعه مختلفی را فراهم می‌آورد. در شکل ۳-۱ برد آردوینو Uno را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳-۳: برد آردوینو اونیو

- C<sup>۴</sup>
- C++<sup>۵</sup>
- Arduino Uno R3<sup>۶</sup>
- USB Port<sup>۷</sup>
- Reset<sup>۸</sup>

### ۳-۱-۳-۳ ماژول سیم ۸۰۸

ماژول سیم ۸۰۸ یک ماژول ترکیبی از جی‌اس‌ام/جی‌پی‌آراس<sup>۹</sup> و ماژول جی‌پی‌اس با قابلیت پشتیبانی از چهار باند فرکانسی ۱۹۰۰/۱۸۰۰/۹۰۰/۸۵۰ مگاهرتز برای ارسال داده، پیام کوتاه و برقراری تماس صوتی می‌باشد. این ماژول دارای یک سوکت سیم‌کارت می‌باشد که سیم‌کارت در داخل آن قرار می‌گیرد. این ماژول آخرین و جدیدترین محصول شرکت SIMCOM می‌باشد که از شبکه چهار باند جی‌اس‌ام/جی‌پی‌آراس پشتیبانی و برای ردیابی ماهواره‌ای از فناوری جی‌پی‌اس استفاده می‌کند. در واقع با استفاده از مودم جی‌اس‌ام/جی‌پی‌آراس و ماژول سیم ۸۰۸ می‌توان به تبادل داده روی شبکه جی‌اس‌ام از طریق واسطه یواس‌بی پرداخت و از طریق به اطلاعات دستگاه‌های مستقر در مکان‌های دور دسترسی یافت. طراحی فشرده این تراشه که دو سیستم مخابراتی و موقعیت‌یاب را در یک بسته ادغام می‌کند موجب کاهش هزینه و زمان برای انجام پروژه‌های مبتنی بر جی‌پی‌اس شده است. این ماژول با تکنولوژی ذخیره انرژی<sup>۱۰</sup> طراحی شده است و مصرف انرژی آن در حالت خواب بسیار کم در حدود یک میلی‌آمپر می‌باشد. این ماژول دارای ۶۸ پین، سوکت یو‌اس‌بی، سیم‌کارت، بلوتوث می‌باشد. دارای حساسیت بالای دریافت موقعیت جهانی با ۲۲ کانال ردیابی و ۶۶ کانال گیرنده می‌باشد. علاوه بر این از A-GPS پشتیبانی می‌کند که برای موقعیت‌یابی داخل ساختمان استفاده می‌شود. این ماژول توسط فرمان AT کنترل می‌شود و از سطح منطقی ۳.۳ تا ۵ ولت پشتیبانی می‌کند [۴].

از جمله ویژگی‌های این تراشه می‌توان موارد زیر را نام برد:

- پشتیبانی از سیم‌کارت تمامی آپراتورها
- دارای مدار کنترل شارژ
- پشتیبانی از فرکانس ساعت
- پشتیبانی از کانال‌های آنالوگ
- کم‌مصرف (۱ میلی‌آمپر در حالت خواب)
- ولتاژ ورودی ۴.۳ تا ۴.۴ ولت
- قابلیت نصب ۳ آنتن جی‌پی‌اس، جی‌اس‌ام و بلوتوث

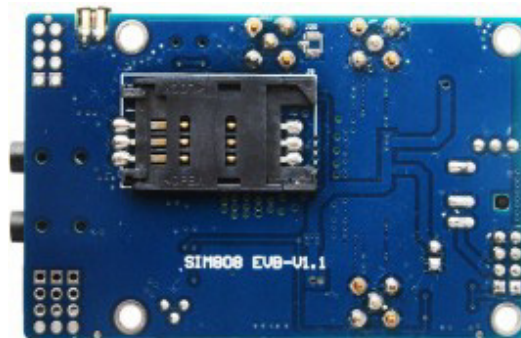
<sup>۹</sup>GSM/GPRS

<sup>۱۰</sup>Power Saving

در شکل ۳-۲ و ۳-۳ این تراشه را مشاهده می کنید.



شکل ۳-۴: نمایی از قسمت روبرو تراشه سیم ۸۰۸



شکل ۳-۵: نمایی از قسمت پشت تراشه سیم ۸۰۸

### ۳-۱-۳-۳ آنتن جی پی اس

بهتر است قبل از معرفی آنتن جی پی اس، شیوه موقعیت یابی توسط سیستم موقعیت یاب جهانی را به طور مختصر توضیح بدهیم. جی پی اس در واقع شامل ۲۷ ماهواره است که در اطراف زمین در حال گردش هستند که از این ۲۷ ماهواره ۳ تای آنها به صورت رزرو شده می باشند. هر ماهواره سیگنال های منحصر

به فرد و پارامترهای مداری را ارسال می‌کند و هر گیرنده‌ای که این سیگنال را دریافت کند، با رمزیشایی اطلاعات دریافتی می‌تواند موقعیت دقیق ماهواره را پیدا کند. با اتصال سیستم موقعیت‌یاب به سه ماهواره می‌توان موقعیت دوبعدی یعنی طول و عرض جغرافیایی و با اتصال به چهار ماهواره می‌توان موقعیت سه بعدی را به دست آورد [۵].

جی‌پی‌اس با دریافت سیگنال‌های ماهواره، موقعیت و مکان شی را مشخص می‌کند. برای دریافت درست سیگنال باید از آنتن استفاده شود. سیگنال‌های ماهواره‌ای جی‌پی‌اس در خطوط L1 و L2 به ترتیب دارای فرکانس‌های ۱۵۷۵.۴۲ و ۱۲۲۸ مگاهرتز می‌باشند اما قدرت سیگنال دریافتی معمولاً ضعیف بوده و در حدود ۱۶۶ دسی‌بل<sup>۱۱</sup> می‌باشد که این موضوع لزوم وجود آنتن و تقویت‌کننده سیگنال جی‌پی‌اس را نشان می‌دهد. این آنتن سیگنال را به اندازه ۲۸ دسی‌بل تقویت می‌کند و جریان حدود ۱۰ میلی‌آمپر می‌کشد و دارای کابلی به طول ۵ متر می‌باشد که این موجب می‌شود به راحتی به هر جایی که لازم است دسترسی پیدا کند. این آنتن مغناطیسی است و می‌تواند به بالای ماشین یا هر ساختار فلزی دیگر بچسبد. دارای فرکانس کاری ۱۵۷۲.۴۲ مگاهرتز و محدوده ولتاژ ۲.۵ تا ۵.۵ ولت می‌باشد.

همانطور که گفتیم سیگنال جی‌پی‌اس بسیار ضعیف هستند و برای تقویت آن‌ها به آنتن نیاز داریم. از این رو انتخاب آنتن مناسب نقش مهمی در عملکرد جی‌پی‌اس دارد. یک واحد جی‌پی‌اس به یک دید واضح و بدون مانع با آسمان نیاز دارد تا بتواند بهترین سیگنال‌هایی که موجب می‌شود با ماهواره ارتباط برقرار کند را دریافت کند. جی‌پی‌اس برای کابل‌های طویل از مبدل بالا/پایین استفاده می‌کند. به این صورت که آنتن سیگنال جی‌پی‌اس را دریافت می‌کند، آن را به یک فرکانس پایین‌تر تبدیل می‌کند و سپس از طریق کابل آن را می‌فرستد. در سمت گیرنده جی‌پی‌اس هم یک مبدل بالا وجود دارد که فرکانس آن را به فرکانس سیگنال اصلی برمی‌گرداند و آن را به گیرنده جی‌پی‌اس می‌فرستد. در شکل ۳-۴ این آنتن را مشاهده می‌کنید.

### ۳-۱-۴ آنتن جی‌اس‌ام

ارتباطات سیستم موقعیت‌بای جهانی وابسته به آنتن می‌باشد. آنتن به سیگنال‌های ارتباطی اجازه می‌دهد، ارسال و دریافت شوند. آنتن مورد استفاده در این پروژه در چهار باند فرکانسی با بهره ۲ دسی‌بل کار می‌کند. در واقع فرکانس کاری آن ۸۹۰، ۹۶۰، ۱۷۱۰، ۱۸۸۰ مگاهرتز می‌باشد [۵].

شکل ۳-۵ برخی از مشخصات آنتن را نشان می‌دهد. در شکل ۳-۶ این آنتن را مشاهده می‌کنید.

<sup>۱۱</sup> dB



شکل ۳-۶: آنتن جی پی اس

Item	Value
Frequency	850 MHz-900 MHz-2.1 GHz-1800 MHz-1900 MHz
Impedance	50 Ohms
Mounting	on glass
Polarization	horizontal
Gain	2.14dBi
VSWR	< 2:1
Power handling	25W
Connector	RPSMA Male
Size	117mm x12,5mm x 4mm
Operating temperature	-40°C to +85°C

شکل ۳-۷: مشخصات آنتن جی اس ام [۱۶]

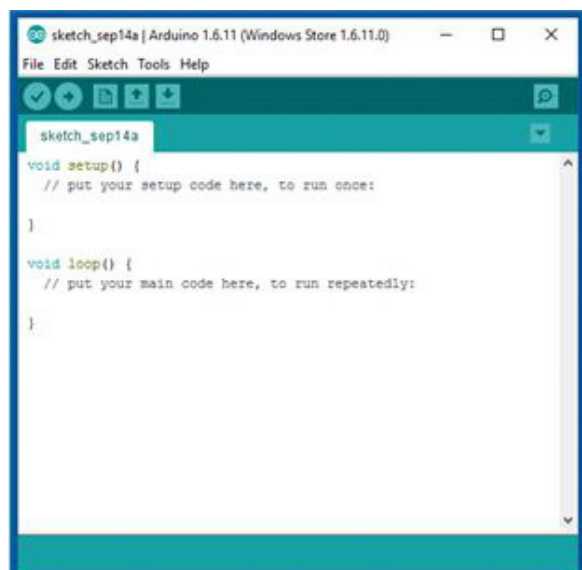


شکل ۳-۸: آنتن جی اس ام

### ۲-۳-۳ اجزاء نرم‌افزاری

#### ۱-۲-۳-۳ نرم‌افزار Arduino IDE

نرم‌افزار مورد استفاده برای برنامه‌ریزی آردوینو، نرم‌افزار Arduino IDE می‌باشد که در شکل ۷-۳ نمای کلی از ظاهر این برنامه را مشاهده می‌کنید. با استفاده از زبانی شبه سی می‌توان برنامه مورد نیاز را نوشت و بعد از کامپایل، کد هگز تولید شده بر روی آردوینو باز می‌شود. کتابخانه‌های مختلف و متناسب با ماژول‌های مختلف وجود دارد که کدنویسی را راحت‌تر می‌کند. برای دریافت داده از ماهواره و ارسال آن به تلفن همراه، برنامه با استفاده از آن نرم‌افزار نوشته می‌شود [۱۹].



شکل ۷-۳: نمایی از نرم‌افزار آردوینو

## فصل چهارم

# پیاده‌سازی سیستم ردیابی

در بخش قبلی معماری کلی سیستم و ماژول‌های موردنیاز برای پیاده‌سازی سیستم ردیابی را بیان و به صورت اجمالی معرفی کردیم. در این فصل به چگونگی قرار گرفتن و ارتباط بخش‌های مختلف می‌پردازیم و پیاده‌سازی سیستم را توضیح خواهیم داد.

سیستم ردیابی طراحی شده در این پروژه از ماژول آردوینو و سیم ۸۰۸ که شامل آنتن جی‌اس‌ام و جی‌پی‌اس می‌باشد، برای ردیابی استفاده می‌کند. هسته اصلی این پروژه میکروکنترلر آردوینو می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شی توسط آنتن جی‌پی‌اس دریافت شده و سپس این اطلاعات با استفاده از تکنولوژی جی‌اس‌ام به وب سرور فرستاده می‌شود. برای مشاهده کردن و ردیابی شی بر روی نقشه، یک برنامه کاربردی تحت وب توسعه داده شده است. این برنامه کاربردی از دو بخش فرانت‌اند و بک‌اند تشکیل شده است که قسمت فرانت‌اند<sup>۱</sup> با استفاده از فریم‌ورک Angular و قسمت بک‌اند<sup>۲</sup> آن با استفاده از فریم‌ورک Express توسعه داده شده است.

در ابتدا ماژول سیم ۸۰۸ برای گرفتن موقعیت مکانی از ماهواره مقداردهی اولیه می‌شود. تنظیمات اولیه این دستگاه با استفاده از دستورات AT انجام می‌شود. با متصل کردن آنتن جی‌پی‌اس این ماژول قادر خواهد بود مختصات مکانی را از ماهواره دریافت کند. سپس تنظیمات مربوط به شبکه جی‌پی‌آراس انجام می‌شود.

آنتن‌های جی‌اس‌ام و جی‌پی‌اس به ماژول سیم ۸۰۸ متصل می‌شوند. برد آردوینو و ماژول سیم ۸۰۸ دارای پین اتصال به زمین مشترک هستند. برنامه نوشته شده به زبان سی، با استفاده از نرم‌افزار Arduino IDE روی برد آردوینو آپلود می‌شود.

---

Front-end<sup>۱</sup>

Back-end<sup>۲</sup>



در شکل ۴-۱ نحوه اتصال ماژول‌های مختلف در سیستم ردیابی نشان داده شده است:



شکل ۴-۱: سیستم ردیابی طراحی شده

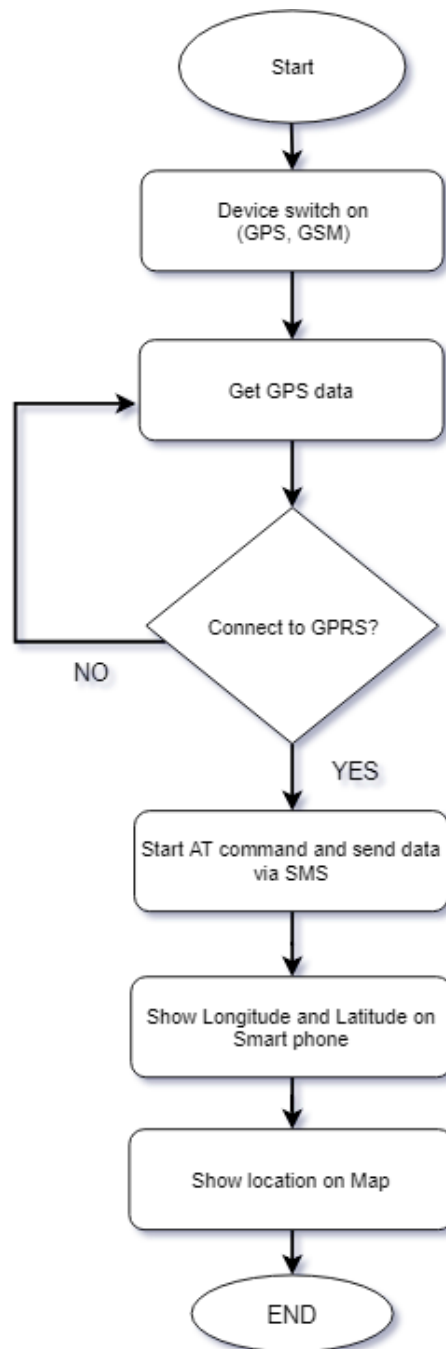
## ۴-۱ بررسی عملکرد سیستم ردیابی

همانطور که گفته شد، قسمت سخت افزاری سیستم ما از چهار ماژول سیم ۸۰۸، گیرنده جی‌اس‌ام، گیرنده جی‌پی‌اس و میکروکنترلر آردوینو تشکیل شده است. در این قسمت، پیاده‌سازی سیستم طراحی شده، شیوه ارتباط اجزای مختلف و کد پیاده‌سازی شده را توضیح خواهیم داد.

### ۴-۱-۱ بررسی عملکرد مدار

پیش از پرداختن به ماژول‌ها و شیوه اتصال آن‌ها، لازم است شیوه عملکرد میکروکنترلر سیستم و نحوه پردازش اطلاعات را در فلوچارتی مشاهده کنیم. عملکرد کلی سیستم در بخش قبل توضیح داده شد. اکنون با ارائه فلوچارتی درباره الگوریتم پیاده‌سازی شده می‌توانیم درک بهتری نسبت به روند کار در مدار سخت‌افزاری طراحی شده و کد نوشته شده برای آن داشته باشیم.

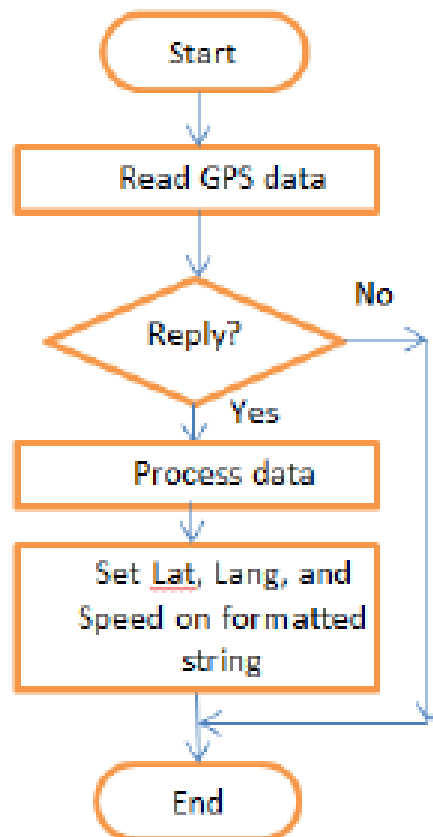
فلوچارت شکل ۴-۲ روند کلی کد پیاده‌سازی شده بر روی آردوینو را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۲: عملکرد کد پیاده‌سازی شده بر روی آردوینو [۱۹، ۱۱، ۱۰]

در ابتدای کار برای تست سیستم طراحی شده، آنتن جی‌پی‌اس به ماژول سیم ۸۰۸ متصل می‌شود تا موقعیت مکانی (طول و عرض جغرافیایی) شی را از ماهواره دریافت کند. برای انجام این کار از نرم‌افزار Arduino IDE برای پروگرام کردن کد نوشته شده بر روی برد آردوینو استفاده می‌شود.

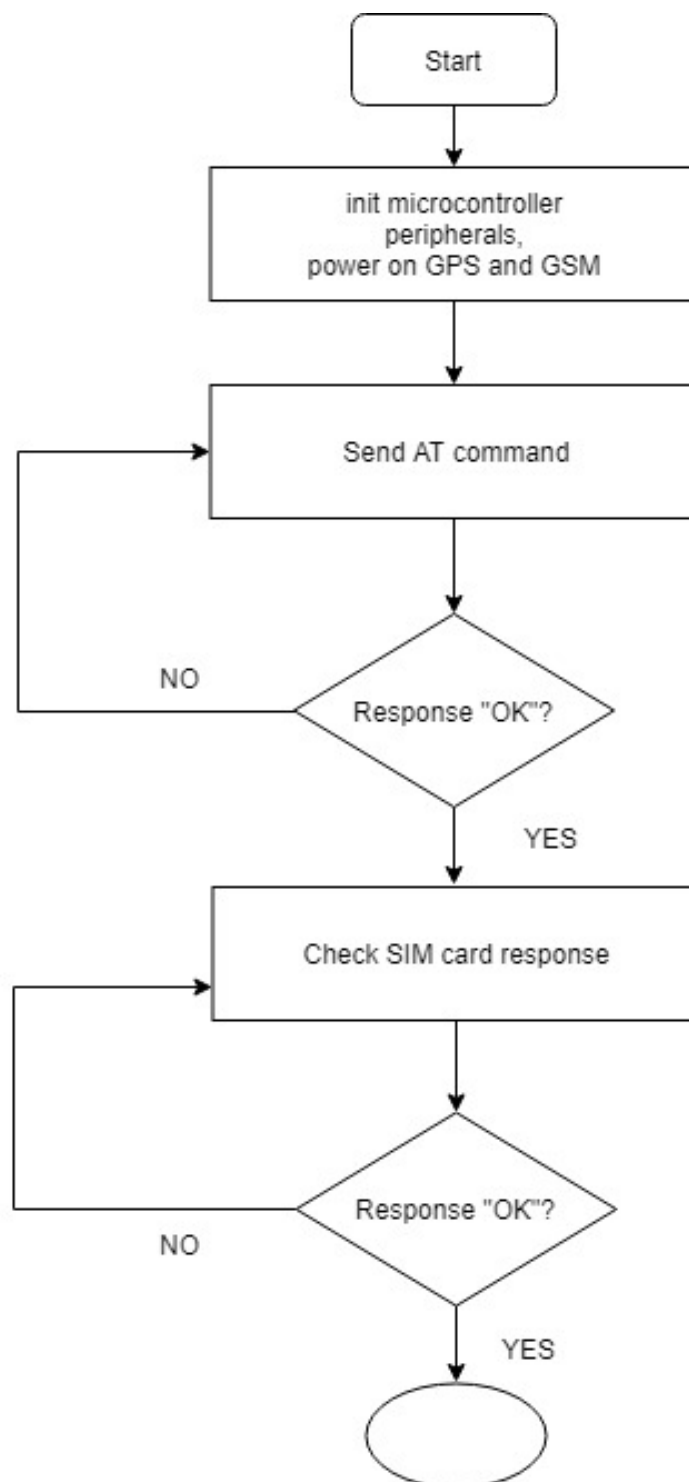
در فلوچارت شکل ۳-۴ نحوه کار جی‌پی‌اس نشان داده شده است.



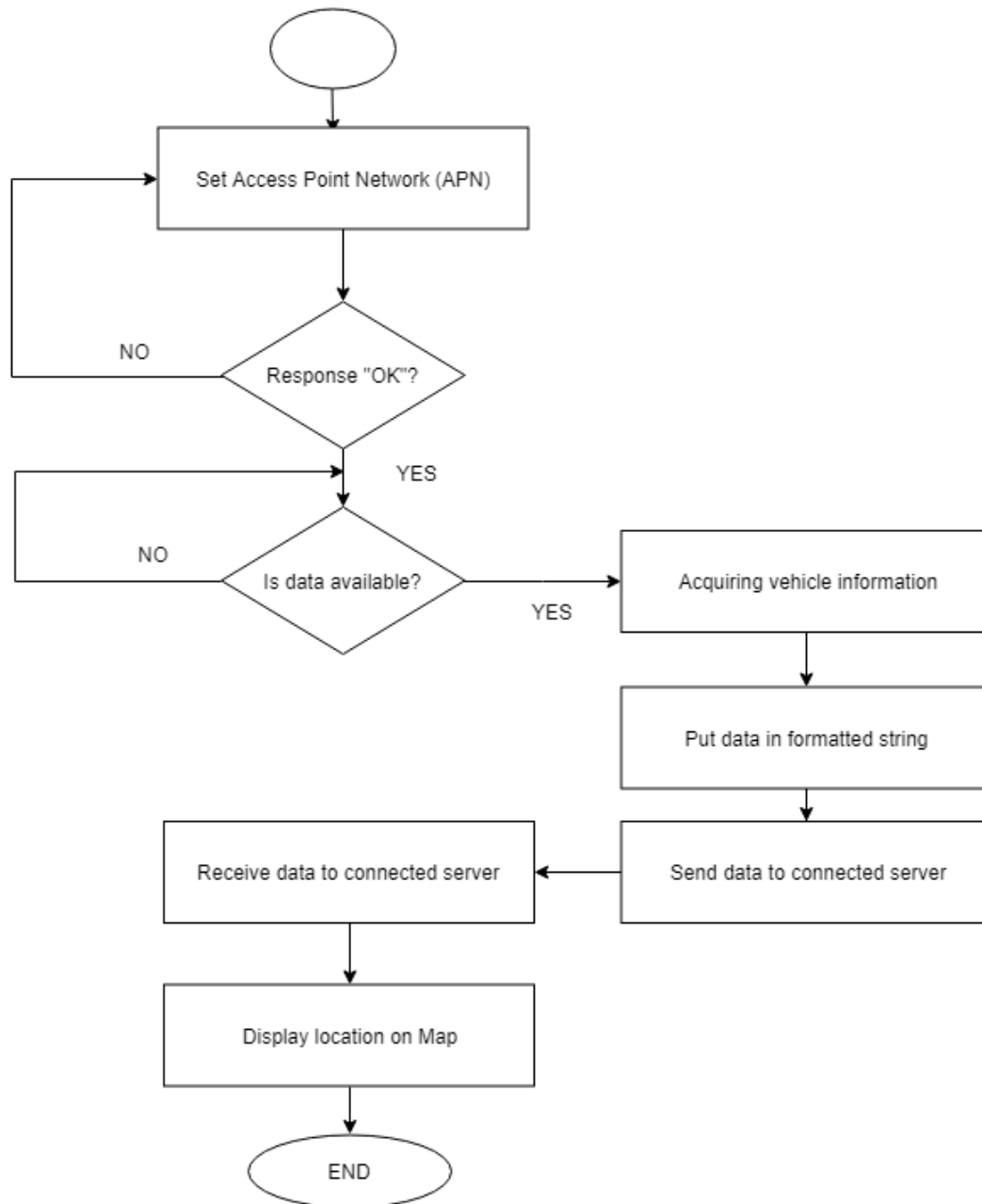
شکل ۳-۴: فلوچارت خواندن اطلاعات GPS [۸]

برای ارسال موقعیت مکانی شی به کاربر از طریق شبکه جی‌اس‌ام از ماژول سیم ۸۰۸ و میکروکنترلر آردوینو متصل به آن استفاده می‌شود. برای ارتباط ماژول سیم ۸۰۸ با شبکه جی‌اس‌ام از دستورات AT برای برنامه‌نویسی و کنترل آن استفاده می‌کنیم.

در فلوچارت شکل ۴-۴ نحوه کار جی‌اس‌ام نشان داده شده است.



شکل ۴-۴: فلوچارت نحوه کار GSM [۸]



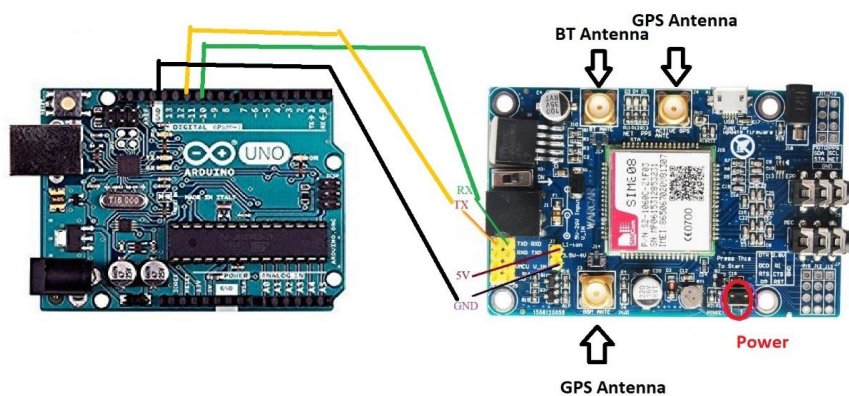
شکل ۴-۵: ادامه فلوچارت نحوه کار GSM [۸]

سیستم ردیابی طراحی شده متشکل از ماژول سیم ۸۰۸ متصل به برد آردوینو می‌باشد. این ماژول دستور AT را می‌فرستد، اگر جواب این دستور OK باشد وضعیت شبکه چک می‌شود. بعد از چک شدن وضعیت شبکه و وصل شدن به آن، وضعیت جی‌پی‌اس چک شده و موقعیت مکانی شی از آن دریافت می‌شود. پس از دریافت اطلاعات جغرافیایی، درخواست ارسال اطلاعات به سرور ارسال می‌شود. در انتها داده ارسال شده در سمت سرور پردازش شده و مسیر حرکت شی بر روی نقشه نشان داده خواهد شد.

## ۲-۴ بررسی معماری مدار

در این قسمت بخش سخت افزاری سیستم پیشنهادی را توضیح می‌دهیم. همانطور که در قسمت‌های قبل مشخص شد، با استفاده از آنتن جی پی اس متصل به ماژول سیم ۸۰۸ اطلاعات مربوط به موقعیت مکانی، از هر دو دقیقه یکبار از ماهواره دریافت شده و سپس از طریق شبکه جی‌اس‌ام به سرور فرستاده می‌شود.

در شکل ۴-۷ شیوه اتصال ماژول سیم ۸۰۸ به آردوینو را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۶: شیوه اتصال آردوینو به ماژول سیم ۸۰۸ [۳]

ماژول سیم ۸۰۸ با استفاده از رابط سریال به آردوینو متصل شده است، دارای دو پایه TX و RX است که به ترتیب به پایه دیجیتال ۱۰ و ۱۱ آردوینو متصل شده‌اند. پایه اتصال به زمین این ماژول هم به پایه اتصال به زمین برد آردوینو متصل شده است. ولتاژ مورد نیاز ماژول سیم ۸۰۸ را از طریق آداپتور ۹ ولت خروجی تامین می‌کنیم.

## ۳-۴ برنامه کاربردی

در قسمت بک‌اند یک وب سرویس با معماری RESTful توسعه داده شده است که این وب سرویس داده‌های دریافتی را در پایگاه داده مورد نظر ذخیره می‌کند و برنامه تحت وب این اطلاعات را دریافت کرده و نمایش می‌دهد.

REST یک معماری وب سرویس است که از HTTP برای تبادل اطلاعات میان دو سیستم استفاده می‌کند. ایده اصلی این معماری این است که به جای استفاده از مکانیزم‌های پیچیده برای اتصال ماشین‌ها

از HTTP برای برقراری اطلاعات بین ماشین‌ها استفاده کند. در این قسمت ابتدا ساختار پایگاه داده و شیوه ارتباط با آن را بیان می‌کنیم. در پایان نیز برنامه تحت وب نوشته شده را که مسیر حرکت شی را بر روی نقشه نمایش می‌دهد، را توضیح می‌دهیم.

### ۱-۳-۴ پایگاه داده

برای ذخیره اطلاعات و مدیریت سرور از پایگاه داده مانگو<sup>۳</sup> استفاده کرده‌ایم. مانگو دی‌بی یک پایگاه داده NOSQL است که روی سیستم عامل‌های مختلف از جمله ویندوز، مکینتاش و لینوکس اجرا می‌شود و همچنین اغلب زبان‌های برنامه‌نویسی را پشتیبانی می‌کند. مانگو دی‌بی کارایی بالا، دسترس پذیری، مقیاس پذیری، قابلیت تکرارهای سریع و اشتراک پذیری خودکار را فراهم می‌کند. مانگو دی‌بی به دلیل ساختار NOSQL تنها داده‌ها را ذخیره و جستجو می‌کند و در نتیجه سرعت دستیابی و ذخیره داده‌ها به شدت افزایش می‌یابد.

در پایگاه داده اطلاعات دریافتی از سمت سخت‌افزار، که هر دو دقیقه یکبار موقعیت شی از ماهواره دریافت می‌شود، را ذخیره می‌کنیم که این اطلاعات شامل طول و عرض جغرافیایی، سرعت، زمان و تاریخ است.

### ۲-۳-۴ نمایش اطلاعات

#### ۱-۲-۳-۴ وب اپلیکیشن

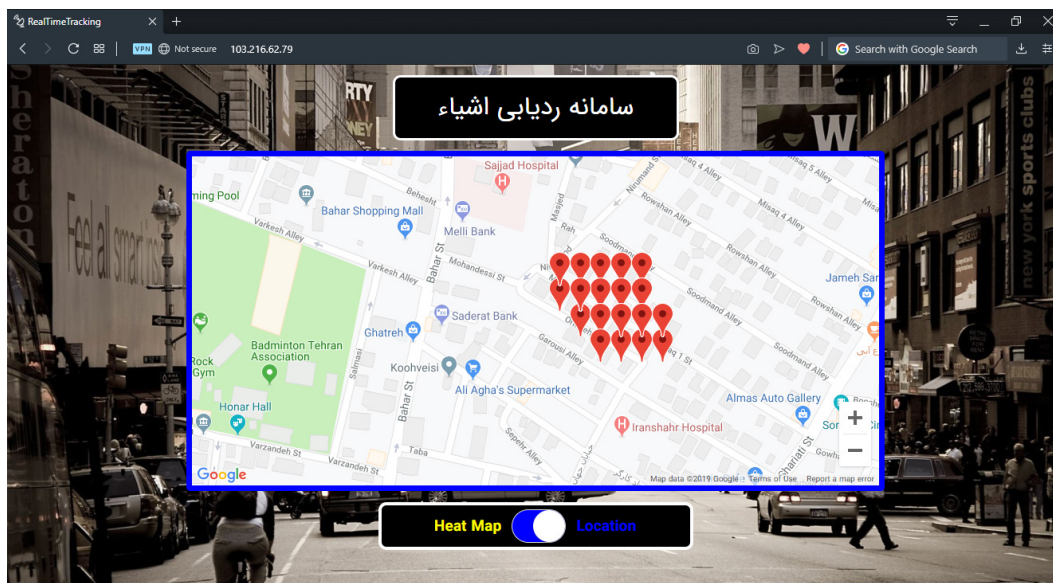
برای نمایش اطلاعات ذخیره شده در پایگاه داده، یک وب اپلیکیشن توسعه داده شده است. قسمت فرانت‌اند این وب اپلیکیشن با استفاده از فریم‌ورک Angular پیاده‌سازی شده و برای نمایش مسیر حرکت شی از Google Map استفاده می‌کنیم.

پردازش‌های سمت سرور با استفاده از فریم‌ورک Express پیاده‌سازی شدند. نحوه عملکرد کد سمت سرور به این صورت است که به محض دریافت داده‌های جدید از سمت سخت‌افزار، این داده‌ها در پایگاه داده مانگو ذخیره می‌شوند. سخت‌افزار برای فرستادن داده جدید به سرور، هر بار یک درخواست HTTP به این شکل به سرور می‌فرستد: /api/device/add/

کد نوشته شده در سمت سرور به این صورت عمل می‌کند که هر ۶۰ ثانیه یکبار به پایگاه داده مراجعه می‌کند و با توجه به آخرین زمان دریافت اطلاعات از آن، اطلاعات دریافتی از آن زمان به بعد را دریافت کرده و بدین ترتیب مسیر حرکت شی را بر روی نقشه نمایش می‌دهد.

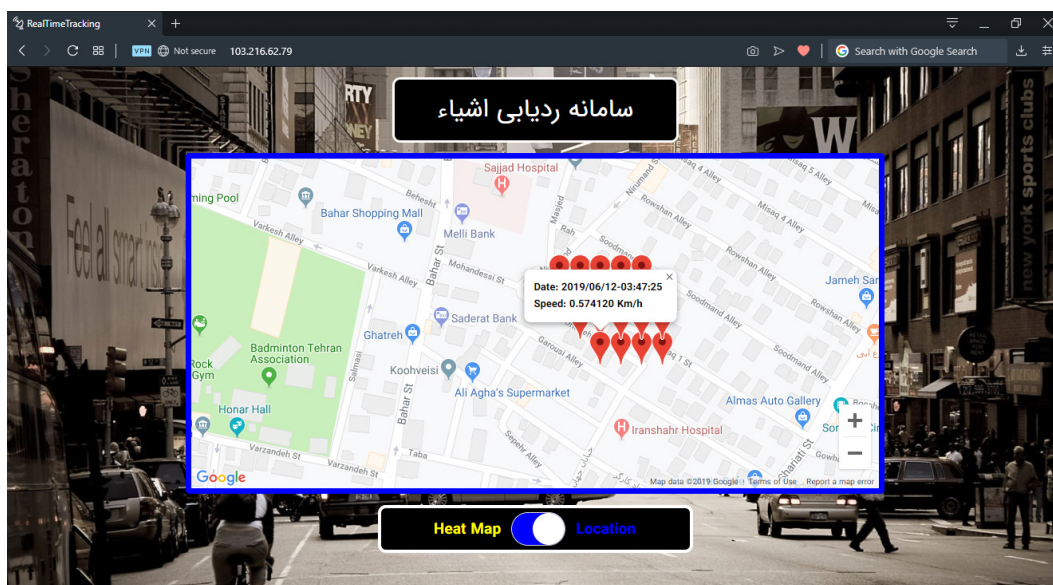


شکل برنامه ۴-۷ کاربردی طراحی شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۷: نمایش مسیر حرکت شی در برنامه کاربردی

اگر بر روی هر کدام از مارک‌های موجود در نقشه که بیانگر موقعیت شی در هر لحظه می‌باشند، کلیک کنیم میتوان سرعت حرکت شی، زمان و تاریخ را در آن موقعیت را مشاهده خواهیم کرد. در شکل زیر نمایی از این خروجی را مشاهده می‌کنیم:



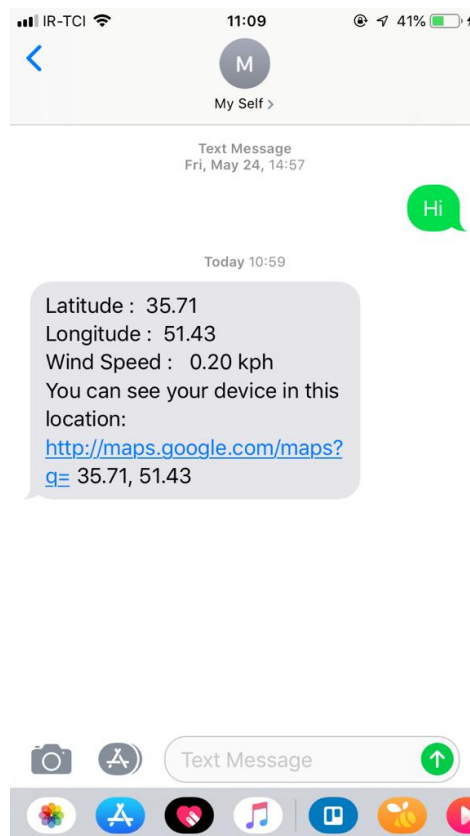
شکل ۴-۸: نمایش سرعت، زمان و تاریخ حرکت شی در هر موقعیت بر روی نقشه



## ۲-۲-۳-۴ پیام کوتاه

یکی از قابلیت‌های منحصر به فرد سیستم ردیابی پیاده‌سازی شده این است که میتوان به شماره سیم‌کارت درج شده بر روی ماژول سیم ۸۰۸، برای دریافت موقعیت فعلی شی موردنظر، پیامی فرستاد. این ماژول هم پس از دریافت پیام، موقعیت مکانی شی را از طریق جی‌پی‌اس دریافت کرده و اطلاعات لازم برای ردیابی را در پاسخ به پیام دریافتی ارسال می‌کند. این اطلاعات شامل طول و عرض جغرافیایی و سرعت شی می‌باشد. همچنین یک لینک هم به این پیام پیوست شده است که کاربر با کلیک بر روی آن می‌تواند موقعیت شی را بر روی نقشه مشاهده نماید.

در شکل زیر پیام ارسال شده از طریق سیستم طراحی شده را مشاهده می‌کنید.

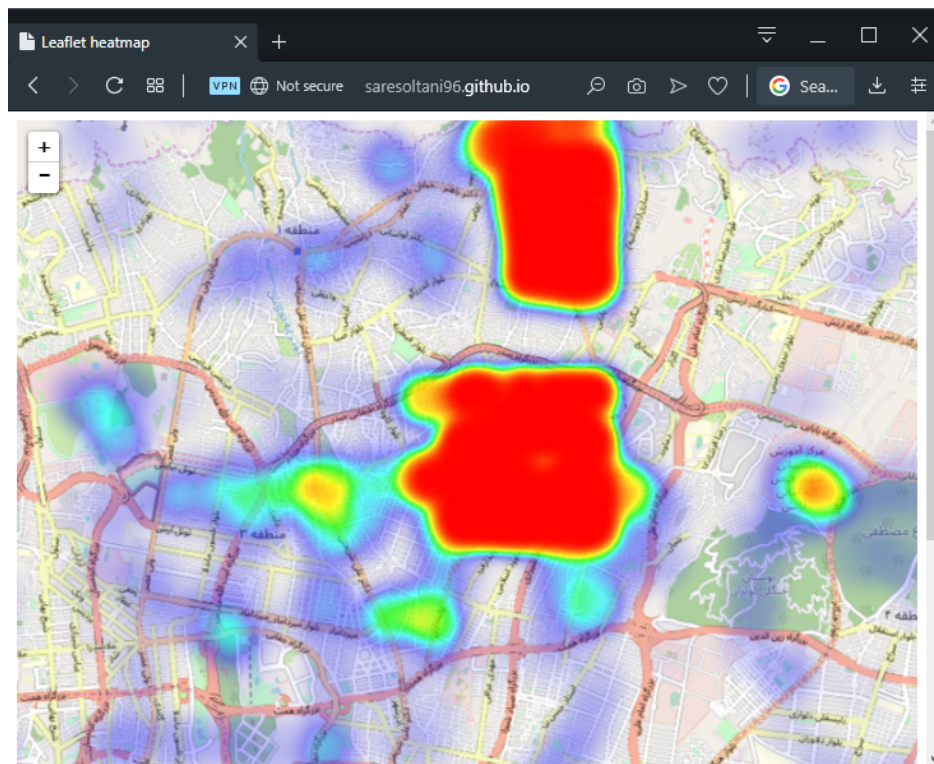


شکل ۴-۹: پیام دریافت شده توسط کاربر

## ۴-۴ تحلیل اطلاعات

با استفاده از سیستم ردیابی بی‌درنگ طراحی شده، توانستیم موقعیت مکانی شی رو به طور پیوسته اندازه‌گیری کرده و این اطلاعات را در پایگاه داده ذخیره کنیم. یکی دیگر از قابلیت‌های این سیستم بدست آوردن مکان‌های پر تردد فرد در یک بازه زمانی مشخص است. برای این کار از هیت مپ (نقشه حرارتی)<sup>۴</sup> استفاده کردیم.

هیت مپ داده‌های گرافیکی و رنگی هستند که ما را قادر می‌سازند تا رفتار کاربرانمان را شناسایی کنیم. در این پروژه، هیت مپ را با استفاده از اطلاعات ذخیره شده که در واقع موقعیت‌های مکانی شی در زمان‌های مختلف بوده است، پیاده‌سازی کردیم. مکان‌های پرتردد فرد که فراوانی آن‌ها در مجموعه داده ما بیشتر از بقیه بوده، به صورت نواحی قرمز رنگ بر روی نقشه قابل مشاهده خواهند بود. در شکل ۴-۱۰ بر روی هیت مپ مکان‌های پرتردد شی که به صورت نواحی قرمز رنگ نشان داده است را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۱۰: مکان‌های پرتردد شی بر روی هیت مپ

## فصل پنجم

### جمع‌بندی و کارهای آتی

## ۱-۵ جمع‌بندی

در این پروژه هدف ما پیاده‌سازی یک سیستم ردیابی بی‌درنگ برای ردیابی اشیاء متحرک بوده است. لذا در این پروژه سیستم ردیابی، برای مانیتور کردن موقعیت شیء متحرک از طریق پیام کوتاه و همچنین به صورت آنلاین بر روی نقشه تست و پیاده‌سازی نمودیم. هسته اصلی سیستم طراحی شده، برد آردوینو و ماژول سیم ۸۰۸ می‌باشد. مودم جی‌اس‌ام با استفاده از دستورات AT کنترل شده و از این طریق امکان تبادل اطلاعات با استفاده از شبکه جی‌اس‌ام را فراهم می‌آورد. در این پروژه برای یافتن موقعیت شیء از ماژول جی‌پی‌اس استفاده شده است. جی‌پی‌اس هر دو دقیقه یکبار موقعیت مکانی شیء را از ماهواره دریافت کرده و این اطلاعات به سمت سرور فرستاده می‌شوند. سرور اطلاعات دریافتی را برای وب سرویس پیاده‌سازی شده، ارسال می‌کند. در نهایت این داده‌ها در پایگاه داده ذخیره شده و در برنامه کاربردی نمایش داده می‌شوند و می‌توانیم مسیر حرکت شیء را بر روی نقشه مشاهده کنیم.

برنامه پیاده‌سازی شده بر روی آردوینو به این صورت نوشته شده است که هر دو دقیقه یکبار موقعیت مکانی شیء را با استفاده از جی‌پی‌اس دریافت می‌کند و به سرور می‌فرستد. در سمت سرور این اطلاعات در پایگاه داده مانگو ذخیره شده و سپس با استفاده از این اطلاعات مسیر حرکت شیء بر روی نقشه داده می‌شود. کد سمت سرور به این صورت نوشته شده است که هر یک دقیقه یکبار به پایگاه داده مراجعه کرده و نقشه حاوی مسیر حرکت شیء به‌روزرسانی می‌شود.

در پایان این پروژه توانستیم سیستم ردیابی بی‌درنگی را طراحی کنیم که امروزه دارای کاربرد فراوان در زمینه‌های مختلف مانند ردیابی وسایل نقلیه، کودکان و سالمندان و ... می‌باشد و با استفاده از آن قادر خواهیم بود اقدامات لازم را در سریع‌ترین زمان ممکن انجام دهیم.

## ۲-۵ کارهای آتی

ماژول جی‌پی‌اس توان مصرفی نسبتاً بالایی دارد. دو راه پیشنهادی برای کاهش توان مصرفی در این سیستم وجود دارد. اولین راهی که می‌توان برای این سیستم پیشنهاد داد استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی حرکت جسم است. روش دیگر عدم استفاده از جی‌پی‌اس و استفاده از پروتکل LoRaWAN برای یافتن موقعیت سیستم است.

یکی دیگر از کارهایی که در ادامه این پروژه می‌توان انجام داد، اضافه کردن حسگرها و عملگرهایی به این سیستم است. به عنوان مثال از سنسور شتاب‌سنج می‌توان استفاده نمود که حرکت سیستم را

بررسی کنیم و تنها زمانی که سیستم در حال حرکت باشد، اطلاعات جی‌پی‌اس به سرور فرستاده شود که این کار موجب کاهش توان مصرفی خواهد شد.

همچنین میتوان بر روی سیستم طراحی شده یک دوربین هم نصب نمود تا علاوه بر اطلاعات ارسالی از طریق جی‌پی‌اس، بتوانیم با استفاده از تصاویر این دوربین هم موقعیت مکانی را رصد کنیم.

همانطور که گفتیم یکی از قابلیت‌های این سیستم دریافت موقعیت فرد با ارسال پیام به شماره سیم‌کارت درج شده در این سیستم بود که موجب می‌شد این قابلیت علی‌رغم مزیت‌هایی که دارد، خطرات امنیتی را برای افراد ایجاد کند. لذا میتوان امنیت سیستم ردیابی موردنظر را بهبود بخشید و مشخص نمود در صورت دریافت پیام از شماره مشخص و از پیش تعیین شده، موقعیت فرد را ارسال کند و در غیر این صورت هیچ‌گونه اطلاعات مبادله نشود.

این سیستم به‌گونه‌ای طراحی شده است که میتوان آن را برای کاربردهای مختلف شخصی‌سازی نمود. به عنوان مثال با مشخص کردن محدوده مجاز برای حرکت شی، میتوان سیستم را به‌گونه‌ای طراحی کرد که به محض خروج از محدوده مشخص شده، سیستم به صورت خودکار با نهادهایی مثل پلیس و ... تماس برقرار کند و خطاهای انسانی را به حداقل برساند.

## منابع و مراجع

- [1] <https://www.commsbusiness.co.uk/features/what-are-the-internet-of-things-and-m2m/>.
- [2] <https://www.slideshare.net/sumitcan/iot-architecture>.
- [3] <https://maker.pro/arduino/projects/build-a-car-tracking-system-with-the-sim808-module>.
- [4] [https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SIM808\\_Hardware + Design\\_V1.00.pdf](https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SIM808_Hardware+Design_V1.00.pdf).
- [5] Agrawal, Tarun and Qadeer, Mohamaad Abdul. Tracing path with arduino uno using GPS and GPRS/GSM. in *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*. IEEE, September 2018.
- [6] Bidabad, Behroz and Tayebi, Akbar. Design and implementation of vehicle tracking system using gps/gsm/gprs technology and smartphone application. *arXiv preprint arXiv:0710.2816*, 2014.
- [7] Cui, Youjing and Ge, Shuzhi Sam. Autonomous vehicle positioning with gps in urban canyon environments. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 19(1), February 2003.
- [8] ElShafee, Ahmed, Menshawi, Mahmoud El, and Saeed, Mena. Integrating social network services with vehicle tracking technologies. *International Journal of Computer Applications*, 72(11):22–30, June 2013.

- [9] Falih, Muntasser and Salim, Khalifaa. *Design and Implementation of GPS Based Navigation System*. Ph.D. thesis, September 2013.
- [10] Hazza Alshamisi, Veton Këpuska. Real time gps vehicle tracking system. *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 6:624 – 627, March 2017.
- [11] Humaid Alshamsi, Veton Këpuska, Hazza Alshamsi. Real time vehicle tracking using arduino mega. *International Journal of Science and Technology*, 5, December 2016.
- [12] Koyuncu, Baki and Özdemir, Zeynep. Real time position detection by using gps+gsm+gprs and arduino mega based telit gl865. *International Journal of Electronics Communication and Computer Engineering*, 7:2278–4209, 01 2016.
- [13] Madakam, Somayya, Ramaswamy, R., and Tripathi, Siddharth. Internet of things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 03(05), 2015.
- [14] Mahamulkar, Snehal Uttam and Yawale, Prof. R. U. Design and development of vehicle tracking and monitoring system. in *2017 International Conference on Current Trends in Computer, Electrical, Electronics and Communication (CTCEEC)*. IEEE, September 2017.
- [15] Mangla, Neha, Sivananda, G, Kashyap, Aishwarya, and Vinutha. A GPS-GSM predicated vehicle tracking system, monitored in a mobile app based on google maps. in *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*. IEEE, August 2017.
- [16] Mohamad, Omar Abdulwahabe, Hameed, Rasha Talal, and Tapus, Nicolae. Design and implementation of real time tracking system based on arduino intel galileo. in *2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*. IEEE, June 2016.

- [17] Mukhtar, Mashood. GPS based advanced vehicle tracking and vehicle control system. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 7(3):1–12, February 2015.
- [18] Pham, Hoang Dat, Driberg, Micheal, and Nguyen, Chi Cuong. Development of vehicle tracking system using GPS and GSM modem. in *2013 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*. IEEE, December 2013.
- [19] Rahman, Md. Marufi, Mou, Jannatul Robaiat, Tara, Kusum, and Sarkar, Md. Ismail. Real time google map and arduino based vehicle tracking system. in *2016 2nd International Conference on Electrical, Computer & Telecommunication Engineering (ICECTE)*. IEEE, December 2016.
- [20] Saranya, J. and Selvakumar, J. Implementation of children tracking system on android mobile terminals. in *2013 International Conference on Communication and Signal Processing*. IEEE, April 2013.
- [21] Shah, Sajjad Hussain and Yaqoob, Ilyas. A survey: Internet of things (IOT) technologies, applications and challenges. in *2016 IEEE Smart Energy Grid Engineering (SEGE)*. IEEE, August 2016.
- [22] Song, H., Zhu, S., and Cao, G. SVATS: A sensor-network-based vehicle anti-theft system. in *IEEE INFOCOM 2008 - The 27th Conference on Computer Communications*. IEEE, April 2008.



## پیوست