



دانشگاه تهران
دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر



فرم نهایی پیشنهاد پروژه سیستم‌های سایبر-فیزیکی طراحی سیستم پایش موقعیت و سرعت خودرو بر بستر شبکه GPRS

گروه:

علی پرویزی و محمدرضا بخشایش و امین باهنر

تاریخ:

۷ خرداد ۱۴۰۴

استاد:

دکتر مهدی مدرسی و دکتر مهدی

کارگهی

۱۴۰۳-۱۴۰۴

فهرست مطالب

1.	مقدمه	3
2.	هدف پروژه	4
3.	طراحی کلی پروژه	5
4.	منابع اجرایی و شرح پروژه	7
5.	زمان‌بندی پروژه	7
6.	ریسک‌های پروژه	8

۱. مقدمه

پایش موقعیت و وضعیت دینامیکی خودروها، از جمله موقعیت مکانی، سرعت، شتاب، و جهت حرکت در طول زمان، نقش مهمی در مدیریت ناوگان حمل و نقل، ردیابی دارایی‌ها، و بهینه‌سازی عملیات لجستیک ایفا می‌کند. این فناوری امکان نظارت لحظه‌ای بر عملکرد خودروها را برای شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات حمل و نقل فراهم می‌کند، اطلاعاتی ارزشمند در اختیار رانندگان قرار می‌دهد، و قابلیت ردیابی دقیق را در سناریوهای مختلف، از جمله مدیریت ناوگان یا ردیابی وسایل نقلیه سرقتی، میسر می‌سازد. اهمیت این سیستم‌ها در مناطق با پوشش شبکه محدود، مانند بسیاری از نقاط ایران که شبکه‌های 3G و 4G دسترس نیستند یا شبکه GPRS با پایداری پایین عمل می‌کند، دوچندان است. در چنین شرایطی، نیاز به سیستمی با تأخیر کم، قابل اعتماد، و مقرون به صرفه برای پایش خودروها به شدت احساس می‌شود.

روش‌های سنتی پایش خودرو اغلب به دستگاه‌های GPS تجاری وابسته‌اند که هزینه‌های بالا، وابستگی به زیرساخت‌های پیچیده، و عدم انعطاف‌پذیری در ارسال داده‌های متنوع (مانند شتاب یا پارامترهای اضافی نظیر دمای موتور) از محدودیت‌های آن‌هاست. این سیستم‌ها معمولاً در شبکه‌های ناپایدار، مانند GPRS در ایران، عملکرد مطلوبی ندارند و نمی‌توانند نیازهای پایش با تأخیر کم را برآورده کنند. این پروژه سیستمی مبتنی بر فناوری‌های نهفته پیشنهاد می‌کند که با بهره‌گیری از سخت‌افزارهای ارزان‌قیمت و قابل دسترس، مانند میکروکنترلر و ماژول‌های ارتباطی، داده‌های کلیدی خودرو (موقعیت، سرعت، شتاب، و جهت) را جمع‌آوری و از طریق پروتکل MQTT بر بستر شبکه GPRS به سرور ارسال می‌کند. این سیستم برای انواع سیستم‌های متحرک، از خودروهای سواری تا وسایل نقلیه صنعتی، طراحی شده و با چالش‌های شبکه‌های مخابراتی ایران، از جمله تأخیر متغیر و قطعی‌های مکرر، سازگار است.

راه‌حل پیشنهادی بر چهار محور اصلی استوار است:

۱. **جمع‌آوری داده:** استفاده از سنسورهای ساده برای ثبت موقعیت و وضعیت دینامیکی خودرو.
۲. **پردازش داده:** بهره‌گیری از الگوریتم‌های سبک برای بهبود دقت داده‌ها با منابع محدود.
۳. **ارتباطات مقاوم:** بهینه‌سازی ارسال داده‌ها با تنظیم پویا نرخ ارسال بر اساس شرایط شبکه و استفاده از مکانیزم‌های پشتیبان.

۴. **نمایش و پایش زنده:** طراحی داشبوردهای تعاملی در محیط Kibana برای نمایش بلادرنگ وضعیت و مسیر حرکت خودرو، به گونه‌ای که کاربران مختلف بتوانند اطلاعات را به صورت زنده مشاهده و موقعیت خودرو را دنبال کنند.

این سیستم با استفاده از پروتکل MQTT، که به دلیل سربار کم و قابلیت اطمینان در شبکه‌های کم پهنای مناسب است، داده‌ها را با تأخیر نسبی کم (در حدود ۱ تا ۲ ثانیه) به سرور منتقل می‌کند. برای نمایش داده‌ها، یک داشبورد بصری طراحی خواهد شد که اطلاعات نظیر وضعیت کنونی خودرو، موقعیت، جهت و سرعت حرکت و مسیر طی شده را به صورت کاربرپسند ارائه می‌دهد.

در ادامه این پرپیزوال، بخش دوم اهداف پروژه را تشریح می‌کند. بخش سوم طراحی کلی سیستم، شامل ورودی‌ها، پردازش، و خروجی‌ها را ارائه می‌دهد. بخش چهارم منابع اجرایی و جزئیات فنی را شرح می‌دهد، بخش پنجم زمان‌بندی پروژه را مشخص می‌کند، و بخش ششم ریسک‌های پروژه و راه‌حل‌های پیشنهادی را بررسی می‌کند.

۲. هدف پروژه

هدف اصلی این پروژه، طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم نهفته برای پایش با تأخیر کم موقعیت، سرعت، شتاب، و جهت حرکت سیستم‌های متحرک، به ویژه خودروها، با بهره‌گیری از سخت‌افزارهای مقرون به صرفه و در دسترس است. این سیستم به منظور ارائه راه‌حلی کارآمد برای نظارت بر ناوگان حمل‌ونقل، ردیابی دارایی‌ها، و ارائه اطلاعات عملیاتی به رانندگان یا مدیران ناوگان در شرایط شبکه‌ای ناپایدار، مانند شبکه GPRS در ایران، توسعه داده شده است. اهداف مشخص پروژه به شرح زیر است:

۱. **جمع‌آوری و بهبود دقت داده‌ها:** ثبت دقیق موقعیت مکانی، سرعت، شتاب (در سه محور)، و جهت حرکت با استفاده از سنسورهای ارزان قیمت و بهبود دقت داده‌ها از طریق ترکیب اطلاعات سنسورها با استفاده از فیلتر مکمل. این فیلتر با ترکیب داده‌های شتاب‌سنج وژیروسکوپ، نویز را کاهش داده و دقت تخمین موقعیت و جهت را بهبود می‌بخشد.

۲. **انتقال داده با تأخیر کم و پایدار:** ارسال داده‌ها به سرور مرکزی از طریق پروتکل MQTT بر بستر شبکه GPRS با تأخیر نسبی کم (۱ تا ۵ ثانیه، بسته به شرایط شبکه) و تنظیم پویا نرخ ارسال داده‌ها (۱، ۲، یا ۵ ثانیه) بر اساس قدرت سیگنال (RSSI) و موفقیت ارسال‌های قبلی (تأیید سرور یا ACK) این قابلیت اطمینان و پایداری سیستم را در شبکه‌های ناپایدار تضمین می‌کند.

۳. ارائه رابط کاربری بصری: توسعه یک داشبورد کاربرپسند برای نمایش لحظه‌ای موقعیت خودرو، مسیر طی شده روی نقشه، سرعت، شتاب، جهت حرکت، و سایر پارامترهای مرتبط (مانند شدت سیگنال)، به منظور تسهیل تحلیل و تصمیم‌گیری برای کاربران.

۴. سازگاری با محدودیت‌های شبکه ایران: طراحی سیستمی که در مناطق با پوشش ضعیف GPRS یا تأخیر متغیر (۱ تا ۵ ثانیه) عملکرد قابل اعتمادی داشته باشد و از مکانیزم‌های پشتیبان، مانند ارسال پیامک (SMS) برای داده‌های حیاتی، در صورت قطعی شبکه استفاده کند.

این اهداف به دلیل نیاز روزافزون به سیستم‌های پایش مقرون به صرفه و انعطاف‌پذیر در ایران انتخاب شده‌اند، که بتوانند داده‌های متنوعی را با دقت بالا و در شرایط شبکه‌ای چالش‌برانگیز جمع‌آوری و منتقل کنند. استفاده از فیلتر مکمل به دلیل سادگی و کارایی در بهبود دقت داده‌ها با منابع محدود، و پروتکل MQTT به دلیل سربار کم و قابلیت اطمینان در شبکه‌های کم‌پهنای این سیستم را برای کاربردهای واقعی، از جمله نظارت بر ناوگان یا ردیابی وسایل نقلیه صنعتی، مناسب می‌سازد. این سیستم برای انواع سیستم‌های متحرک، از خودروهای سواری تا وسایل نقلیه سنگین یا حتی پهپادها، قابل استفاده است.

۳. طراحی کلی پروژه

این سیستم از اجزای مختلفی تشکیل شده که شامل سنسورها برای جمع‌آوری داده‌ها، پردازش اطلاعات، ارتباط با سرور از طریق شبکه، و نمایش خروجی‌ها به کاربر است. در ادامه، جزئیات طراحی شامل ورودی‌ها، پردازش داده‌ها، پروتکل ارتباطی، محدودیت‌های شبکه، حجم و زمان‌بندی پیام‌ها، و خروجی‌ها توضیح داده می‌شود.

ورودی‌های سیستم از دو منبع اصلی تأمین می‌شوند. داده‌های موقعیت و سرعت از ماژول GPS به دست می‌آیند که مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) و سرعت خودرو را با نرخ نمونه‌برداری مشخص فراهم می‌کند. همچنین، داده‌های شتاب و جهت از سنسور اینرسی (IMU) جمع‌آوری می‌شوند که شتاب در سه محور (X, Y, Z) و زاویه حرکت خودرو را ثبت می‌کند. این داده‌ها اطلاعاتی خام هستند که برای تحلیل دقیق‌تر نیازمند پردازش اضافی‌اند.

پردازش داده‌ها در این سیستم برای بهبود کیفیت اطلاعات ورودی انجام می‌شود. داده‌های خام از GPS و IMU به تنهایی ممکن است حاوی نویز یا خطاهایی مانند انحرافات ناشی از شتاب گرانش یا تغییرات سریع محیطی باشند. برای رفع این مشکلات، از روش‌هایی مانند فیلتر مکمل استفاده می‌شود که داده‌های شتاب‌سنج

و ژيروسکوپ را ترکیب می کند تا دقت زاویه حرکت افزایش یابد؛ به عنوان مثال، دقت از مقادیر پراکنده اولیه به محدوده قابل قبولی بهبود می یابد و خطاهایی مانند نویز تصادفی کاهش می یابد. خروجی این فرآیند شامل موقعیت مکانی دقیق تر، سرعت لحظه ای، شتاب در سه محور، و جهت حرکت خودرو است که برای پایش بی درنگ استفاده می شود. همچنین، پردازش های دیگری مانند حذف شتاب گرانش از داده های شتاب سنج اعمال می شود تا اطلاعات واقعی حرکت خودرو استخراج شود.

شبکه GPRS به عنوان بستر ارتباطی این سیستم استفاده می شود. این شبکه در ایران پوشش گسترده ای دارد، اما با چالش هایی مانند تأخیر متغیر (معمولاً بین ۱ تا ۵ ثانیه) و پهنای باند محدود (۲۰ تا ۵۰ کیلوبیت بر ثانیه) مواجه است. برای مدیریت این محدودیت ها، پروتکل MQTT انتخاب شده است. این پروتکل به دلیل سربار کم و کارایی بالا در ارسال پیام های کوچک مناسب است و از سه جزء اصلی تشکیل می شود: ناشر (Publisher) که داده ها را ارسال می کند، کارگزار (Broker) که پیام ها را مدیریت می کند، و مشترک (Subscriber) که داده ها را دریافت می کند. سطح کیفیت خدمات (QoS) انتخاب شده ۲ است که تضمین می کند هر پیام دقیقاً ارسال شده و فرستنده به کمک دریافت ack از دریافت صحیح پیام توسط مقصد مطلع شود. به دلیل تأخیر شبکه و احتمال منقضی شدن داده ها، از retry استفاده نمی شود. سیستم به صورت خودکار نرخ ارسال پیام را بر اساس شرایط شبکه تنظیم می کند؛ اگر پیام ها تأیید (ACK) دریافت نکنند یا شدت سیگنال (RSSI) ضعیف باشد، نرخ ارسال بین سه حالت (مثلاً ۱، ۳، یا ۵ ثانیه) جابه جا می شود. در صورت قطعی کامل شبکه، از پیامک (SMS) به عنوان راهکار اضطراری استفاده می شود.

حجم و زمان بندی پیام ها در این سیستم بهینه طراحی شده است. هر پیام حداکثر ۳۰۰ بایت حجم دارد و شامل اطلاعاتی مانند موقعیت، سرعت، شتاب، جهت حرکت، و شدت سیگنال است. فرکانس ارسال پیام ها بسته به شرایط شبکه بین ۱ تا ۵ ثانیه متغیر است تا هم دقت داده ها حفظ شود و هم از بار اضافی بر شبکه جلوگیری شود.

سمت سرور، داده ها از طریق یک کارگزار MQTT مانند Mosquitto دریافت می شوند. سپس، با استفاده از یک اسکریپت ساده، این اطلاعات در پایگاه داده Elasticsearch ذخیره می شوند تا برای تحلیل و نمایش آماده باشند. در نهایت، خروجی های سیستم در داشبوردهایی که با Kibana طراحی شده اند به کاربر نمایش داده می شود. این داشبوردها امکان مشاهده موقعیت لحظه ای و مسیر طی شده خودرو روی نقشه را فراهم می کنند و اطلاعاتی مانند سرعت، شتاب، زاویه حرکت، شدت سیگنال، و دقت موقعیت مکانی را به صورت بصری و قابل فهم ارائه می دهند. این قابلیت ها به کاربر اجازه می دهند تا وضعیت خودرو را به صورت جامع و بی درنگ پایش کند.

۴. منابع اجرایی و شرح پروژه

- برای طراحی و ساخت این ابزار، میتوان از تجهیزات زیر استفاده کرد:
 - **ماژول SIM808**: ماژول GPS و GPRS برای ثبت موقعیت جغرافیایی، سرعت و انتقال داده‌ها از طریق شبکه GPRS یا پیامک اضطراری.
 - **سنسور MPU6050**: شتاب‌سنج وژیروسکوپ برای اندازه‌گیری شتاب در سه محور و زاویه حرکت. این مدل به‌عنوان مثال انتخاب شده و قابل جایگزینی با سنسورهای اینرسی مشابه است.
 - **میکروکنترلر Arduino Uno**: واحد پردازش مرکزی برای جمع‌آوری داده‌ها، پردازش اولیه و آماده‌سازی پیام‌ها برای ارسال.
- همچنین بخش نرم افزاری پروژه شامل اجزای زیر میشود
- **سمت کلاینت**: کد اجراشده روی Arduino برای پردازش داده‌ها و ارسال از طریق MQTT.
 - **سمت سرور**: کارگزار MQTT (Mosquitto) برای دریافت پیام‌ها، اسکرپت ساده برای ذخیره‌سازی در پایگاه داده Elasticsearch و داشبورد Kibana برای نمایش بصری داده‌ها. میتوان برای راه اندازی راحت تر این ابزار ها از داکر استفاده کرد.

۵. زمان‌بندی پروژه

- برنامه زمانی پروژه از ۱۰ تا ۲۳ خرداد ۱۴۰۴ به شرح زیر است:
- **۱۰ خرداد**: نهایی‌سازی طراحی مفهومی و الگوریتم‌های پردازش داده و ارتباط.
 - **۱۲ خرداد**: اتصال و آزمایش اولیه سخت‌افزارها (SIM808، MPU6050، Arduino Uno).
 - **۱۵ خرداد**: توسعه کد کلاینت برای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها.
 - **۱۸ خرداد**: پیاده‌سازی پروتکل MQTT و تنظیم نرخ ارسال پویا. راه اندازی Mosquitte سمت سرور.
 - **۲۰ خرداد**: تکمیل رابط کاربری. طراحی داشبورد ها سمت سرور
- این برنامه با توجه به محدودیت‌های زمانی و منابع تیم سه‌نفره طراحی شده است.

۶. ریسک‌های پروژه

یکی از چالش‌های اصلی، نبود امکان آزمایش ماژول SIM808 در شرایط ناپایداری شبکه GPRS، مثل سیگنال ضعیف یا قطعی موقت، در محیط آزمایشگاهی است. این موضوع بررسی عملکرد سیستم در سناریوهای واقعی را دشوار می‌کند. برای رفع این مشکل، نرخ ارسال پیام‌ها به صورت پویا (۱، ۲ یا ۵ ثانیه) بر اساس شدت سیگنال و تأیید سرور تنظیم می‌شود و پیامک اضطراری برای مواقع قطعی پیش‌بینی شده است.

محدودیت پردازشی Arduino Uno ممکن است اجرای همزمان پردازش‌ها و ارتباطات را با مشکل مواجه کند. همچنین، اگر ماژول SIM808 در سامانه هم‌تا رجیستر نشود، ارسال پیام متوقف شده و هماهنگی با هم‌تا می‌تواند پروژه را به تأخیر بیندازد. این چالش‌ها با ساده‌سازی الگوریتم‌ها و پیگیری زودهنگام رجیستری مدیریت می‌شوند.