



کارآموزی دوره کارشناسی

مهندسی کامپیوتر (نرم افزار)

ارائه شده به:

گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه پیام نور مرکز تهران شمال

گزارش تحقیق کارآموزی دوره کارشناسی

موضوع: پارکینگ هوشمند

نام دانشجو: سید محمد مهدی حسینی نیا

استاد راهنما:

جناب آقای مهندس سید علی رضوی ابراهیمی

دی ماه ۱۴۰۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

چکیده

یکی از دغدغه‌های امروز شهرها به ویژه شهرهای بزرگ افزایش آلودگی هوا ناشی از ترافیک خودروها است. افزایش تعداد خودروها نیاز به پارکینگ را بیش از پیش نموده است. این در حالی است که شتاب رشد تعداد خودروها بسیار بیشتر از پارکینگ هاست. این موضوع استفاده بهینه از پارکینگ‌های موجود را به موضوعی بسیار مهم تبدیل کرده است. برای استفاده بهینه از پارکینگ‌های موجود لازم است که یک سیستم به صورت هوشمندانه رانندگان را در پیدا کردن نزدیک‌ترین پارکینگ راهنمایی کند. با معرفی مفهوم اینترنت اشیاء پارکینگ‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء یکی از راهکارهای مقرون به صرفه برای پیاده‌سازی پارکینگ هوشمند است. در این پژوهش سعی شده است پارکینگ‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء بررسی شود.

یکی دیگر از موضوعات مهم در بحث پارکینگ هوشمند چگونگی شناسایی پر یا خالی بودن پارکینگ است. برای این منظور از فناوری‌های مختلفی استفاده شده است که هر کدام نقاط ضعف و قوت خود را دارند. در این پژوهش ضمن پرداختن به انواع فناوری‌های مورد استفاده در شناسایی پر یا خالی بودن پارکینگ به موضوع استفاده از بینایی کامپیوتر برای این منظور به عنوان یک راه حل پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: پارکینگ هوشمند، اینترنت اشیاء، بینایی کامپیوتر

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱- شرح مسأله	۲
۲-۱- انگیزه‌های پژوهش	۳
۳-۱- اهداف پژوهش	۴
۴-۱- ساختار پایان نامه	۴
فصل ۲: تعاریف و مفاهیم مبنایی	۵
۱-۲- پارکینگ هوشمند چیست؟	۶
۲-۲- اینترنت اشیا چیست؟	۶
۳-۲- هدف اینترنت اشیا چیست؟	۷
۴-۲- حس گر ها و عمل گر هادر اینترنت اشیا	۷
۵-۲- عوامل به وجود آورنده اینترنت اشیا	۸
۶-۲- طراحی اینترنت اشیا	۹
۷-۲- استاندارد LoWPAN	۱۰
۸-۲- ویژگی‌های LoWPAN ها:	۱۰
۹-۲- فرضیات در LoWPAN ها	۱۱
۱۰-۲- توپولوژی‌ها	۱۲
۱۱-۲- پردازش گر ویدیویی تصویر	۱۳

۱۲-۲- Raspberry Pi برد های	۱۳
۱۳-۲- کتابخانه OpenCV	۱۳
۱۴-۲- سیستم زمان گذاری Cron در لینوکس	۱۴
فصل ۳: مروری بر کارهای مرتبط	۱۵
۱-۳- مقدمه	۱۶
۲-۳- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Siemens	۱۶
۳-۳- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Smart Parking Limited	۱۹
۴-۳- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Libelium	۲۱
فصل ۴: روش پیشنهادی	۲۴
۱-۴- مقدمه	۲۵
۲-۴- موارد مورد نیاز برای راه اندازی Raspberry Pi	۲۶
۳-۴- راه اندازی Raspberry Pi	۲۷
۴-۴- نصب سیستم عامل بر روی Raspberry Pi	۲۹
۵-۴- نصب دوربین به Raspberry Pi	۳۰
۶-۴- راه اندازی سیستم پردازشگر ویدیویی تصویر	۳۲
۷-۴- پردازش تصویر	۳۲
۸-۴- کد نمونه برای پردازش تصویر	۳۳
۹-۴- تنظیم اجرای برنامه توسط Cron	۳۶
۱۰-۴- جمع بندی	۳۶
فصل ۵: بررسی روش های مختلف در پارکینگ هوشمند	۳۷

۳۸	۵-۱- مقدمه:
۳۸	۵-۲- انواع حس‌گرهای مورد استفاده در پارکینگ هوشمند
۳۹	۵-۳- حس‌گرهای فروسرخ فعال
۴۰	۵-۴- شناساگرهای حلقه القایی
۴۱	۵-۵- مغناطیس سنج (مغناطیس سنج Fluxgate)
۴۱	۵-۶- مغناطیس سنج (مغناطیس سنج القایی)
۴۱	۵-۷- حس‌گرهای مقاومت مغناطیسی
۴۲	۵-۸- حس‌گرهای فیزیوالکتریک
۴۲	۵-۹- لوله‌های جاده‌ای بادی
۴۳	۵-۱۰- حس‌گرهای وزن در حرکت
۴۳	۵-۱۱- رادار مایکروویو
۴۴	۵-۱۲- حس‌گرهای صوتی
۴۴	۵-۱۳- حس‌گرهای فروسرخ کنش‌گر
۴۴	۵-۱۴- حس‌گرهای فراصوت
۴۵	۵-۱۵- پردازشگر ویدیویی تصویر
۴۶	۵-۱۶- نتیجه‌گیری
۴۷	فصل ۶: نتیجه‌گیری و کارهای آینده
۴۸	۶-۱- نتیجه‌گیری
۴۹	۶-۲- کارهای آینده
۵۰	مراجع

واژه‌نامه ۵۲

بخش الف: واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۵۳

بخش ب: واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۵۵

فهرست شکل ها

- تصویر ۱: حس گر های راداری هوایی ۱۷
- تصویر ۲: موارد استفاده از اطلاعات فراهم شده توسط حس گر های هوایی ۱۸
- تصویر ۳: نمایی از حس گرهای SmartEye ۲۰
- تصویر ۴: حس گر پارکینگ هوشمند Libelium ۲۱
- تصویر ۵: موارد مورد نیاز برای راه اندازی برد Raspberry Pi ۲۶
- تصویر ۶: برد روشن شده Raspberry Pi ۲۷
- تصویر ۷: قسمت های مختلف برد Raspberry Pi 3 Model B ۲۸
- تصویر ۸: اتصال دوربین به برد Raspberry Pi ۲۹
- تصویر ۹: اجرای برنامه Raspberry Pi Configuration Tool ۳۰
- تصویر ۱۰: بررسی فعال بودن نرم افزار دوربین در Pi ۳۰
- تصویر ۱۱: پردازش تصویر با استفاده از تابع Canny در کتابخانه OpenCV ۳۲

فهرست نمودارها

نمودار ۱: مصرف سوخت در حوزه های مختلف ۳

نمودار ۲: نحوه عملکرد حس گر های Libenium ۲۲

نمودار ۳: نمونه ای از تنظیمات مد خاموش حس گر های Libenium ۲۳

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- شرح مسأله

شاید کمتر کسی باشد که تا به حال ترافیک سنگین در خیابان‌های شهر به ویژه در کلان شهرها را مشاهده نکرده باشد. افزایش جمعیت شهرها به دلایل مختلف از جمله مهاجرت و در پی آن افزایش تعداد خودروهای موجود در شهر در کنار مدیریت انفعالی باعث به وجود آمدن مشکلات ترافیکی فراوانی شده است و این مشکل نه تنها مختص به ایران که یک مشکل جهانی است.

این ازدحام ترافیکی منجر به مشکلات فراوانی خواهد شد. در زیر چند نمونه از این مشکلات بیان شده است:

۱- مصرف سوخت افزایش پیدا می‌کند. افزایش مصرف سوخت باعث هدر رفت این منابع تجدید نشدنی خواهد شد.

۲- هدر رفت منابع سوخت باعث می‌شود که تمام منابع مالی که صرف کشف، استخراج، پالایش و توزیع سوخت می‌گردد نیز هدر رفته و در بلند مدت باعث به وجود آمدن مشکلات مالی در وضع حساس کنونی خواهد شد.

۳- آلودگی شهرها به ویژه در صورتی که سوخت مورد استفاده خودروها فاقد استانداردهای لازم باشد از مشکلات دیگری است که در شهرها به وجود خواهد آمد.

۴- با آلودگی هوا بیماری‌های جدی در بخش سلامت جامعه ایجاد خواهد شد.

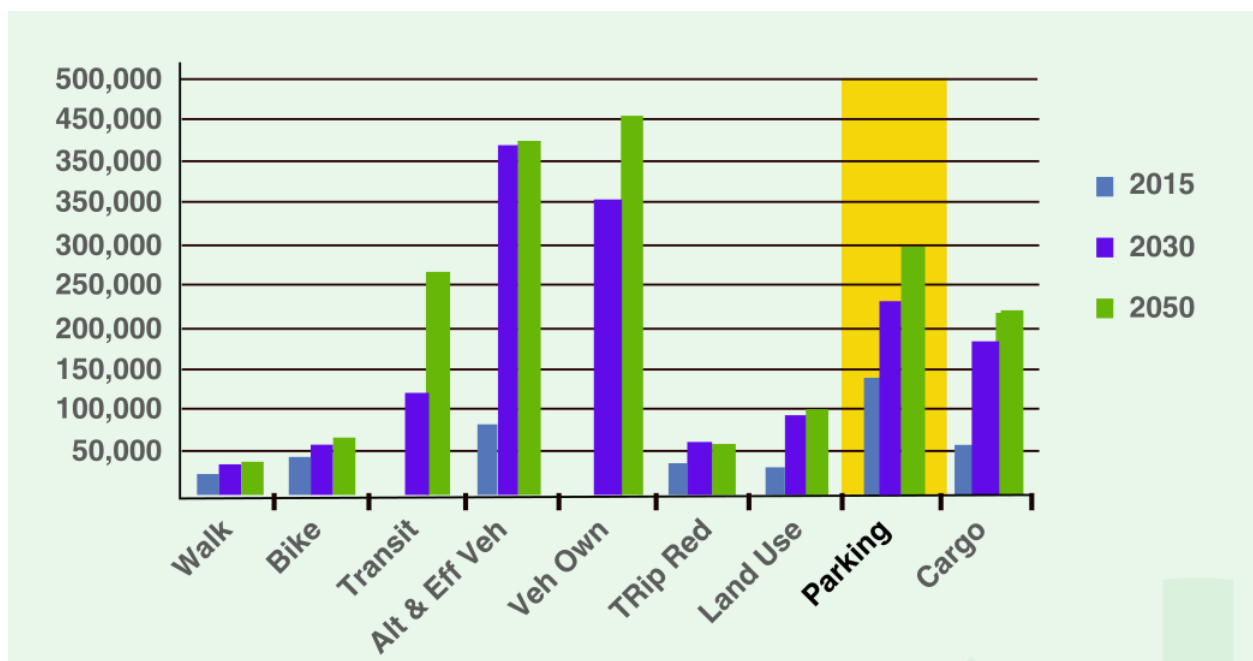
۵- مردم به ناچار زمان زیادی را باید برای رسیدن به مقصد خود سپری کنند. هدر رفت زمان شاید مهمترین و در عین حال ناملموس ترین مشکل ازدحام ترافیک باشد.

یکی از مسایلی که به مشکلات ترافیکی دامن می‌زند مساله پیدا کردن جای پارک برای خودروهاست. این موضوع از مواردی است که کمتر به آن پرداخته شده است در حالی که جستجو برای یافتن جای پارک به خودی خود سهم بالایی در ازدحام ترافیکی خواهد داشت. این جستجو باعث هدر رفتن حدود یک میلیون بشکه نفت به صورت روزانه در سطح جهان می‌شود.

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود تا سال ۲۰۱۵ در حدود ۱۵۰۰۰۰ گالن سوخت صرف پیدا کردن جای پارک شده است. با این روند تا سال ۲۰۵۰ این مقدار به ۳۰۰۰۰۰ گالن افزایش پیدا خواهد کرد. این درحالی

است که بر خلاف حوزه‌هایی چون حمل و نقل، جستجو برای یافتن جای پارک هیچ ارزش افزوده‌ای ایجاد نمی‌کند و تنها باعث هدر رفت منابع می‌شود.

بنابراین به نظر می‌رسد که با استفاده از یک روش کارآمد و اثربخش می‌توان جستجو برای پیدا کردن جای پارک را به حداقل رساند.



نمودار ۱: مصرف سوخت در حوزه های مختلف

۱-۲- انگیزه‌های پژوهش

پارکینگ هوشمند یکی از مفاهیمی است که توجه به آن ضروری است. یکی از اساسی ترین مشکلاتی که در رابطه با پارکینگ هوشمند وجود دارد این است که اجرای آن در سطح شهر به مفاهیم محاسبات فراگیر نیاز دارد. محاسبات فراگیر که در فصل آینده مورد بررسی قرار خواهد گرفت به معنی استفاده از ابزارهای محاسباتی در گستره وسیع جغرافیایی است. از طرفی در سال‌های اخیر مفهوم جدیدی مطرح گردیده است که به نوعی محاسبات فراگیر را به صورت کارآمد پیاده‌سازی می‌کند. این مفهوم اینترنت اشیاء است. در واقع با بهره‌گیری از مزایای این مفهوم جدید می‌توان به صورت کارآمد و مؤثر پارکینگ‌های هوشمند را در سطحی وسیع طراحی و پیاده‌سازی کرد.

بنابراین بر آن شدیم تا در این پژوهش با استفاده از اینترنت اشیاء به طراحی پارکینگ‌های هوشمند بپردازیم.

۱-۳- اهداف پژوهش

مهمترین اهداف پژوهش انجام شده را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- آشنایی با مفهوم پارکینگ هوشمند
- ۲- آشنایی با مفهوم اینترنت اشیاء
- ۳- طراحی پارکینگ‌های هوشمند با استفاده از اینترنت اشیاء
- ۴- استفاده از مزیت‌های کم هزینه بودن اینترنت اشیاء

۱-۴- ساختار پایان نامه

در این پژوهش ابتدا در فصل دوم به معرفی مفاهیم و مبانی اینترنت اشیاء و پارکینگ هوشمند پرداخته ایم. در این فصل کلیات اینترنت اشیاء و پارکینگ هوشمند و ابزارهای لازم برای راه اندازی یک سیستم پارکینگ هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء ارائه می‌شود.

در فصل سوم تعدادی از سیستم‌های پارکینگ هوشمند مورد استفاده در جهان را بررسی کرده ایم. هر یک را توضیح داده و فناوری مورد استفاده در آن‌ها را شرح داده ایم.

در فصل چهارم با استفاده از بینایی کامپیوتر یک روش برای راه اندازی پارکینگ هوشمند ارائه شده است.

در فصل پنجم انواع روش‌های مورد استفاده در پارکینگ‌های هوشمند بررسی شده است. مزایا و معایب هر یک بیان شده و در انتها با روش پیشنهاد شده در فصل چهارم مقایسه شده است.

در فصل ششم نتیجه‌گیری کلی مقاله ارائه و به کارهایی که در آینده باید انجام شود اشاره شده است.

فصل ۲: تعاریف و مفاهیم مبنایی

۲-۱- پارکینگ هوشمند^۱ چیست؟

منظور از پارکینگ هوشمند یک سیستم سخت افزاری و نرم افزاری است که اطلاعات پر و یا خالی بودن پارکینگ ها را در هر لحظه نگهداری کرده و سپس با ارایه این اطلاعات به دیگران آن ها را در پیدا کردن جای پارک مناسب و احتمالاً پرداخت هزینه پارکینگ و دیگر امکانات جانبی راهنمایی می کند.

۲-۲- اینترنت اشیا^۲ چیست؟

اگر به اطراف خود نگاه کنیم محیط زندگی را متشکل از اشیاء مختلف خواهیم دید. ساعت دیواری، لامپ، سیستم خنک کننده، اجاق گاز، پنجره و چتر نمونه ای از اشیاء موجود در محیط اطراف ماست. اگر این اشیاء را به گونه ای به اینترنت متصل کنیم آنگاه سیستمی از اشیاء متصل به اینترنت خواهیم داشت. این همان مفهوم بنیادی اینترنت اشیا است. بنابراین اینترنت اشیا یعنی استفاده از اینترنت برای ارتباط در حالی که آنچه که به اینترنت متصل می شود یک شی است.

ایده اینترنت اشیا این است؛ به جای آنکه تعداد اندکی وسایل محاسباتی با قدرت داشته باشیم، تعداد بسیاری وسایل محاسباتی کم قدرت داشته باشیم.

اینترنت اشیا را با اندکی تفاوت می توان با مفهوم محاسبات فراگیر^۳ (UbiComp) معادل دانست. به عنوان مثال دستگاه خوشبو کننده هوا که محاسباتی انجام می دهد از مفهوم محاسبات فراگیر استفاده کرده است. تفاوت آن با اینترنت اشیا در این است که به اینترنت متصل نیست.

Smart Parking ۱

Internet Of Things ۲

Ubiquitous Computing ۳

۲-۳- هدف اینترنت اشیاء چیست؟

همانطور که پیش از این گفته شد اینترنت اشیاء تلاش می‌کند که اشیاء موجود در محیط را به اینترنت متصل کند. حال سؤال اینجاست که هدف از این اتصال چیست؟ آیا صرفاً اتصال اشیاء به اینترنت برای به وجود آمدن مفهوم اینترنت اشیاء کافی است؟

در اینترنت اشیاء باید گفت که اتصال به اینترنت یک شرط لازم است اما کافی نیست. در کنار اتصال به اینترنت باید یک جریان اطلاعات هم وجود داشته باشد که ویژگی‌های تعریف شده شی را به دنیای داده و پردازش ارایه شده از طریق اینترنت متصل کند. پس در واقع اینترنت اشیاء به دنبال ایجاد یک ارزش افزوده در محیط پیرامون با بهره‌مندی از زیرساخت‌هایی است که هم‌اکنون در محیط وجود دارد.

۲-۴- حس‌گرها و عمل‌گر^۱ هادر اینترنت اشیاء

اشیاء همه جا هستند و این به این معناست که می‌توانند از محیط ورودی دریافت کنند و آن را به داده تبدیل کنند. این داده‌ها سپس برای جمع‌آوری و پردازش به اینترنت ارسال می‌شود. این موضوع درواقع بیان‌کننده این است که می‌توان از اشیاء موجود در محیط به عنوان حس‌گر استفاده کرد. حاضر بودن اشیاء در محیط نیز به این معناست که آن‌ها می‌توانند نقش عملگر را در محیط داشته باشند و به محیط خروجی ارسال کنند به نحوی که تعدادی از این خروجی‌ها می‌تواند بر اساس داده‌های دریافت شده از اینترنت باشد.

۲-۵- عوامل به وجود آورنده اینترنت اشیاء

تجربه نشان داده است که به وجود آورنده های بزرگ فناوری^۱ نیاز های اساسی بشر بوده است. پیشرفت فناوری با گذشت زمان اشیاء مختلفی را پدید آورده است. عصر الکترونیک وسایلی را همچون تلفن، رادیو، تلویزیون، کامپیوتر و گوشی های هوشمند به وجود آورده است. این وسایل در ابتدا بسیار گران بوده اند اما به مرور زمان ارزان تر شدند. همچنین تحقیقات باعث شده است که این وسایل روز به روز کوچک تر و بهینه تر شوند. در نهایت نیز این امر امکان پذیر شده است که عملکردهایی که قبلاً برای انجام شدن به وسایل اختصاصی خود نیاز داشته اند در درون وسایل دیگر تعبیه شوند. به عنوان نمونه ساخت یک ریزپردازنده همه منظوره در یک ماشین لباسشویی که آن را قادر می سازد سیستم عامل لینوکس را در خود شامل شود بسیار ارزان تمام می شود.

در اینجا هم می توان گفت که داشتن قدرت محاسباتی شرط لازم برای اینترنت اشیاء است اما کافی نیست. قدرت محاسباتی باید از یک طرف به حس گر ها و عملگر ها که با جهان واقعی در تعامل هستند وصل شود و از طرف دیگر به اینترنت متصل گردد.

مزیت عمده اینترنت اشیاء پردازش و اشتراک گذاری سریع اطلاعات با سرویس ها و دیگر کاربران است. افزایش روز به روز قدرت پردازش در کنار کاهش هزینه های آن و همچنین کاهش هزینه های اینترنت و مناسب بودن آن از عواملی هستند که اینترنت اشیاء را ممکن ساخته اند.

یکی دیگر از عواملی که بستر مناسبی برای اینترنت اشیاء فراهم کرده است استفاده از فاصل های برنامه نویسی کاربردی^۲ (API) است. امروز بسیاری از وب سایت ها ارایه دهنده خدماتی از طریق API هستند که این امر باعث به وجود آمدن یک زیست بوم^۳ در اینترنت می شود که نه تنها مرورگرهای وب که سایر وسایل متصل به اینترنت را نیز قادر می سازد از خدمات این وب سایت ها استفاده کنند.

Technology ۱

Application Programming Interface ۲

Ecosystem ۳

۲-۶- طراحی اینترنت اشیاء

وقتی صحبت از طراحی می‌شود شاید اولین چیزی که به ذهن انسان خطور می‌کند تفکر و ایجاد یک طرح در مورد شکل ظاهری است. این تفکر صحیح است اما در موضوع بحث ما نیاز به تعدیل دارد. طراحی اینترنت اشیاء تنها محدود به شکل و ظاهر آن نیست. بلکه جنبه‌های عملکردی آن را نیز شامل می‌شود.

ریشه اینترنت اشیاء به دهه ۹۰ میلادی و کارهای مارک ویزر^۱ باز می‌گردد. ویزر در کارهای خود فرض را بر داشتن ارتباط از طریق شبکه قرار نداده بود بلکه به دنبال جواب این سؤال بود که چه اتفاقی خواهد افتاد اگر توان محاسباتی آن قدر ارزان شود که بتوان آن را در تمامی جنبه‌های اشیاء روزمره تعبیه کرد. او این امر را محاسبات فراگیر نامید. همچنین محاسبات فراگیر را در صورتی که تمرکز ما بر روی تعبیه کردن قدرت محاسباتی در همه جا باشد می‌توان محاسبات محیطی^۲ نیز نامید. مارک ویزر ترجیح می‌داد از واژه فناوری آرام^۳ نیز استفاده کند. فناوری آرام به سیستم‌هایی گفته می‌شود که برای به دست آوردن توجه با یک دیگر رقابت نمی‌کنند اما آماده اند تا در صورتی که ما تصمیم گرفتیم به آن‌ها توجه کنیم اطلاعات و یا کاربرد^۴هایی را فراهم کنند.

اینگونه گسترش وسایل محاسباتی در جهان باعث ایجاد چالش‌های جدیدی می‌شود. این چالش‌ها موضوعاتی چون پیکربندی^۵، تأمین توان^۶ و چگونگی صحبت کردن^۷ و ارتباط^۸ این وسایل با هم را شامل می‌شود.

چالش‌های مربوط به توان و شبکه^۹ چالش‌های صرفاً فنی^۱ هستند که باعث توسعه استانداردهایی مانند LoWPAN^{۲۶} شده است. این استاندارد در تلاش است پروتکل اینترنت نسل ۶ (IPv6) را در ساده‌ترین و کم

۱ Mark Weiser

۲ Ambient Computing

۳ Calm Computing

۴ Utility

۵ Configurations

۶ Power

۷ Talk

۸ Communicate

۹ Networking

مصرف‌ترین حس‌گرهای تحت شبکه استفاده کند. هدف از این استاندارد فراهم کردن دامنه آدرس و توان مصرفی مورد نیاز برای تعداد زیادی حس‌گر است.

۲-۷- استاندارد LoWPAN

شبکه‌های شخصی کم مصرف شامل وسایلی است که از استاندارد IEE 802.15.4 پیروی می‌کنند. این وسایل با ویژگی‌های برد کم^۲، مصرف کم^۴ و هزینه کم^۵ شناخته می‌شوند. بسیاری از وسایلی که از این استاندارد استفاده می‌کنند در قدرت محاسباتی، حافظه و یا دسترس‌پذیری انرژی محدود خواهند بود. LoWPAN یک شبکه ارتباطی کم هزینه است که امکان ارتباط بی سیم را با توان عملیاتی آرام^۶ و توان مصرفی محدود شده^۷ فراهم می‌کند.

۲-۸- ویژگی‌های LoWPAN ها:

- ۱- اندازه بسته^۸ ها کوچک است.
- ۲- از دو نوع آدرس مک^۹ کوتاه ۱۶ بیتی و IEEE توسعه یافته ۶۴ بیتی^{۱۰} پشتیبانی می‌کند.

Technical	۱
IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network	۲
Low Range	۳
Low Power	۴
Low Cost	۵
Relaxed Throughput	۶
Limited Power	۷
Packet	۸
Mac Address	۹
IEEE 64 bit Extended	۱۰

- ۳- پهنای باند آن کم است. نرخ انتقال داده ۲۵۰ kbps، ۴۰ kbps و ۳۰ kbps برای هر یک از لایه‌های فیزیکی تعریف شده کنونی (۲،۴ GHZ، ۹۱۵ MHZ و ۸۶۸ MHZ) است.
- ۴- توپولوژی^۱ ها شامل ستاره‌ای^۲ و مش^۳ است.
- ۵- کم مصرف است. معمولاً تعداد و یا تمامی وسیله‌ها از باتری استفاده می‌کنند.
- ۶- کم هزینه است.
- ۷- انتظار می‌رود که در طول عمر فناوری تعداد زیادی از وسیله‌ها به کار گرفته شود.
- ۸- موقعیت وسیله‌ها معمولاً از قبل تعریف نمی‌شود چرا که در بیشتر موارد در مد موقت^۴ مورد استفاده قرار می‌گیرند.
- ۹- وسیله‌هایی که در LoWPAN ها استفاده می‌شوند به دلایل مختلف از جمله ارتباط رادیویی غیر مطمئن، خالی شدن باتری، قفل‌های وسیله، دستکاری فیزیکی و ... قابل اعتماد نیستند.
- ۱۰- در بسیاری از محیط‌ها وسیله‌هایی که به LoWPAN ها وصل می‌شوند ممکن است در دوره‌های زمانی طولانی برای حفظ^۵ انرژی در مد خواب^۶ قرار بگیرند که در طول این دوره قابل استفاده نخواهند بود.

۲-۹- فرضیات در LoWPAN ها

در حالی که بیشتر وسایل مورد استفاده در LoWPAN ها انتظار می‌رود که بسیار محدود شده باشند (که به آن‌ها وسایل وظیفه‌ای محدود شده یا RFD^۱ گفته می‌شود)، وسایل وظیفه‌ای کامل یا FFD^۲ با قابلیت‌های بیشتر نیز هر چند به تعداد خیلی کم وجود خواهد داشت.

Topology	۱
Star	۲
Mesh	۳
Ad-Hoc Fashion	۴
Conserve	۵
Sleep	۶

FFD ها با فراهم کردن عملکردهایی چون هماهنگی شبکه‌ای^۲، انتقال بسته‌ها^۴، واسطه‌گری^۵ برای انواع دیگر شبکه‌ها و ... به RFD ها کمک می‌کنند.

۲-۱۰- توپولوژی‌ها

شبکه‌های LoWPAN باید از توپولوژی‌های مختلف شامل مش و ستاره‌ای پشتیبانی کند.

توپولوژی مش به مسیریابی چندپایه^۶ به مقصد مورد نظر اشاره دارد. در این حالت وسایل میانجی^۷ در لایه اتصال^۸ نقش انتقال دهنده بسته‌ها را (شبیه مسیریاب‌ها در لایه شبکه) بازی می‌کنند. معمولاً این انتقال دهنده‌ها FFD ها هستند.

توپولوژی ستاره‌ای مانند توپولوژی مش شامل تأمین زیرمجموعه‌ای از وسیله‌های دارای قابلیت انتقال بسته است. اگر علاوه بر IEEE 802.15.4 این وسیله‌ها از واسطه‌های شبکه‌ای دیگری مانند اترنت^۹ یا IEEE 802.11 استفاده کنند، هدف ادغام یکپارچه توپولوژی‌هایی است که با استفاده از آن توپولوژی‌های متفاوت ساخته شده‌اند.

Reduced Function Device	۱
Full Function Device	۲
Network Coordinating	۳
Packet Forwarding	۴
Interfacing	۵
Multi-Hop Routing	۶
Intermediate	۷
Link Layer	۸
Ethernet	۹

۲-۱۱- پردازش گر ویدیویی تصویر^۱

یک پردازشگر ویدیویی تصویر از یک یا بیشتر دوربین^۲، نرم افزار تفسیر^۳ تصویر و کامپیوتر مبتنی بر ریزپردازنده^۴ برای دیجیتال سازی^۵ و پردازش تشکیل شده است. تحلیل های دقیق از قاب های متوالی گرفته شده توسط پردازشگر ویدیویی تصویر می تواند در شناسایی وسیله مورد استفاده قرار گیرد. این کار با شناسایی تفاوت های بین قاب های متوالی تصویر قابل انجام است.

۲-۱۲- بردهای Raspberry Pi

بردهای Raspberry Pi کامپیوترهایی کوچک به اندازه کارت های اعتباری هستند که در پروژه های الکترونیکی و تعداد زیادی از کارهایی که کامپیوترهای رومیزی^۷ انجام می دهند قابل استفاده هستند.

۲-۱۳- کتابخانه OpenCV^۸

OpenCV یک کتابخانه متن باز^۹ است که شامل چند صد الگوریتم بینایی کامپیوتر^{۱۰} است. OpenCV دارای یک ساختار پیمانه ای^۱ است. پیمانه های زیر در این کتابخانه در دسترس است:

Video Image Processor	۱
Camera	۲
Interpretation	۳
Microprocessor Based Computer	۴
Digitilizing	۵
Frame	۶
Desktop	۷
Open Source Computer Vision	۸
Open Source	۹
Computer Vision	۱۰

core - یک پیمانه فشرده که ساختارهای داده اصلی شامل آرایه چند بعدی متراکم Mat و توابع اصلی را که در سایر پیمانه ها مورد استفاده قرار می گیرد تعریف می کند.

imgproc - یک پیمانه پردازش تصویر که شامل فیلتر کردن^۳ تصویر به صورت خطی^۴ و غیر خطی^۵، تبدیل های^۶ تصویر هندسی و ... است.

video - یک پیمانه تحلیل ویدیو که شامل تخمین حرکت^۷، کاهش پس زمینه و الگوریتم های دنبال کردن

شی

calib3d - الگوریتم های چند دیده^۸ هندسی، کالیبراسیون^۹ دوربین و ...

و ...

۲-۱۴ - سیستم زمان گذاری Cron در لینوکس

Cron یک سیستم زمان گذاری در لینوکس است که به کاربران اجازه می دهد دستورات و برنامه هایی را در تاریخ و ساعت مشخص به صورت یک بار اجرا و یا به صورت تکرار شونده اجرا کنند. Cron یکی از کاربردی ترین ابزارهای لینوکس است.

Modular	۱
Module	۲
Filtering	۳
Linear	۴
None-Linear	۵
Transformation	۶
Motion Estimation	۷
Mutiple-View	۸
Calibration	۹

فصل ۳: مروری بر کارهای مرتبط

با پیشرفت سریع فناوری و گسترش روز افزون زیرساخت‌های ارتباطی روش‌های نوینی برای پیاده‌سازی کارآمد و مؤثر پارکینگ هوشمند به وجود آمده است. در این فصل بر آنیم تا تعدادی از روش‌های مورد استفاده برای پیاده‌سازی پارکینگ هوشمند را بیان کنیم.

۳-۲- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Siemens

شرکت Siemens با هدف کمک به رانندگان وسایل نقلیه برای یافتن فضای پارکینگ^۱ اقدام به طراحی یک سیستم پارکینگ مبتنی بر حس‌گر^۲ نموده است.

بر اساس آمار منتشر شده توسط این شرکت در حدود یک سوم ترافیک شهرها در اثر جستجو برای یافتن پارکینگ به وجود می‌آید. همچنین رانندگان مجبورند برای یافتن پارکینگ ۵/۴ کیلومتر به صورت میانگین بیشتر رانندگی کنند. هر وسیله به صورت میانگین ۲۳ ساعت در شبانه‌روز پارک می‌شود که این موضوع یافتن پارکینگ را بسیار دشوار نموده است.

Siemens بیان می‌کند که با یک سیستم پارکینگ هوشمند خوب می‌توان ۴۳ درصد از زمان صرف شده برای پیدا کردن پارکینگ، ۳۰ درصد از مصافتی را که صرف پیدا کردن پارکینگ می‌شود، ۸ درصد از حجم ترافیک و در نهایت انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهد.

در سیستم پارکینگ هوشمند این شرکت از حس‌گرهای راداری هوایی^۳ استفاده می‌کند. این حس‌گرها یک دید واضح از بالا را در اختیار می‌دهند.

۱ Parking Spot

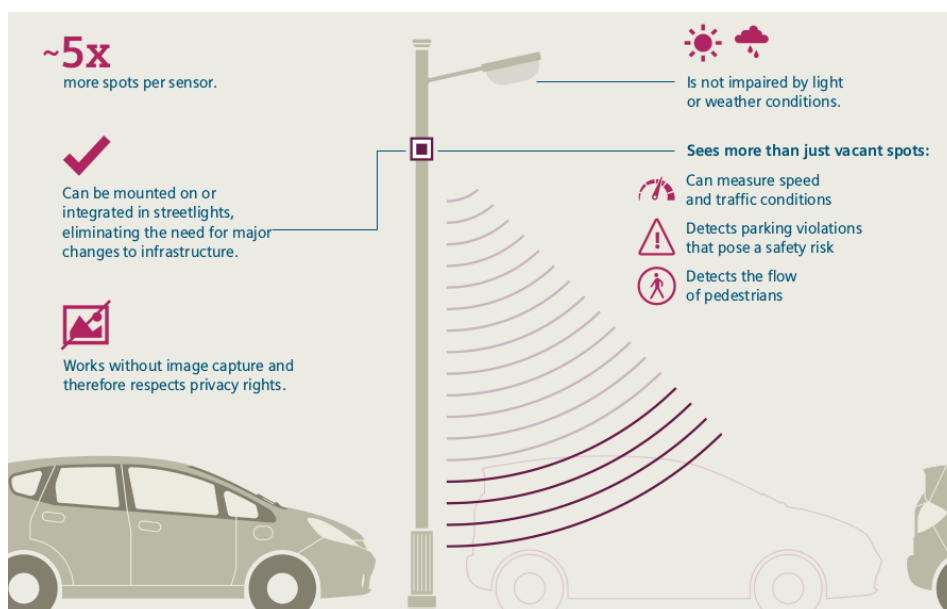
۲ Sensor-Based Parking System

۳ Overhead Radar Sensors

همانطور که در تصویر ۱ مشاهده می‌شود، حس گر های راداری هوایی دارای مزیت‌هایی است که تعدادی از آن‌ها

در زیر بیان شده است:

- ۱- به ازای هر حس گر می‌توان ۵ یا بیشتر فضای پارک را پوشش داد.
- ۲- می‌تواند بر روی چراغ‌های کنار خیابان نصب شده و به این ترتیب نیاز به ایجاد تغییرات وسیع در زیرساخت‌های شهری را کاهش می‌دهد.
- ۳- بدون نیاز به تصویر برداری کار می‌کند و به این ترتیب از حریم شخصی محافظت می‌کند.
- ۴- شرایط روشنایی و یا وضعیت آب و هوایی تأثیری بر عمل کرد حس گر ها ندارد.
- ۵- می‌تواند مواردی مانند سرعت و شرایط عبور و مرور را نیز رصد کند.



تصویر ۱: حس گر های راداری هوایی

سیستم پارکینگ Siemens چگونه کار می‌کند؟

یک شبکه از سنسورها به صورت مداوم فضای پارکینگ شهری را شناسایی می‌کند و اطلاعات مرتبط با وضعیت

پارکینگ را به یک سیستم مدیریت پارکینگ تحت وب^۱ ارسال می‌کند.

^۱ Web based parking management software

این اطلاعات می‌تواند در موارد زیر مورد استفاده قرار گیرد:

۱- مراکز اطلاعات ترافیک برای بهبود سرویس های اطلاعات ترافیک خود

۲- سیستم دستیار راننده^۱ برای کمک به رانندگان در پیدا کردن جایی که آنها می‌توانند پارک کنند به صورت

بلادرنگ^۲

۳- ابزارهای چند مدله مسافرتی^۳ که به شهروندان کمک می‌کند سفرهای خود را بر اساس شرایط پارکینگ

مقصد برنامه‌ریزی کنند و در صورتی که پارکینگ در مقصد موجود نیست از وسایل حمل و نقل عمومی به

صورت جایگزین استفاده کنند.

۱ Driver assistant system

۲ Real-Time

۳ Mutimodal trip planning



تصویر ۲: موارد استفاده از اطلاعات فراهم شده توسط حس گر های هوایی

۳-۳- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Smart Parking Limited

کمپانی Smart Parking Limited یک شرکت ثبت شده در اسکاتلند است. این شرکت محصولاتی مرتبط با سیستم پارکینگ هوشمند توسعه داده است که در زیر به آن‌ها اشاره شده است.

SmartEye نام یکی از محصولات توسعه داده شده توسط این شرکت است. SmartEye حس گرهایی است که در زمین کار گذاشته می‌شود و وظیفه شناسایی پر یا خالی بودن پارکینگ را بر عهده دارد. در این حس گر ها از هر دو نوع حس گر های فرو سرخ^۱ و مغاطیسی^۱ استفاده شده است. همچنین به صورت بی سیم^۲ طراحی شده است که این موضوع نصب حس گر ها را ساده و هزینه های آن را کاهش می دهد.

حس گر های SmartEye با استفاده از باتری های با عمر طولانی^۳ تغذیه می شوند و نحوه نصب آنها در زمین به گونه ای است که به سادگی تخریب نمی شوند.

همانطور که گفته شده این حس گر ها در زمین کار گذاشته می شوند و پر یا خالی بودن پارکینگ را حس می کنند. داده های مربوط به پر و یا خالی بودن فضای پارک سپس به سیستم نرم فزاری تحت عنوان SmartRep منتقل می شود. این سیستم عملکردهای مختلفی از جمله پرداخت^۴، مدیریت مجوز^۵، مدیریت فضای پارک، برنامه ریزی های آینده و پارک هدایت شده را انجام می دهد.



تصویر ۳: نمای از حس گرهای SmartEye

Magnetic	۱
Wireless	۲
Long-Life	۳
Payment	۴
Permit Management	۵

۳-۴- پارکینگ هوشمند طراحی شده توسط شرکت Libelium

این شرکت حس‌گرهایی را طراحی کرده است که به شهروندان اجازه می‌دهد فضای پارکینگ در دسترس را شناسایی کنند.

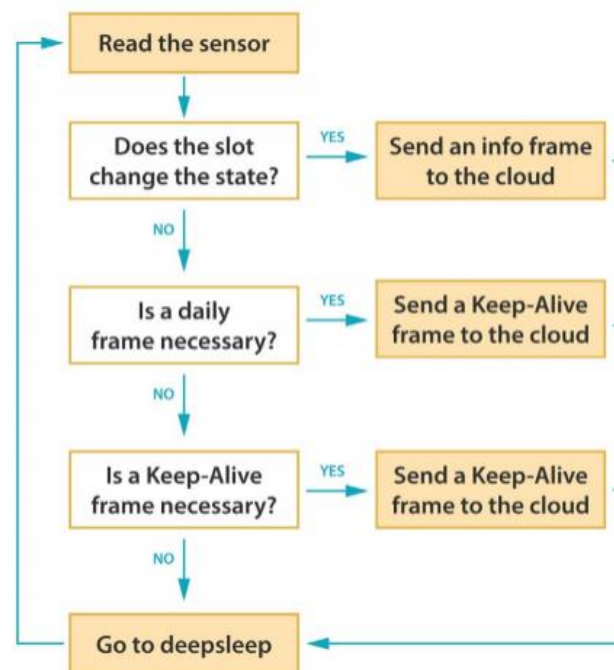
همانطور که در تصویر شماره ۴ نمونه‌ای از حس‌گرهای ساخته شده توسط این شرکت مشاهده می‌شود، یکی از ویژگی‌های مهم این حس‌گرها امکان نصب آن بر روی سطح جاده است که نیاز به تعبیه آن در داخل زمین را از بین می‌برد. این امر زمان نصب را از ۳۰ دقیقه به ۵ دقیقه و امکان جایگزینی حس‌گرهای معیوب با حس‌گرهای سالم را به ۱۰ دقیقه کاهش می‌دهد.



تصویر ۴: حس‌گر پارکینگ هوشمند Libelium

فناوری مورد استفاده در این حس گرها مغناطیس و دارای باتری های با عمر ۴ تا ۶ سال در داخل^۱ خود است. طرز کار این حس گر ها در نمودار شماره ۲ نمایش داده شده است.

این حس گرها به این صورت عمل می کنند که در صورتی که وضعیت تغییر کرده باشد یک پیام برای نرم افزار مرکزی از طریق ابر^۲ ارسال می کنند. در غیر این صورت با قرار گرفتن در مد خاموش در مصرف انرژی صرفه جویی



نمودار ۲: نحوه عملکرد حس گرهای Libenium

می کنند.

علاوه بر این ارسال که در زمان تغییر وضعیت اتفاق می افتد در رویداد^۳ های دیگر نیز ارسال هایی صورت می پذیرد. به عنوان نمونه حس گر ها موظف هستند هر ۲۴ ساعت یک بار در پاسخ به رویداد ارسال روزانه^۱ وضعیت خود شامل اطلاعات پایه مانند وضعیت پارکینگ و وضعیت باتری را به سرور ارسال کنند.

۱ Built-In

۲ Cloud

۳ Event

نکته جالب در مورد این حس گر ها مد خاموش است. مد خاموش برای مصرف انرژی کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. این حس گر ها دارای دو مد خاموش هستند. مد خاموش روز و مد خاموش شب. علت تقسیم بندی مد های خاموش به دو مد روز و شب این است که در زمان هایی که احتمال تغییر وضعیت پارکینگ کمتر است حس گر مدت زمان بیشتری در مد خاموش قرار بگیرد. در نمودار ۳ به نمونه ای از تنظیمات حس گر ها نمایش داده شده است.

Parameter	Configuration
Sleep time	1 minute
Keep-Alive	2 hours
Night Mode start hour	00 hours
Night Mode duration	6 hours
Night Mode Sleep Time	10 minutes
Night Mode Keep-Alive	3 hours

نمودار ۳: نمونه ای از تنظیمات مد خاموش حس گر های Libenium

فصل ۴: روش پیشنهادی

۴-۱- مقدمه

روش‌های مختلفی برای اجرای پارکینگ هوشمند تا کنون استفاده شده است. استفاده از حس‌گرهای فروسرخ، حس‌گرهای فراصوت^۱، RFID^۲ و رادار مایکروویو^۳ از این نمونه است. هر یک از این روش‌ها دارای مزایا و معایبی است. در این فصل روشی برای راه‌اندازی پارکینگ هوشمند با استفاده از بینایی کامپیوتر^۴ ارائه شده است. برای این کار می‌تواند از پردازشگرهای ویدیویی تصویر استفاده کرد.

استفاده از پردازشگر ویدیویی تصویر، مدیریت و عملیاتی سازی پارکینگ هوشمند را ساده خواهد کرد. همچنین مناطق شناسایی^۵ به سادگی قابل حذف و اضافه و تغییر است و به سادگی می‌تواند با هر شکل هندسی^۶ تطبیق داده شود. علاوه بر این می‌توان با استفاده از یک دوربین چندین منطقه شناسایی را پوشش داد و از این رو تعداد دوربین‌های مورد استفاده برای پوشش دادن تمام پارکینگ‌های یک منطقه را کاهش داد.

Ultra Sonic	۱
Radio-Frequency Identification	۲
Microwave	۳
Computer Vision	۴
Detection Zones	۵
Geometric Shape	۶

۴-۲- موارد مورد نیاز برای راه اندازی Raspberry Pi

برای راه اندازی برد Raspberry Pi همان طور که در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است، موارد زیر مورد نیاز

است:

۱- برد Raspberry Pi

۲- نمایشگر^۱

۳- کابل HDMI

۴- صفحه کلید^۲ USB

۵- موشواره^۳ USB

۶- منبع تغذیه^۴

۷- کارت حافظه^۵ ۸ گیگابایت

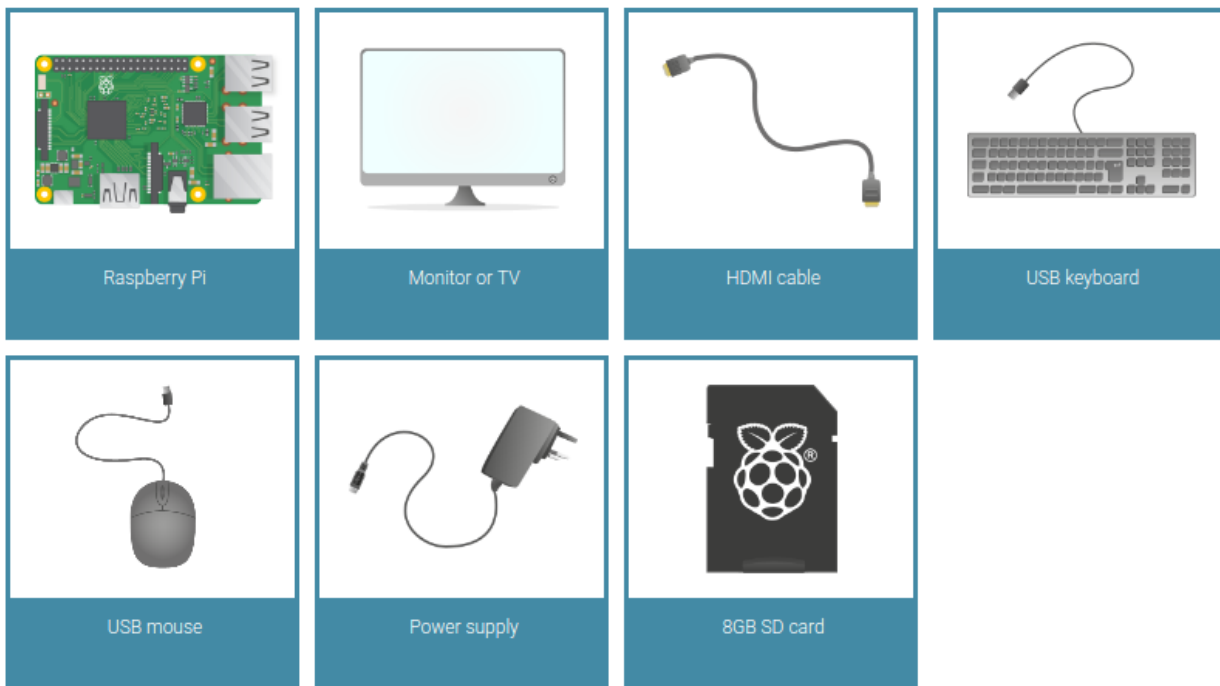
۱ Monitor

۲ Keyboard

۳ Mouse

۴ Power Supply

۵ SD Card



تصویر ۵: موارد مورد نیاز برای راه اندازی برد Raspberry Pi

۴-۳- راه اندازی Raspberry Pi

برای راه اندازی Raspberry Pi باید مراحل زیر را انجام داد.

۱- ابتدا کارت SD باید در شیار^۱ Raspberry Pi قرار داده شود. کارت تنها در یک جهت قرار خواهد گرفت.

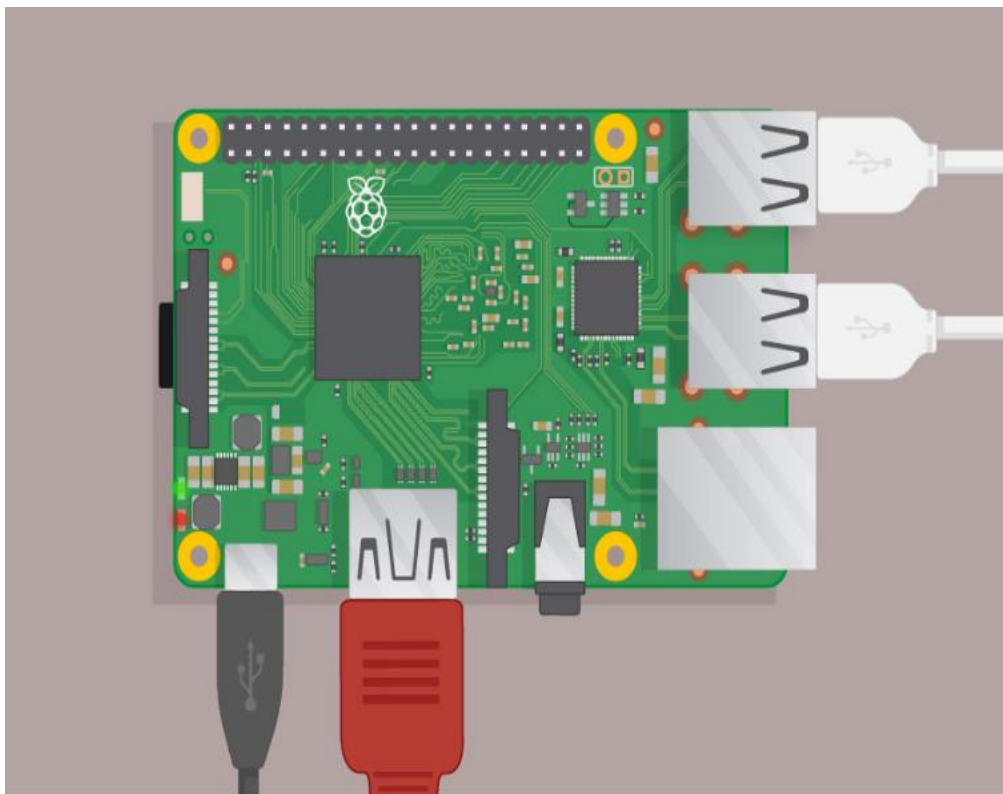
۲- سپس موشواره و صفحه کلید در پورت های USB برد قرار داده می شوند.

۳- مانیتور را با استفاده از کابل HDMI به برد وصل می کنیم. (البته لازم به ذکر است که از سایر ورودی های

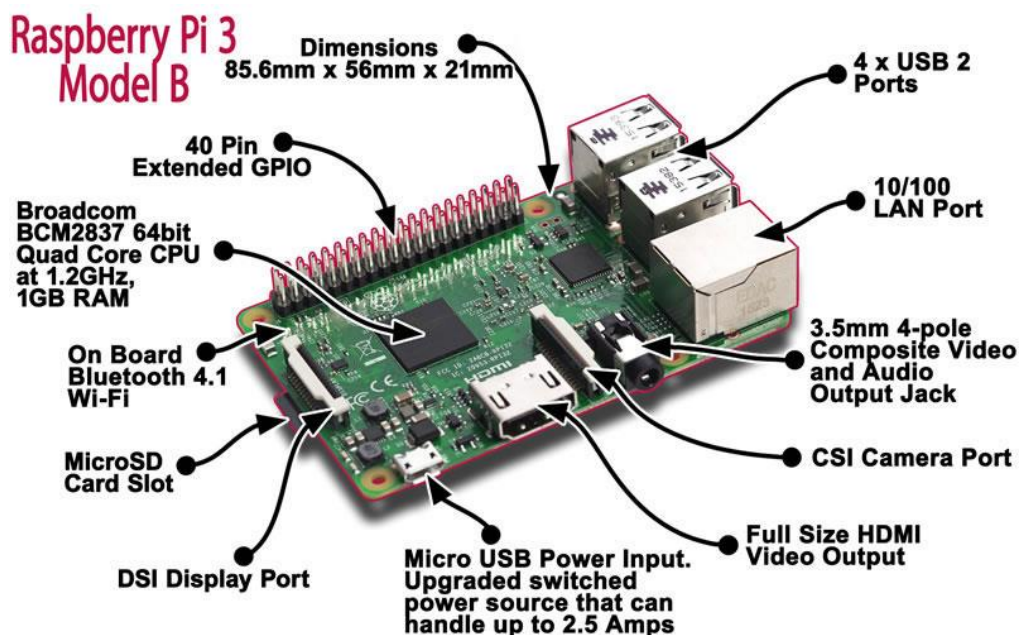
استاندارد دیگر مانند DVI و VGA نیز می توان استفاده کرد.)

۴- برای اتصال برد به اینترنت می‌توان از کابل اترنت و یا WiFi Dongle استفاده نمود. یک قطعه سخت افزاری است که به برد USB برد متصل شده و قابلیت اتصال برد به شبکه WiFi را برای آن ایجاد می‌کند.

۵- پس از اتصال همه وسایل جانبی برد در انتها منبع تغذیه USB را به آن وصل می‌کنیم. این کار باعث روشن شدن برد خواهد شد. برد روشن شده به همراه وسایل جانبی متصل به آن در شکل شماره ۶ نمایش داده شده است.



تصویر ۶: برد روشن شده Raspberry Pi



تصویر ۷: قسمت‌های مختلف برد Raspberry Pi 3 Model B

۴-۴- نصب سیستم عامل بر روی Raspberry Pi

سیستم عامل توصیه شده برای استفاده در Raspberry Pi سیستم عامل Raspbian است. Raspbian نسخه‌ای از لینوکس^۱ است که برای استفاده در بردهای Raspberry طراحی شده است. برای نصب Raspbian چندین گزینه پیش رو است^۲.

۱- خرید کارت‌های SD که سیستم عامل Raspbian از قبل بر روی آن‌ها نصب شده است

۲- نصب Raspbian با استفاده از NOOB^۳

۳- دانلود و نصب تصویر^۴ Raspbian و نصب مستقیم آن

پس از نصب سیستم عامل برد Raspberry قابل استفاده است.

۱ Linux

۲ توضیح تمامی مراحل در وب‌گاه <https://www.raspberrypi.org/learning/software-guide/quickstart> موجود است و از حوصله این مقاله خارج است.

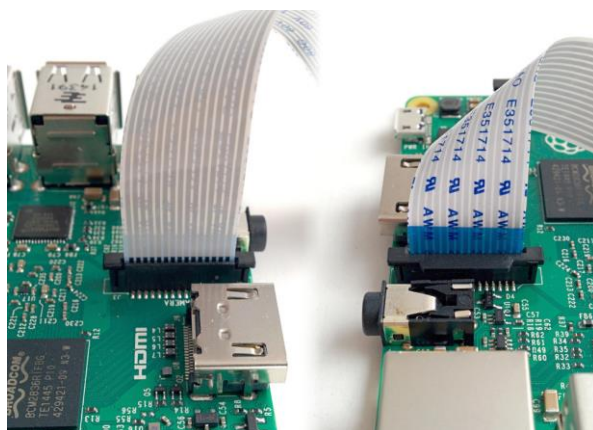
۳ New Out Of Box Software

۴ Image

۴-۵- نصب دوربین به Raspberry Pi

برای نصب دوربین در حالی که Pi خاموش است ماژول دوربین^۱ را در درگاه^۲ دوربین بر روی برد Raspberry Pi قرار می‌دهیم. سپس با روشن کردن Raspberry Pi فعال بودن نرم‌افزار را بررسی می‌کنیم.

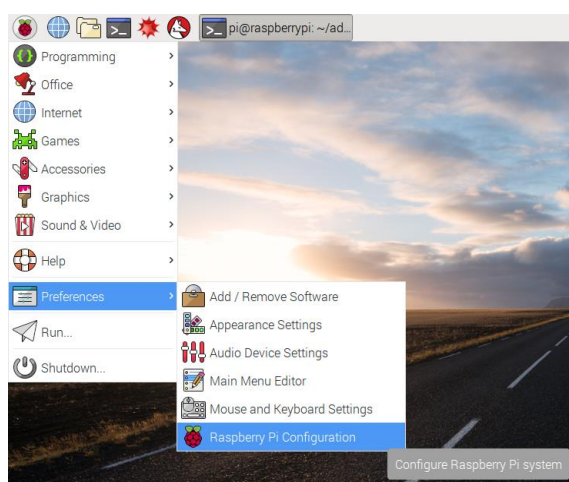
۱- موقعیت درگاه دوربین را بر روی برد پیدا کرده و دوربین را به آن متصل می‌کنیم.



تصویر ۸: اتصال دوربین به برد Raspberry Pi

۲- Pi را روشن می‌کنیم.

۳- برنامه Raspberry Pi Configuration Tool را باز می‌کنیم.

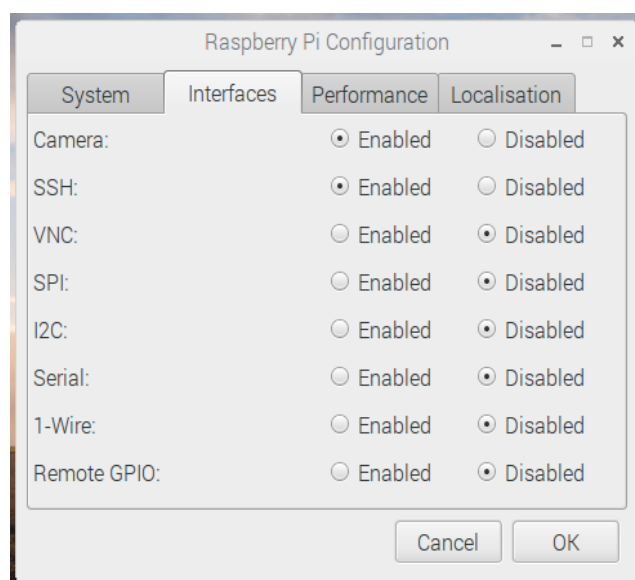


Module ۱

Port ۲

تصویر ۹: اجرای برنامه Raspberry Pi Configuration Tool

۴- فعال بودن نرم افزار دوربین را بررسی می کنیم.



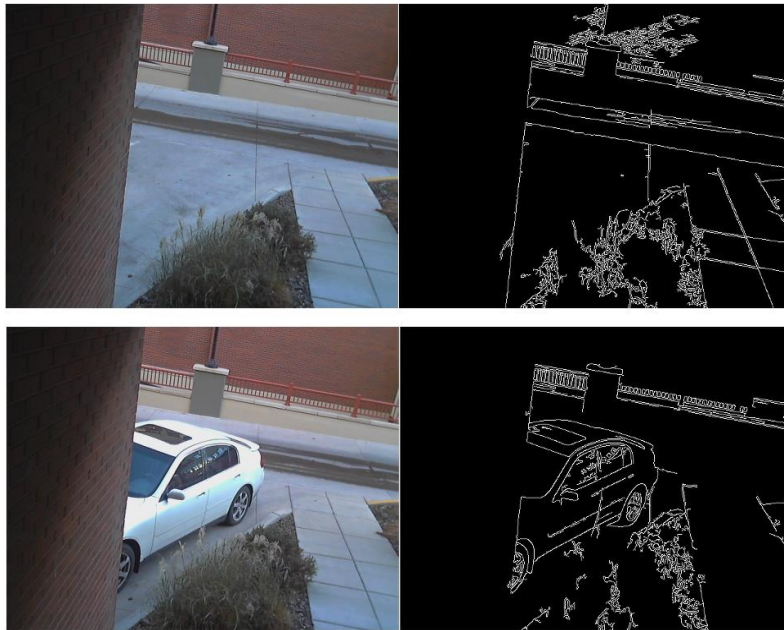
تصویر ۱۰: بررسی فعال بودن نرم افزار دوربین در Pi

۴-۶- راه اندازی سیستم پردازشگر ویدیویی تصویر

برای راه اندازی سیستم پردازش تصویر از برد Raspberry Pi به همراه یک دوربین که در بخش‌های قبل در مورد آن‌ها توضیح داده شد استفاده خواهیم کرد. دوربین به نحوی در بالای پارکینگ مستقر خواهد شد که بر پارکینگ مسلط باشد. پس از نصب راه اندازی سیستم پردازشگر تصویر خواهیم توانست تصاویری از پارکینگ تهیه کنیم. با این کار اولین قدم را برای راه اندازی پارکینگ هوشمند برداشته ایم. قدم دوم استفاده از یک نرم‌افزار خاص برای پردازش این تصاویر است.

۴-۷- پردازش تصویر

با استفاده از کتابخانه OpenCV و بهره‌گیری از تابع Canny می‌توان تصویر گرفته شده توسط دوربین را به یک تصویر خاص تبدیل کرد. همانگونه که در تصویر شماره ۱۱ نمایش داده شده است این تصویر خاص یک تصویر سیاه رنگ از تصویر اصلی است که در آن خطوط سفید رنگی وجود دارد. این خطوط سفید رنگ مشخص کننده تمامی گوشه‌های تصویر است.



تصویر ۱۱: پردازش تصویر با استفاده از تابع Canny در کتابخانه OpenCV

با ارسال پارامترهای مختلف به تابع Canny می‌توان قسمت‌های اضافی را که به عنوان اختلال^۲ تصویر شناخته می‌شود تا سطح قانع کننده ای از آن خارج نمود. در این صورت قسمت‌های اصلی محیط که بیان کننده پارکینگ است تحت نظارت سیستم پردازش تصویر قرار خواهد گرفت.

۴-۸- کد نمونه برای پردازش تصویر

نمونه‌ای از کد شناسایی پر یا خالی بودن پارکینگ نوشته شده به زبان Python در زیر بیان شده است:

```
from SimpleCV import *
import sys
import requests
import json
from datetime import datetime
```

۱ Parameter

۲ Noise

```

cam = Camera()

image = cam.getImage()
fileName = "screenshot_" + datetime.now().strftime("%m-%d_%H:%M") + ".png"

image.save(fileName)

# crop with full car & no back wall:
image = image.crop(170, 170, 230, 300)

# used to use 100, 400 (was the worst)
# followed by 50, 200 which was terrible
# used 50, 400 with success
# used 25, 400 with success
# used 300, 400 with success
image = image.edges(25, 400)

# make MASK!
mask = Image(image.size())
dl = DrawingLayer(image.size())
# get rid of bushes
dl.polygon([(230, 100), (230, 300), (0, 300), (0, 200)], filled=True, color=Color.WHITE)
# get rid of brick wall
dl.polygon([(0, 0), (50, 0), (15, 300), (0, 300)], filled=True, color=Color.WHITE)
# get rid of back of car
#dl.polygon([(115, 0), (230, 0), (230, 300), (115, 300)], filled=True, color=Color.WHITE)
mask.addDrawingLayer(dl)
mask = mask.applyLayers()

image = image - mask

```

```

#image.show()
#raw_input()

image_matrix = image.getNumpy().flatten()

image_pixel_count = cv2.countNonZero(image_matrix)

#print "Image " + fileName + " has " + str(image_pixel_count) + " pixels"

image.save("canny-" + fileName)

url = "http://pi-parking.herokuapp.com/updates"
files = {'update[image]': (fileName, open(fileName, 'rb')), 'update[canny_image]': ("canny-" +
fileName, open("canny-" + fileName, 'rb'))}

if image_pixel_count > 2000:
    print "TAKEN"
    status = {'update[status]': 'taken', 'update[pixel_count]': image_pixel_count}
else:
    print "AVAILABLE"
    status = {'update[status]': 'available', 'update[pixel_count]': image_pixel_count}

r = requests.post(url, data=status, files=files)
print r.text

```

یک پارکینگ خالی پس از انجام عملیات حذف اختلالات، یک منطقه خالی بزرگ در تصویر ایجاد می‌کند. پس از آشغال پارکینگ با شمارش تعداد پیکسل‌های سفید موجود در منطقه پارکینگ و مشخص کردن یک مقدار

آستانه^۱ می‌توان پر و یا خالی بودن پارکینگ را تشخیص داد. در صورتی که تعداد پیکسل‌های سفید موجود در منطقه پارکینگ از مقدار آستانه بیشتر باشد پارکینگ پر و در غیر این صورت پارکینگ خالی است.

۴-۹- تنظیم اجرای برنامه توسط Cron

با استفاده از Cron می‌توان برنامه نوشته شده در بخش قبل را هر m دقیقه یک بار اجرا کرد. در هر بار اجرا وضعیت پارکینگ را با اجرای قبلی مقایسه کرد و در صورتی که وضعیت تغییر کرده است اطلاعاتی را از طریق اینترنت به یک کامپیوتر مرکزی برای پردازش ارسال کرد.

۴-۱۰- جمع‌بندی

در این فصل توانستیم با استفاده از کامپیوترهای Raspberry Pi و دوربین متصل به آن و با بهره‌گیری از کتابخانه OpenCV یک پردازشگر تصویر بسازیم. این پردازشگر تصویر قادر است تصاویر پارکینگ را در بازه‌های زمانی مشخص پردازش کرده و پر یا خالی بودن پارکینگ را مشخص نماید.

فصل ۵: بررسی روش‌های مختلف در پارکینگ هوشمند

۵-۱- مقدمه:

در فصل قبل با استفاده از بینایی کامپیوتر روشی برای راه اندازی پارکینگ هوشمند پیشنهاد شد. در این فصل قصد داریم که روش پیشنهاد شده را در کنار روش‌های دیگر مورد استفاده برای راه اندازی پارکینگ هوشمند قرار داده و به بررسی آن‌ها بپردازیم.

۵-۲- انواع حس‌گرهای مورد استفاده در پارکینگ هوشمند

حس‌گرهای مورد استفاده در پارکینگ هوشمند را می‌توان در دو دسته نفوذ کننده^۱ و بدون نفوذ^۲ تقسیم‌بندی کرد. حس‌گرهای نفوذ کننده بر روی زمین نصب شده و معمولاً اندکی هم در داخل زمین نفوذ می‌کنند. مثال‌هایی از این حس‌گرها شامل فروسرخ، حلقه‌های القایی^۳، مغناطیس^۴، مقاومت مغناطیسی^۵، لوله‌های جاده‌ای بادی^۶، کابل‌های فیزیوالکتریک^۷ و وزن در حرکت^۸ است.

Intrusive	۱
Non-Intrusive	۲
Inductive Loop	۳
Magnetometer	۴
Magneto-Resistive	۵
Pneumatic Road tubes	۶
Piezoelectric	۷
Weigh-In-Motion	۸

این حس گر ها همانگونه که از نام آن ها پیداست نیاز به کندن زمین دارند که این امر منجر به خرابی کف خیابان می شود. از طرفی در زمان نصب و نگهداری نیاز است جاده بسته شود که این موضوع نیز باعث کندی عبور و مرور و مشکلات ترافیکی خواهد شد. علاوه بر این مشکلات، تأمین توان مصرفی مورد نیاز برای این حس گر ها خود موضوع بسیار مهم و دشواری است.

در طرف دیگر حس گر های بدون نفوذ قرار دارند که سیستم پیشنهادی این پژوهش نیز در این بخش قرار دارد. این حس گر ها شامل رادار مایکروویو، آرایه حس گر های صوتی کنش گر^۱، حس گر کنش گر فرسرخ^۲، RFID، فراصوت و پردازشگر تصویر هستند. بر خلاف حس گر های نفوذکننده این حس گر ها آسیبی به سطح جاده وارد نمی کنند و نصب و راه اندازی آن ها نیز باعث ایجاد ترافیک نمی شود. همچنین این حس گر ها معمولاً بر روی زیرساخت های موجود مانند تیر چراغ برق نصب شده و به راحتی منبع تغذیه خود را تأمین می کند. از طرفی از امنیت بالاتری نیز برخوردار خواهند بود همانگونه که دوربین های کنونی نصب شده در نقاط مختلف شهر این گونه هستند.

۵-۳- حس گر های فرسرخ فعال^۳

حس گر های فرسرخ فعال با انتشار انرژی فرسرخ و شناسایی مقدار انرژی بازتاب شده وسایل نقلیه را شناسایی می کنند. برای افزایش دقت تشخیص تعدادی پرتو^۴ از حس گر منتشر می شود. اما یکی از معایب این حس گر ها این است که نسبت به عوامل محیطی مانند مه و یا برف حساس هستند و این عوامل بر روی عمل کرد دستگاه تأثیر منفی می گذارد.

۱ Passive Acoustic Array Sensors

۲ Inactive Infrared Sensor

۳ Active Infrared Sensor

۴ beam

۵-۴- شناساگرهای حلقه القایی^۱

شناساگرهای حلقه القایی (ILD) حلقه‌های سیمی در سائزهای مختلف و دارای سیگنال‌هایی با بسامد^۲هایی بین ۱۰ تا ۵۰ کیلوهرتز هستند. بسامد نوسان^۳ حلقه القایی به طور مستقیم توسط ظرفیت القاء مغناطیسی^۴ حلقه کنترل می‌شود که این ظرفیت در حضور وسایل نقلیه تغییر می‌کند. این سیستم حس‌گر خود را به عنوان یک فناوری کامل و شناخته شده ثابت کرده است. همچنین انعطاف پذیری این سیستم امکان استفاده از آن را در موقعیت‌های مختلف ایجاد می‌کند. مناطق تحت پوشش می‌تواند به راحتی با اضافه کردن حلقه‌های بیشتر گسترش داده شود. در مقایسه با سایر روش‌های مورد استفاده، ILD بیشترین دقت را برای داده‌های شمارشی فراهم می‌کند.

در کنار تمامی مزایای این روش، شناساگرهای حلقه القایی معایبی نیز دارد. هزینه نگهداری این حلقه‌ها بالاست و این امر باعث شده است که استفاده از ILD مقرون به صرفه نباشد. علاوه بر اینکه برای پوشش یک منطقه خاص لازم است از چندین حلقه استفاده شود هر کدام از این حلقه‌ها نیز به دلیل فشارهای ترافیکی و گرما در معرض ساییدگی و پارگی قرار می‌گیرند. همچنین دقت شناسایی زمانی که تنوع وسایل نقلیه مورد شناسایی افزایش پیدا می‌کند تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اگرچه گفته می‌شود که این حلقه‌ها در برابر بارندگی، مه و برف حساس نیستند اما این حلقه‌ها به عناصری مانند آب حساس هستند، به ویژه زمانی که سطح جاده دارای بریدگی باشد.

۱ Inductive Loop Detector

۲ Frequency

۳ Oscillation

۴ Inductance

۵-۵- مغناطیس سنج (مغناطیس سنج Fluxgate)

مغناطیس سنج‌های Fluxgate با شناسایی انحراف^۱ (مغناطیس خلاف قاعده) در میدان مغناطیسی عمودی و افقی زمین کار می‌کند. این حس‌گرها دارای مزایایی هستند. از جمله اینکه به برف و باران و مه حساس نیستند. همچنین نسبت به حلقه‌های القایی در برابر فشارهای ترافیکی آسیب‌پذیری کمتری دارند. البته این حس‌گرها معایبی نیز دارند. از جمله اینکه نیاز است تعداد زیادی از آن برای پوشش دادن یک مسیر در جاده کار گذاری شود. همچنین برای تشخیص دقیق لازم است که فاصله آن‌ها تا وسیله نقلیه کم باشد.

۵-۶- مغناطیس سنج (مغناطیس سنج القایی)

این نوع از حس‌گرها وسایل نقلیه را با شناسایی تغییر در شارهای مغناطیسی که در اثر حرکت وسایل نقلیه مطابق با قانون فارادی ایجاد می‌شود شناسایی می‌کنند. مانند مغناطیس سنج‌های Fluxgate حس‌گرهای القایی نیز به برف و باران و مه حساس نیستند و در برابر فشارهای ترافیکی هم آسیب‌پذیری کمتری دارند. برای شناسایی وسایل نقلیه پارک شده این حس‌گرها به پیکربندی خاص و نرم‌افزار ویژه‌ای نیاز دارند. در حالی که این حس‌گرها از نوع حس‌گرهای نفوذ کننده محسوب می‌شوند اما انواعی از آن بدون نیاز به نفوذ در سطح جاده قابل نصب است.

۵-۷- حس‌گرهای مقاومت مغناطیسی

این نوع حس‌گرها شامل حس‌گرهای ناهمسانگرد مقاومت مغناطیسی^۲ (AMR)، حس‌گرهای مقاومت مغناطیسی عظیم جثه^۳ (GMR)، حس‌گرهای اتصال تونل مغناطیسی^۴، مقاومت مغناطیسی فوق‌العاده^۵ و مقاومت

۱ Perturbation

۲ Anisotropic Magnetoresistance Sensor

۳ Giant Magnetoresistance Sendor

۴ Magnetic Tunnel Junction Sensor

۵ Extraordinary Magnetoresistance

مغناطیسی بالستیک^۱ هستند که به سادگی با فراهم کردن یک جریان ثابت انرژی مورد نیاز آن‌ها تأمین می‌شود. این حس‌گرها کوچک و سبک هستند که باعث گسترده شدن دامنه استفاده از آن‌ها می‌شود. در گستره دمایی بین ۵۵- تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد قادر به فعالیت و هزینه آن نیز کم است. با این حال تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که این نوع حس‌گرها به موقعیت و جهت قرارگیری حس‌گر در سطح جاده حساس است.

۵-۸- حس‌گرهای فیزیوالکتریک

حس‌گرهای فیزیوالکتریک از مواد پردازش شده ویژه ساخته شده‌اند که می‌توانند انرژی جنبشی را که در اثر فشار مکانیکی و لرزش ایجاد می‌شود به انرژی الکتریکی تبدیل کنند. این حس‌گرها می‌توانند عملیات تفکیک وسایل نقلیه و سرعت‌سنجی آن‌ها را نیز با هزینه ای معادل هزینه ILD ها انجام دهند. از معایب این حس‌گرها هم می‌توان به حساسیت آن‌ها در برابر گرما و فشارهای ترافیکی اشاره کرد. همچنین اینکه تعداد زیادی از آن‌ها برای پوشش یک منطقه مورد نیاز است.

۵-۹- لوله‌های جاده‌ای بادی

این لوله‌ها وسایل را از طریق فشار هوایی که در اثر عبور وسیله نقلیه و یا توقف آن بر روی لوله ایجاد می‌شود شناسایی می‌کنند. این فشار هوا با بستن یک سویچ باعث ایجاد سیگنال می‌شود. این حس‌گرها به سرعت و با هزینه کم قابل نصب هستند اما دقت آن‌ها پایین است. همچنین امنیت کمی دارند و نسبت به دما حساس هستند.

۵-۱۰- حس گر های وزن در حرکت

این نوع حس گر ها می توانند وزن وسیله نقلیه را شناسایی کنند. چهار فناوری مورد استفاده در حس گر های وزن عبارتند از صفحه خم^۱، فیزیوالکتریک، لودسل^۲ و کفی خازنی^۳. هر یک از حس گر های وزنی دارای معایت و مزایای خاص خود هستند. در حالی که صفحه خم در مقایسه با سیستم حس گر های وزنی فیزیوالکتریک دقیق تر و پرهزینه تر است، در مقایسه با لودسل ها دقت کمتری دارد اما ارزان تر است. حس گر های کفی خازنی می توانند به هر دو صورت قابل حمل و همیشگی مورد استفاده قرار گیرند اما کمترین دقت را دارا هستند. در بین این سیستم ها لودسل ها دقیق تر است اما گرانترین نیز هست. ارزان ترین نوع حس گر ها سیستم های فیزیوالکتریک است اما این سیستم ها به آب و هوا و گوناگونی سرعت حساس هستند. تمامی این سیستم ها هر ۳ تا ۵ سال باید تعویض یا نوسازی شوند.

۵-۱۱- رادار مایکروویو

رادار مایکروویو از طریق یک آنتن انرژی بین ۱ تا ۳۰ گیگاهرتز منتشر می کند و وسایل نقلیه را با انرژی بازتاب شده به سمت آنتن شناسایی می کند. دو نوع از حس گر های رادار مایکروویو عبارتند از: رادار موج پیوسته^۴ (CW) و رادار موج پیوسته اف ام (FMCW). یکی از مزایای رادار مایکروویو این است که این نوع رادارها نسبت به تغییرات آب و هوایی حساس نیستند. همچنین با استفاده از آنها می توان مسیرهای متفاوتی را پوشش داد و همچنین سرعت وسایل نقلیه را جمع آوری کرد. در بین این مزایا یکی از معایب حس گر های داپلر^۵ این است که برای شناسایی وسایل متوقف شده باید از حس گر های کمکی استفاده شود.

۱ Blending Plate

۲ Load Cell

۳ Capacitance Mat

۴ Continuous Wave Radar

۵ Doppler

۵-۱۲- حس گرهای صوتی

حس گرهای صوتی وسایل نقلیه را از طریق انرژی صوتی و یا صداهای قابل شنیدنی که توسط وسایل تولید می شود با استفاده از میکروفن هایی که برای شناسایی وسایل نصب شده است شناسایی می کنند. از مزایای این روش می توان به شناسایی چند مسیر متفاوت تنها با یک حس گر در بعضی از مدل ها و همچنین قابلیت شناسایی کنش گر اشاره کرد. این حس گرها نسبت به بارندگی حساس نیستند اما در دمای پایین دقت آن ها کاهش پیدا می کند. بعضی از مدل های آن نیز برای شناسایی وسایل نقلیه در حال حرکت با سرعت کم در ترافیک متوقف شده و یا در حال حرکت مناسب نیستند.

۵-۱۳- حس گرهای فروسرخ کنش گر

این حس گر ها پر و یا خالی بودن پارکینگ را با شناسایی تغییر در انرژی منتشر شده توسط وسیله نقلیه و جاده ها تشخیص می دهد. با وجود اینکه این حس گرها می توانند در محیط های چند منطقه ای برای شناسایی سرعت وسایل نقلیه مورد استفاده قرار گیرند اما حساسیت آن ها در بارندگی شدید و برف و مه غلیظ کاهش پیدا می کند. علاوه بر این مدل های خاصی از آن برای شناسایی حضور وسایل نقلیه مناسب نیستند.

۵-۱۴- حس گرهای فراصوت

حس گرهای فراصوت شکل موج های پالس بین ۲۵ تا ۵۰ هرتز به سطح جاده منتشر می کند و سپس انرژی برگشت داده شده از سطح جاده را شناسایی می کند. در کنار ماژول پردازش تصویر، انرژی فراصوت بازگشت داده شده تحلیل می شود تا پر و یا خالی بودن پارکینگ تشخیص داده شود. با استفاده از این حس گرها می توان وسایل نقلیه ای را که از ارتفاع خاصی تجاوز می کند شناسایی کرد. همچنین می توان از یک حس گر برای شناسایی چندین مسیر استفاده کرد. سهولت نصب این نوع حس گر ها هم یکی دیگر از مزایای استفاده از آن ها است. در کنار این

مزایا معایبی نیز وجود دارد. تلاطم شدید آب و هوایی و تغییرات دما بر روی عمل کرد این حس گر ها تأثیر منفی می گذارد.

۵-۱۵- پردازشگر ویدیویی تصویر

یک پردازشگر ویدیویی تصویر از یک یا بیشتر از یک دوربین، نرم افزار تفسیر تصویر و کامپیوتر مبتنی بر ریزپردازنده برای دیجیتال سازی و پردازش تشکیل شده است. تحلیل های دقیق از قاب های متوالی گرفته شده توسط پردازشگر ویدیویی تصویر می تواند در شناسایی وسیله مورد استفاده قرار گیرد. این کار با شناسایی تفاوت های بین قاب های متوالی تصویر قابل انجام است.

از مزایای این روش می توان سادگی نصب و مدیریت آن ها اشاره کرد. علاوه بر این بعضی از پارکینگ ها از قبل به دوربین مجهز شده اند. با بهره گیری از یک دوربین واحد می توان مناطق مختلفی را پوشش داد و مناطق تحت پوشش به راحتی قابل حذف و اضافه است. یکی از قابلیت های مهمی که این نوع حس گر ها دارند این است که می توان مناطق تحت پوشش آن ها را برای بهینه سازی به هر نوع شکل هندسی که این مناطق دارند تطبیق داد. همچنین نتایج شناسایی می تواند هم به صورت بلادرنگ و هم به صورت برون خط^۱ پردازش شود.

در کنار این مزایا دوربین های مدار بسته تنها زمانی مقرون به صرف هستند که تعداد زیادی منطقه شناسایی و نور کافی در میدان دید دوربین وجود داشته باشد. شرایط بد آب و هوایی، سایه ها، افکنش^۲ وسایل نقلیه در مسیرهای مجاور، گذار شب و روز و تضاد^۳ بین وسایل نقلیه و آب، دوده و یخ پاره ها بر روی لنز دوربین می تواند عمل کرد دوربین را تحت تأثیر قرار دهد. همچنین حرکت دوربین ها در اثر باد شدید نیز ممکن است نتایج حاصل از دوربین را تحت تأثیر قرار دهد. این دوربین ها در صورتی که سقف پارکینگ خیلی کوتاه باشد ممکن است عمل کرد مناسبی نداشته باشند.

۱ Offline

۲ Projection

۳ Contrast

۵-۱۶- نتیجه گیری

در این فصل حس گرهای مختلفی که در سیستم پارکینگ هوشمند استفاده می شود مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به موارد گفته شده و با توجه به نیازها و ظرفیت های موجود در ایران به نظر می رسد استفاده از بینایی کامپیوتر در شناسایی پر و یا خالی بودن پارکینگ ها می توان روش مناسبی باشد.

این حس گرها با توجه به اینکه از زیرساخت های موجود استفاده می کند هزینه راه اندازی آن پایین است. از طرفی دارای امنیت فیزیکی بالایی است. منبع تغذیه مورد نیاز برای آن نیز به سادگی از طریق زیرساخت های موجود قابل تأمین است.

با توجه به اینکه هدف از این پژوهش، پارکینگ های موجود در خیابان ها است که در یک منطقه نقاط پارک زیادی دارد استفاده از آن مقرون به صرفه است.

فصل ۶: نتیجه‌گیری و کارهای آینده

۶-۱- نتیجه گیری

با افزایش تعداد وسایل نقلیه، مشکلاتی مانند آلودگی هوا و ترافیک و افزایش مصرف سوخت در کنار مشکلات سلامتی روز به روز رو به افزایش است. این مشکلات به زودی به یکی از عوامل تهدیدکننده تبدیل خواهد شد. همانگونه که در کلان شهرها هم اکنون به مشکل بزرگی تبدیل شده است.

بررسی های انجام شده نشان می دهد که در حدود ۳۰ درصد از ترافیک شهری مربوط به ترافیک پارک است. منظور از ترافیک پارک ترافیکی است که در اثر جستجوی رانندگان برای پیدا کردن جای پارک ایجاد می شود. بنابراین استفاده از یک روش مؤثر برای مدیریت پارکینگ های کنار خیابان ضروری به نظر می رسد.

روش های بسیاری برای راه اندازی پارکینگ هوشمند مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از موثرترین این روش ها استفاده از مزایای بینایی کامپیوتر به همراه اینترنت اشیاء است. در این پژوهش توانستیم که با بهره گیری از هر دوی این موارد و با استفاده از کامپیوترهای Raspberry Pi یک روش مناسب برای پیاده سازی پارکینگ هوشمند ارائه دهیم.

روش پیشنهاد شده اگرچه برای رسیدن به مرحله صنعتی راه بسیاری در پیش دارد اما می‌تواند به عنوان یک شروع خوب در جهت رسیدن به سیستم پارکینگ هوشمند بومی باشد.

۶-۲- کارهای آینده

ایده استفاده از بینایی کامپیوتر و اینترنت اشیاء برای راه اندازی پارکینگ هوشمند نیاز به پژوهش‌های فراوانی در آینده دارد که در زیر به مواردی از آن اشاره خواهد شد:

۱- راه‌اندازی یک سرور مرکزی به منظور جمع‌آوری اطلاعات ارسال شده توسط دوربین‌ها و پردازش و ذخیره سازی آن‌ها.

۲- راه اندازی یک نرم‌افزار موبایل و یا واسط تحت وب ساده برای استفاده شهروندان از نتایج پردازش شده.

۳- راه اندازی و یا بهره‌گیری از پردازش ابری^۱ و Big Data

۴- توسعه دوربین‌هایی که در برابر شرایط آب و هوایی و ... مقاومت داشته باشند و در عمل‌کرد کلی سیستم تاثیر منفی به وجود نیاید.

۵- توسعه نرم‌افزار پردازش کننده تصویر

۶- توسعه سیستم مدیریت یکپارچه نقاط پارک

۷- استفاده از روش‌هایی که بدون نیاز به عکس برداری قابلیت پردازش تصویر را داشته باشند به منظور حفظ

حریم شخصی

مراجع

- [1]. Yanfeng Geng, Christos G. Cassandras, “A new *Smart Parking System Infrastructure and Implementation*”, 15th meeting of the EURO Working Group on Transportation, 2012
- [2]. The smart way to park, at <https://www.siemens.com>
- [3]. M.Y.I. Idris , Y.Y. Leng , E.M. Tamil , N.M. Noor and Z. Razak, “*Car Park System: A Review of Smart Parking System and its Technology*”, Information Technology Journal, 2009
- [4] . Ovidiu Vermesan, Peter Friess, “Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems”, River Publishers, 2013
- [5] . Adrian McEwen, Hakim Cassimally, “*Designing the Internet of Things*”, John Wiley and Sons, Ltd., 2014
- [6]. N. Kushalnagar, G. Montenegro, C. Schumacher, “*IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks*”, Network Working Group, August 2007
- [7]. Integrated Smart Parking Solution at <https://www.siemens.com>
- [8]. Sangwon Lee, Dukhee Yoon, Amitabha Ghosh, “*Intelligent Parking Lot Application Using Wireless Sensor Networks*”, Autonomous Networks Research Group University of Southern California, Los Angeles, CA 90089, 2008
- [9]. Brian Underdahl, “*The Internet of Things For Dummies ® , KORE Wireless Edition*”, John Wiley & Sons, Inc., 2014
- [10]. Parking Space Detection with OpenCV and a Raspberry Pi, at <https://www.viget.com/articles/parking-space-detection-with-opencv-and-a-raspberry-pi>
- [11]. Plug & Sense! Smart Parking Technical Guide at <http://www.libelium.com/>

- [12]. Joseph Jeffrey, Roshan Gajanan Patil, Skanda Kumar Kaipu Narahari, Yogish Didagi, Jyotsna Bapat, Debabrata Das, “*Smart Parking System using Wireless Sensor Networks*”, International Institute of Information Technology, Bangalore, 2012
- [13]. Smart Parking at <http://www.happiestminds.com>
- [14]. Brandon Garcia, Wei Ling Heng, Sebastian Lobo, & John Wu, “*The Smart Parking System (SPS)*”, Revolutionizing the parking experience, 2013

واژه نامه

بخش الف: واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

Sensor Array AcousticPassive.....	آرایه حس‌گرهای صوتی کنش‌گر
Threshold.....	آستانه
Cloud.....	ابر
Inductance.....	القاء مغناطیسی
Perturbation.....	انحراف
Internet Of Things.....	اینترنت اشیاء
Non-Intrusive.....	بدون نفوذ
Wireless.....	بی‌سیم
Computer Vision.....	بینایی کامپیوتر
Smart Parking.....	پارکینگ هوشمند
Beam.....	پرتو

Modular.....	پیمانه‌ای
Topology.....	توپ
Sensors RadarOverhead.....	حس گرهای راداری هوایی
LoopInductive.....	حلقه القایی
Built-In.....	درون ساخت
Ecosystem.....	زیست بوم
Actuator.....	عمل گر
Interface ProgrammingApplication.....	فاصل برنامه نویسی کاربردی
SonicUltra.....	فراصوت
Infrared.....	فروسرخ
SpotParking.....	فضای پارکینگ
Technology.....	فناوری
Tubes RoadPneumatic.....	لوله های جاده ای باریک
Sensor-Based.....	مبتنی بر حس گر
Permit.....	مجوز دادن
ComputingUbiquitous.....	محاسبات فراگیر
ComputingAmbient.....	محاسبات محیطی
Magnetometer.....	مغناطیس
Magnetic.....	مغناطیسی
Magneto-Resistive.....	مقاومت مغناطیسی
Intrusive.....	نفوذ کننده

Oscillation.....	نوسان
Weigh-In-Motion.....	وزن در حرکت

بخش ب: واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

Actuator.....	عمل‌گر
Computing Ambient.....	محاسبات محیطی
Interface Programming Application.....	فصل برنامه‌نویسی کاربردی
Beam.....	پرتو
Built-In.....	درون ساخت
Cloud.....	ابر
Computer Vision.....	بینایی کامپیوتر
Ecosystem.....	زیست‌بوم
Inductance.....	القاء مغناطیسی
Loop Inductive.....	حلقه القایی
Infrared.....	فروسرخ
Internet Of Things.....	اینترنت اشیاء
Intrusive.....	نفوذ کننده
Magnetic.....	مغناطیسی
Magneto-Resistive.....	مقاومت مغناطیسی
Magnetometer.....	مغناطیس

Modular.....	پیمانه‌ای
Non-Intrusive.....	بدون نفوذ
Oscillation.....	نوسان
Sensors RadarOverhead.....	حس گرهای راداری هوایی
SpotParking.....	فضای پارکینگ
Sensor Array AcousticPassive.....	آرایه حس گرهای صوتی کنش گر
Permit.....	مجوز دادن
Perturbation.....	انحراف
tubes RoadPneumatic.....	لوله‌های جاده‌ای باریک
Sensor-Based.....	مبتنی بر حس گر
Smart Parking.....	پارکینگ هوشمند
Technology.....	فناوری
Threshold.....	آستانه
Topology.....	توپ
ComputingUbiquitous.....	محاسبات فراگیر
SonicUltra.....	فراصوت
Weigh-In-Motion.....	وزن در حرکت
Wireless.....	بی سیم



Payam Noor University
North Tehran Center
Faculty of Engineering

Thesis for Bachelor's Degree in Computer Engineering

Title:

Smart Parking
Using Internet of Things

Seyed Mohammad Mahdi Hoseini Niya

To:

Department of Information Technology

Supervisor:

Mr . Seyed Ali Razavi

Jan 2023