

سیستم برخط نظارت بر مصرف برق

آریا جوانی

دانشگاه صنعتی اصفهان

Javaniaria@gmail.com

۰۹۱۳۸۲۸۸۴۳۶

علیرضا صالحی حسین آبادی

دانشگاه صنعتی اصفهان

ARSH9731@yahoo.com

۰۹۱۳۴۰۶۲۷۱۱

۱. مقدمه

تولید انرژی یکی از چالش های بزرگ اقتصادی و مهندسی حال حاضر جهان که علی رقم سرمایه گذاری های هنگفت در آن همچنان مشکلات زیادی را به همراه دارد. برای رفع این مشکل میتوان روش های تولید انرژی و فناوری های این زمینه را بهبود داد ولی یک راه حل دیگر بهینه سازی مصرفی انرژی و گرفتن بازده بالاتر از امکانات موجود است. به عنوان مثال در ایالات متحده ۷۰٪ برق مصرفی کل کشور در بخش ساختمانی است و به همین دلیل طبیعی است که سرمایه زیادی برای بهینه سازی این بخش اختصاص داده شود. برای حرکت در این مسیر اولین گام داشتن دیتا در این زمینه است تا بتوان با استفاده از تحلیل آن ها مشکلات موجود در الگوی مصرف و در نتیجه راه حل آن ها را پیدا کرد.

۲. معرفی

این گزارش راه حلی در زمینه IOT برای به دست آوردن دیتای برق شهری است. که در دوبخش شهر و داخل خانه سیستمی را با توجه به حجم دیتای موجود، سرعت مورد نیاز، تاخیر و هزینه ارائه می دهد.

سیستم مورد نظر از دو بخش خانگی و شهری تشکیل شده است. در این قسمت به بخش شهری (شبکه شهری) می پردازیم.

۳. کاربرد و انواع دیتا

از این سیستم میتوان برای دریافت دیتای برق مصرفی هر خانه به صورت real time استفاده کرد. این دیتا ارزش آنالیزی زیادی دارد از جمله:

- پیش بینی مقدار مصرف در آینده و در نتیجه اختصاص سرمایه مورد نیاز برای رسیدن به مقدار انرژی مورد نیاز
- بررسی کیفیت ساختار شبکه برق شهر و یافتن بهتر ایرادات آن
- یافتن مشکلات پیش آمده در مناطق مختلف
- کشف برق دزدی

دیتای دیگری که این سیستم به مرکز میرساند دیتای جزئی تری راجع به مصرف برق هر خانه میباشد به طور مثال دریافت اطلاعات مربوط به مصرف دستگاه هایی خاص مانند یخچال یا به طور مثال تفکیک برق مصرفی در آشپزخانه و اتاق ها.

بخش دیگر این دیتاها دیتایی است که مورد استفاده کاربر خانگی است که شامل:

- دریافت اطلاعات برق خانه خود به تفکیک هر پریز
- دریافت و اطلاع از ضریب هزینه ای که برق در آن زمان خاص دارد
- در کاربرد های پیشرفته تر ارتباط دستگاه های برقی دارای IOT با شبکه برق شهری

۴. شبکه شهری

۴.۱. تکنولوژی ارتباطی

در شبکه شهری، کنتور از LoRa استفاده می کند. هر نود (گره) نوع C است و هر پانزده دقیقه یک بار پیام up-link ارسال می شود که شامل برق مصرفی کل است. پیام down-link بسته به تغییر ضریب هزینه مصرف برق ارسال می شود که حتماً باید از پروتکل TCP برای آن استفاده شود زیرا رسیدن آن به سیستم ضروری است و در صورت نرسیدن از شبکه پشتیبان NB-IOT استفاده می شود در صورت شکست خوردن آن نود دچار مشکل در محاسبه هزینه هزینه می شود در حالی که پیام up-link جنبه حیاتی ندارد و در صورت نرسیدن هم به دلیل اینکه هر دفعه مقدار کل ارسال می شود و در پانزده دقیقه اختلاف چشم گیری وجود ندارد مشکل خاصی به وجود نمی آید ولی در صورت دریافت نکردن up-link به مدت طولانی و همچنین شکست خوردن شبکه پشتیبان، آن را به عنوان اشکال در آن نود تلقی می کنیم علاوه بر استفاده از LoRa به عنوان تکنولوژی ارتباطی اصلی از NB-IOT برای پشتیبانی در مواقع اختلال در LoRa، و همچنین ارسال دیتای (اطلاعات) دقیق تر پریزها که حجم بیشتری دارند تنها تعداد دفعات کمی در روز (یک یا دو مرتبه در روز) ارسال می شوند استفاده می کنیم.

۴.۲. دیتای شبکه

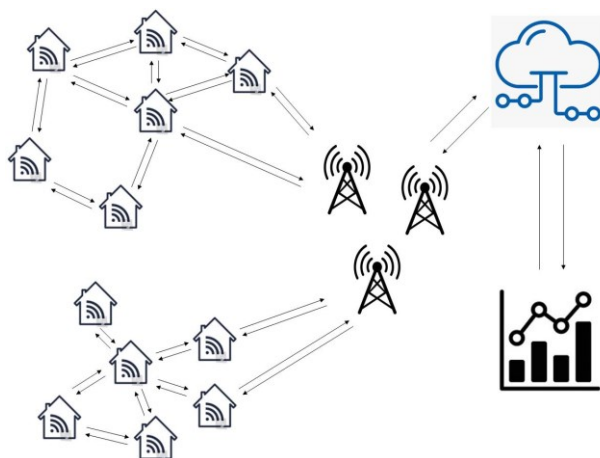
برای کم کردن حجم پیام ها در سیستم Lora تمامی نودها مستقیم به دکل دیتا (اطلاعات) ارسال نخواهند کرد. بنابراین یک شبکه بین کنتورها ایجاد کرده به نحوی که هر پیام ارسالی به LoRa اطلاعات نود های شبکه را در یک پکت (بسته) قرار می دهیم. به دلیل این که تنها یک عدد برای هر کنتور نیاز است می توان در هر پیام تعداد اطلاعات تعداد زیادی نود را قرار داد از آنجایی که در LoRa ما ۲۴۳ بایت فضا در هر پیام برای ارسال در اختیار داریم میتوان برای هر کنتور ۴ بایت اختصاص داد که در این ۴ بایت، مقدار مصرفی برق قرار میگیرد. کد کنتور ها به صورت ها نیز از همان مک آدرس آن ها استخراج می شود که به عهده لایه های پایین تر است. به این روش میتوان بین چهل تا پنجاه کنتور را در هر پیام جا داد و مقداری فضای اضافی هم برای مواردی مانند کد منطقه، امنیت و دیتا های تکمیلی باقی می ماند.

در هر روز نیز یک یا دو بار پیام شامل دیتاهای (اطلاعات) جداگانه و متمایز پریزها با سیم کارت توسط هر نود (گره) به طور جداگانه ارسال می شود.

دیتا دریافتی شبکه شامل ضریب مصرف فعلی برق به این معنی که هزینه اولیه انرژی مصرفی در آن زمان ضرب در این ضریب می شود. این دیتا نیز می تواند به چند نود ارسال شده و به بقیه نود ها از طریق آن چند نود فرستاده شود.

۴.۳. ساختار شبکه

بین گروه کنتور هایی که قرار است دیتای خود را در یک پیام بفرستند یک شبکه مش (mesh) ایجاد می شود. همانطور که گفته شد اطلاعات تعدادی از نود ها توسط در یک پیام ارسال قرار می گیرد البته فقط با یک نود ارسال نشده و برای افزایش اطمینان دو یا سه نود آن پیام را ارسال می کنند. نود های فرستنده پیام نهایی به صورت داینامیک انتخاب می شوند و هر نود با توجه به شرایط میتواند ارسال کننده نهایی به LoRa باشد. بین هر چهل تا پنجاه نود (اگر محدودیت فاصله ایجاد شد تعداد کمتر) لازم است یک شبکه تشکیل شده تا دیتای (اطلاعات) آن ها بین هم پخش شده و نود های نهایی آنها را ارسال کنند. در شبکه بین کنتورها از wifi استفاده می کنیم زیرا فاصله بین کنتورهای خانه ها کم است و مشکل انرژی نیز وجود ندارد. همچنین زمان زیادی بین ارسال هر پیام داریم (۱۵ دقیقه بین هر پیام) بنابراین می توانیم هر نوع پروتکل مسیریابی ای را استفاده کنیم.



شکل ۱: شبکه بین کنتور ها

۵. شبکه خانگی

در این بخش به بخش دوم سیستم مورد نظر یعنی بخش خانگی می پردازیم .

در شبکه خانگی در شبکه‌ای ستاره‌ای از پریزها به عنوان نودهای (گره های) فرستنده و گیرنده دیتا (اطلاعات) استفاده می شود (end device) و کنترل نقش نود مرکزی (pan_coordinator) را دارد . در صورت امکان اعمال سیستم در هنگام ساخت اولیه خانه میتوان سیستم را به صورت wired پیاده سازی کرد که کارها بسیار ساده تر خواهند شد و در غیر این صورت می توان از 15.4 و Zigbee برای ساخت شبکه استفاده نمود که به دلیل وجود پریز برق دچار مشکل انرژی نبوده و چالشی برای انتخاب پروتکل شبکه وجود ندارد .

در پیاده سازی پریزها می توان یک واسط میان سیم های قبل از پریز با هدف استفاده در موارد زیر قرار داد :

۱. اندازه گیری جریان

۲. تأمین انرژی نودها (گره ها)

در صورت امکان پذیر نبودن قرار گیری واسط در سر سیم های قبل از پریز می توان با استفاده از سنسور هال (شکل ۴) جریان سیم را بدون نیاز به اتصال به آن اندازه گرفت و انرژی مختصری هم برای نود تولید کرد که در این صورت ممکن است مقدار کمی به مشکل انرژی برخورد کنیم ولی در حد اختلال در سیستم نخواهد بود .

نود ها (گره ها) انرژی مصرفی در هر یک دقیقه را به کنترلر ارسال می نمایند و قادر خواهند بود پیام قطع یا وصل شدن برق پریز را از کنترلر دریافت نموده و با استفاده از سوییچی (کلیدی) که قبل پریز قرار داده شده است آن را قطع بنمایند. (مانند محافظ برق)

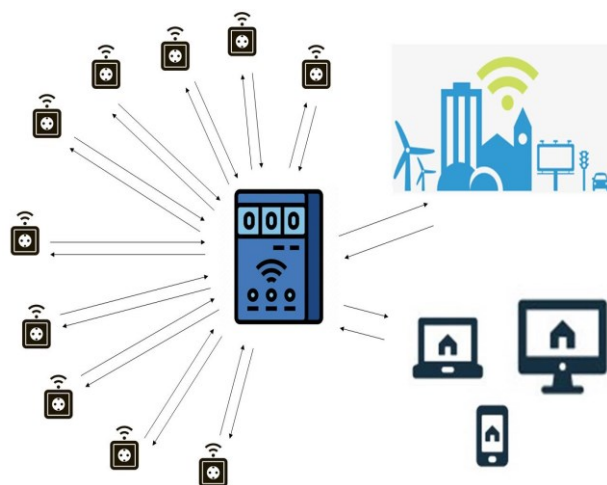


شکل ۲: نمونه واسط پریز برق با صفحه نمایش



شکل ۳: ماژول zigbee برای پریز

در زیر هم تصویری از سنسور هال (Hall) که برای اندازه گیری جریان در سیم استفاده می شود نشان داده شده است . این سنسور در بین یک تقویت کننده میدان مغناطیسی که میدان دور سیم را متمرکز می کند ، قرار می گیرد و جریان را با استفاده از اثر هال (Hall effect) به دست می آورد .



شکل ۵: شبکه داخل خانه

۶. آنالیز دیتای مصرف انرژی شهری

در گذشته جمع آوری دیتا مصرف خانه و ساختمان های یک شهر کار بسیار دشواری بود و هیچگاه فراهم آوردن دیتاست (dataset) هایی بزرگتر از چند صد خانه امکان پذیر نبود که scale بسیار کوچکی است و با گستردگی هرچه بیشتر استفاده انرژی دید و شهود بسیار محدودی می توان از آنالیز آنها به درست آورد ولی با استفاده از کنتور های هوشمند برای مصارف برق و گاز دیتاست های بزرگ شهری که هم دیتا انرژی مصرفی کل شهر و هم خانه ها به طور خاص را دارند در دسترس قرار گرفتند

از این دیتاستها می توان اطلاعات بسیاری مانند تاثیر هوا بر مصرف انرژی و یا تاثیر سایز ساختمان و سن آن را بر مصرف انرژی به دست آورد. به عنوان مثال در شرایط بد آب و هوایی در تابستان مصرف انرژی تا ۳۶٪ در یک تابستان گرم و تا ۱۱.۵٪ در یک زمستان سرد باعث افزایش می شود.

در ادامه خلاصه ای از تحقیق بر دیتا (اطلاعات) ۱۴۸۳۶ کنتورهای هوشمند برق و گاز که در یک مدت ۱۵ ماهه و فواصل ۵ دقیقه ای برای برق و ۱ ساعتی برای گاز در منطقه NewEngland آمریکا تهیه شده را بر یک فاکتور تاثیر گذار ارائه می دهیم.



شکل ۴: تصویر سنسور هال

در نهایت تمامی اطلاعات به کنتور ارسال می شود. کنتور دارای نمایشگری لمسی است و قابل تعامل است که مقدار برق مصرفی و هزینه را بر اساس ضریب هزینه های دریافتی از اداره برق به کاربر نشان می دهد. به وسیله بلوتوث گوشی نیز می توان با کنتور اتصال برقرار کرد و اطلاعات بیشتری مانند:

- برق مصرفی هر پریز
- مصرف ماهانه دستگاه ها
- دستگاه ها بهینه مصرف می کنند یا خیر
- اطلاع از زمان های قطع بودن پریزها
- اطلاع از زمان های وجود اشکال در پریزها

را به دست آورد و کارهایی مانند:

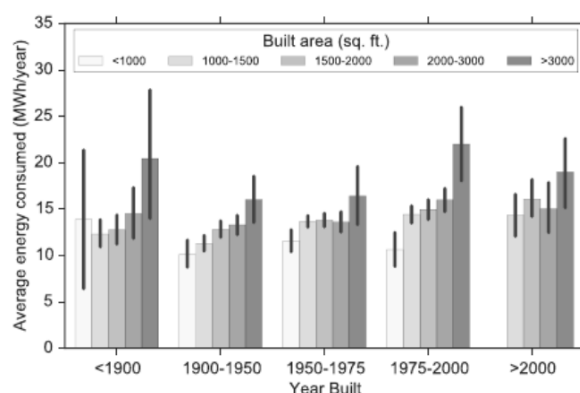
- دستور خاموش کردن پریزها
- دستور روشن کردن پریزها
- دادن برنامه برای خاموش کردن پریزها در زمان مشخص

کاربر برای تولید دیتا (اطلاعات) دقیق تر برای خود و اداره برق باید مشخص بنماید که هر پریز به چه وسیله ای متصل است و یا هر پریز در چه بخشی در خانه قرار دارد (آشپزخانه یا ...).

۱.۶. تاثیر ساييز و سن ساختمان

به طور کلی می توان گفت خانه های بزرگتر انرژی بیشتری مصرف کرده و از لحاظ سن خانه های قدیمی تر به خاطر فرسودگی انرژی بیشتر و خانه های جدید تر به دلیل بهینه سازی انرژی (energy-efficient)، انرژی کمتری مصرف می کنند. البته خانه های قدیمی نیز با بازسازی و ترمیم می توانند تا حد بسیار زیادی مصرف را پایین بیاورند. در این مطالعه سن خانه ها دهه ی ساخت آنها و مساحت آنها در بازه های کمتر ۱۰۰۰ مربع، بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰، بین ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰، بین ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ و بزرگتر از ۳۰۰۰ دسته بندی شده اند. خطوط خطا (error bars) نشان دهنده واریانس (variance) در مصرف انرژی هر گروه هستند. در بعضی از خانه های بسیار قدیمی این خطا بسیار زیاد است زیرا بسیاری از آنها بازسازی و ترمیم شده و دارای مصرف بهینه هستند.

از داده های به دست آمده برای خانه های با ساييز يکسان می فهمیم که خانه های جدید تر با ساييز يکسان انرژی کمتری مصرف می کنند. از قبل از ۱۹۰۰ تا سال های ۱۹۵۰-۱۹۷۵ می توان این روند کاهش انرژی مصرفی را ملاحظه کرد هر چند بعد از این دوران روند ثابت می شود و حتی کمی افزایش هم مشاهده می شود که دلیل آن استفاده بیشتر انرژی در دنیای مدرن است اما شیب کند افزایش نشان دهنده تاثیر بهینه سازی مصرف است.

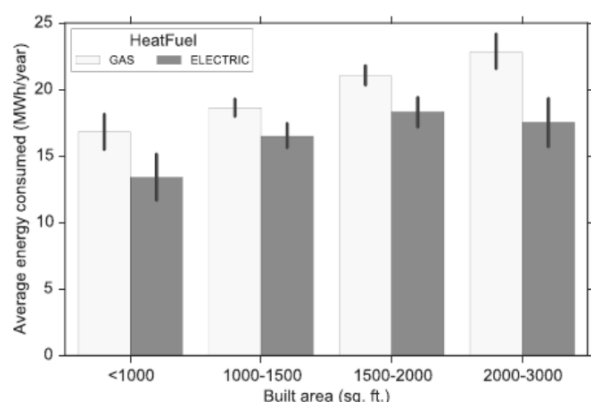


شکل ۶: نمودار مصرف انرژی برحسب سال ساخت برای مساحت های مختلف

در ادامه مقایسه بین خانه های استفاده کننده از گرم کننده گازی در برابر خانه های استفاده کننده از گرم کننده برقی را می بینیم

که به طور جالبی نشان دهنده این حقیقت است که خانه های با گرم کننده های برقی مصرف انرژی کمتری دارند که برای آن می توان دو دلیل بیان کرد:

۱. گرم کننده های گازی معمولاً به صورت مرکزی بوده و کل خانه را گرم می کنند در حالی که گرم کننده های برقی اتاق مورد نظر را تنها گرم می کنند.
۲. گرم کننده های برقی دارای بازده بیشتری نسبت به گرم کننده های گازی هستند.

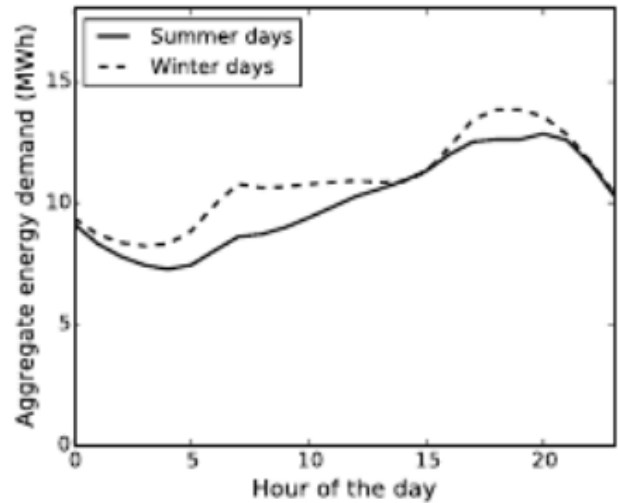


شکل ۷: نمودار انرژی برحسب مساحت برای خانه های استفاده کننده گرم کننده برقی و گازی

۲.۶. تفاوت داده ها

هر چند ما می توانیم از دیتاهای (اطلاعات) دیگر مناطق جهان هم بهره ببریم ولی در بعضی از پارامتر ها جغرافیا و استفاده از منابع مختلف و تکنولوژی نیز تأثیر گذار است. به عنوان مثال در زیر نموداری را نشان داده ایم که در همان تحقیق نشان دهنده مصرف در ساعات مختلف روز در دو فصل تابستان و زمستان است (برای دسته بندی فصول ابتدا ماه ها در نظر گرفته شده و سپس دمای آن روز به عنوان مثال روزی که بیش از حد گرم باشد را نیز تابستان در نظر می گیریم). در نمودار می توان دو پیک مصرف در تابستان را مشاهده می کنیم که به دلیل فعالیت بیشتر مردم و استفاده بیشتر از سرمایش است ولی در زمستان هم نمودار مشابه است زیرا از گرمایش های برقی استفاده شده و از طرفی شهر های شمال شرقی آن منطقه افت دمای زیادی در ساعات خاصی در زمستان تجربه می کنند که با توجه به استفاده بیشتر از گرمایش گازی و همچنین عدم وجود سرمای شدید و در عوض وجود گرمای شدید در کشور ما احتمالاً نمودار به دست آمده در

کشور ما تفاوت عمده ای خواهد کرد و به همین دلیل ما باید سیستم هوشمند را برای به دست آوردن دیتا مناسب شرایط خودمان راه اندازی کنیم .



شکل ۸ : نمودار مصرف بر حسب ساعت های یک شبانه روز برای دو فصل زمستان و تابستان

۷. نتیجه گیری

در این گزارش ما راهکاری برای جمع آوری دیتا(اطلاعات) مصرف برق در ابعاد شهری خانگی ارائه کردیم . در ابتدا ساختار شبکه برای ارسال و دریافت داده از توزیع کننده برق را شرح دادیم و سپس ساختار شبکه داخل خانه برای به دست آوردن دیتا(اطلاعات) مصرف برق خانه به تفکیک پریز ها . در بخش آخر موارد استفاده این دیتاها(اطلاعات) و نمونه ای از آنالیز های انجام شده بر روی دیتاها(اطلاعات) به دست آمده از راهی مشابه را بررسی کرده و اهمیت پیاده سازی این سیستم به صورت بومی را شرح دادیم .

۸. مراجع

- Srinivasan Iyengar, Stephen Lee, David Irwin, and Prashant Shenoy," Analyzing Energy Usage on aCity-scale using Utility Smart Meters",2017.
- مطالب درس مبانی اینترنت اشیاء ترم بهار ۱۴۰۰ دکتر نبی دانشگاه صنعتی اصفهان