

طراحی و ساخت دستگاه نشانگر مصرف برق با قابلیت تبادل اطلاعات با کنتور هوشمند

سیده فاطمه اشرفی - حسام امیری

پژوهشگاه نیرو
ایران - تهران

ویژگی‌های مهم آن برقراری ارتباط با کنتور هوشمند از طریق **Wireless MBus** است.

واژه‌های کلیدی — نشانگر مصرف برق، بهینه سازی مصرف، کنتور هوشمند، الگوی مصرف و **Wireless MBus**.

۱. مقدمه

امروزه میزان اهمیت و پرهزینه بودن تولید انرژی برق با رویکرد کشور به سمت سیاست‌های مطرح در اصل ۴۴ و هدفمندی یارانه‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. نیل به اهداف در نظر گرفته شده در تدوین این سیاست‌ها به عوامل متعددی بستگی دارد که از جمله مهم‌ترین آنها به رویکرد مصرف برق از سوی افراد و میزان اهتمام آنها در جهت اصلاح هر چه بیشتر الگوی مصرف وابسته است. آگاهی بخشی در خصوص الگوی مصرف به افراد و همچنین اجرای تعرفه‌بندی، گام‌هایی در جهت اصلاح الگوی مصرف برق است اما عدم اطلاع مشترکین از میزان مصرف موجب شده است که توفیق مورد نیاز در این زمینه بدست نیاید. وجود سیستم‌هایی که بصورت مداوم میزان مصرف برق و هزینه آن را به مشترک نشان دهد، ضمن دارا بودن توجیه اقتصادی در مواقع لزوم هشدارهای لازم را در این زمینه بدهد گامی مهم در جهت ترغیب مشترکین به استفاده بهینه از مصرف برق و مدیریت نحوه مصرف محسوب می‌شود. مطالعات مختلف در زمینه نشانگر مصرف انرژی منازل مسکونی کاهش انرژی ۵ تا ۱۵ درصد را نشان

چکیده — با توجه به طرح "فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری ملی که در طی چند سال در سطح کشور اجرایی می‌شود سیستم نشانگر خانگی مصرف برق (IHD¹) به عنوان جزئی ضروری در این طرح به‌شمار می‌رود. نشانگر مصرف برق وسیله‌ای کم‌هزینه برای بازخورد میزان مصرف انرژی به مشترک خانگی بصورت زمان حقیقی است. این وسیله میزان مصرف برق که توسط کنتور هوشمند اندازه‌گیری شده از طریق یک واسط انتقال اطلاعات (امواج رادیویی، زوج سیم...) به نشانگر که در منزل و در معرض دید قرار دارد ارسال می‌شود. نشانگر اطلاعات مربوط به میزان مصرف، مبلغ متناسب با مصرف بصورت لحظه‌ای به مشترک نشان داده می‌شود و در مواردی که مصرف برق از مقادیر مجاز فراتر رود به وی هشدار داده می‌شود تا نسبت به بهینه‌سازی و مدیریت مصرف، اقدام نماید همچنین برای برقراری ارتباط با PC جهت اطلاع و مقایسه مصرف در زمان‌های مختلف از نرم‌افزار کاربردی استفاده شده است. از آنجایی که نشانگر مصرف با قابلیت برقراری ارتباط با کنتور هوشمند از طریق **Wireless MBus** در داخل کشور ساخته نشده و به مرحله تولید نرسیده و همچنین با توجه به نیاز روزافزون داخلی به کاهش مصرف انرژی، این تحقیق می‌تواند گامی مثبت در راستای خودکفایی در این زمینه باشد در این مقاله طراحی و ساخت دستگاه نشانگر مصرف برق که در پژوهشگاه نیرو انجام گرفته بررسی شده است که از

¹ In Home Display

- قابلیت محاسبه میزان انرژی مصرفی مشترک و ذخیره سازی آن در حافظه جهت اطلاع و مدیریت صحیح میزان مصرف انرژی برق
- قابلیت نمایش میزان مصرف لحظه ای به همراه بهای برق و نوع تعرفه
- قابلیت نمایش میزان مصرف انرژی روزانه ، ماهیانه و سالیانه به صورت نمودار میله ای و جدول با توجه به تاریخ درخواست شده
- امکان محاسبه بهای برق در بازه زمانی دلخواه با توجه به تعرفه مورد نظر
- تقویم شمسی
- قابلیت اطلاع رسانی میزان مصرف در صورت قرار گرفتن در محدوده های مصرف زیاد، متوسط و کم، توسط LEDهای رنگی
- قابلیت تنظیم آستانه سطوح برای محدوده های مصرف
- قابلیت دریافت، ذخیره سازی و نمایش تعرفه ها با توجه به مناطق عادی، سردسیر و گرمسیر
- قابلیت ذخیره سازی اطلاعات مصرف برای ۱۰۰ سال
- قابلیت اتصال به کامپیوتر و برقراری ارتباط با نرم افزار پیکربندی مدیریت مصرف انرژی از طریق پورت USB

۲.۱. سخت افزار سیستم

- نشانگر مصرف برق بسته به نوع کاربرد آن طوری طراحی شده است تا بتواند نیاز بازار را با توجه به کتورهای هوشمند و غیر هوشمند برآورده سازد. در واقع دو نشانگر طراحی شده عبارتند از:
- نشانگر مصرف برق مستقیم
 - نشانگر مصرف برق رادیویی

این دو نشانگر از لحاظ عملکرد کاملاً شبیه هم هستند فقط چگونگی دریافت اطلاعات مربوط به مصرف در آنها متفاوت است. که در ادامه به ساختار آن ها پرداخته می شود.

۲.۲. نشانگر مصرف برق رادیویی

با وارد شدن سیستم های اندازه گیری هوشمند در شبکه توزیع برق به منظور مدیریت دقیق و بلادرنگ این پهنه وسیع که شامل قرائت دستگاه های اندازه گیری و صدور صورت حساب، کنترل مصرف و قطع و

می دهد. به عنوان مثال در یکی از مطالعاتی که توسط یکی از سازمان های فعال در زمینه مطالعات مانیتورینگ مصرف انرژی در ایالت انتاریو کانادا انجام شده است نشان می دهد که مانیتورینگ انرژی باعث کاهش به میزان ۶/۵٪ در مصرف مشترکین شده است و صرفه اقتصادی محاسبه شده چنان قابل توجه بوده است که نشانگرهای مصرف به رایگان در اختیار مشترکین قرار گرفته است [۱].

از دیر باز ساخت دستگاهی که بتواند اهداف مورد نظر را برآورده سازد مورد توجه قرار داشته است به طوریکه ابتدا گوی های رنگی ساخته شد که با تغییر رنگ مشترک را از میزان مصرف مطلع سازد در واقع اگر مشترک در محدوده های مصرف کم، متوسط و بالا قرار می گرفت به ترتیب رنگ گوی سبز، نارنجی و قرمز می شد در ادامه شرکت های مختلفی از جمله Landis Automation, Inc, Honeywell, Hosiden در ساخت نشانگر مصرف برق خانگی فعالیت داشته اند که محصول هر یک ویژگی های خاص خود را دارا می باشد ولی همگی راه حلی برای کم کردن مصرف انرژی هستند. [۲-۵]

دستگاه نشانگر مصرف خانگی بر حسب نیاز بازار در چند مدل طراحی شده است. چنانچه مشترک کنتور دیجیتال و یا عقربه ای داشته باشد ماجول اندازه گیری مستقیم در مسیر ورودی برق نصب شده و محدوده مصرف را به اطلاع مشترک می رساند، همچنین اگر خانه ای کنتور هوشمند داشته باشد نشانگر خانگی می تواند از طریق سیم یا بی سیم (انتخاب با مشترک) با کنتور هوشمند ارتباط برقرار کند و میزان مصرف و هزینه را به مشترک از طریق صفحه نمایش متنی یا گرافیکی نشان می دهد که با توجه به محدوده های فرکانسی مجاز هر کشور باید بستر مخابراتی مناسب را انتخاب نمود که در این مقاله به چگونگی طراحی و ساخت دستگاه نشانگر مصرف برق که بتواند با کنتور هوشمند و غیر هوشمند ارتباط یابد، پرداخته شده است [۶].

۲. پیاده سازی دستگاه نشانگر مصرف برق

هدف از طراحی و ساخت دستگاه نشانگر مصرف ایجاد یا استفاده از سیستم یکپارچه ای شامل سخت افزار، نرم افزار، می باشد تا اطلاعاتی نظیر محاسبه میزان انرژی مصرفی و ذخیره سازی آن در حافظه جهت اطلاع و مدیریت مصرف، توانایی نمایش مصرف لحظه ای به همراه بهای برق و... به مشترک انتقال دهد. در واقع مشخصات دستگاه نشانگر مصرف برق ساخته شده عبارتند از:

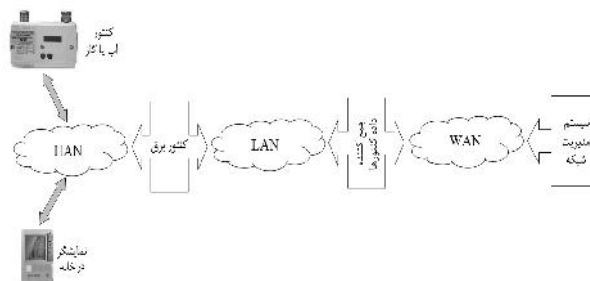
برای ایجاد تبادل داده بی‌سیم با استفاده از تکنولوژی SRD از یکی از دو باند فرکانسی ISM⁴، باند فرکانسی 2.4 GHz یا باند فرکانسی Sub-GHz، استفاده می‌شود. فرکانس مرکزی باند فرکانسی Sub-GHz در کشورها و مناطق مختلف فرق می‌کند. برای برقراری ارتباط در HAN یکی از باندهای فرکانسی مذکور مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورت استفاده از هر باند فرکانسی دیگر باید مجوز لازم از سازمان تنظیم مقررات رادیویی دریافت شود. [۷]

استانداردهایی که در نگاه اول مناسب به نظر می‌رسند عبارتند از ZigBee، Bluetooth، Wireless M-Bus، Z-Wave که با توجه به اینکه سازندگان کتورها در آمریکا و اروپا از ZigBee و Wireless M-Bus در لایه HAN استفاده می‌کنند مقایسه‌ای بین ZigBee و Wireless M-Bus از لحاظ برد ارتباطی و توان مصرفی انجام شد.

امواج با فرکانس بالاتر در هنگام عبور از موانع و یا انعکاس توسط آنها نرخ تضعیف بیشتری را تجربه می‌کنند. به علاوه امواج با فرکانس پایین‌تر در برخورد با موانع خاصیت خم‌شدگی و دور زدن بهتری را از خود نشان می‌دهند. به این ترتیب احتمال بلوکه شدنشان هم کمتر است. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان گفت که تاثیر موانع در یک ارتباط رادیویی در فرکانس‌های پایین کمتر از فرکانس بالا است. بنابراین در محیط‌های موانع‌دار، امواج رادیویی باند فرکانسی Sub-GHz بهتر از امواج رادیویی باند فرکانسی 2.4 GHz منتشر می‌شوند و در نتیجه برد بیشتری دارند.

اگر در محیطی هیچ مانعی وجود نداشته باشد بر اساس معادله فریس⁵، امواج با فرکانس بالاتر در هنگام انتشار در فضای آزاد بیشتر دچار تضعیف می‌شوند. به عنوان مثال در یک فاصله مشخص میزان تضعیف یک سیگنال 2.4 GHz در حدود 8.5 dB از میزان تضعیف یک سیگنال 900 MHz بیشتر است. به این ترتیب سیگنال 2.4 GHz باید حدود 2.67 برابر توان بیشتری مصرف کند تا بتواند همان بردی را داشته باشد که سیگنال 900 MHz دارد. بنابراین می‌توان گفت که در فضای آزاد (بدون حضور موانع) و به ازای یک توان ارسال مشخص امواج با فرکانس پایین‌تر برد بیشتری نسبت به امواج با فرکانس بالاتر دارند. به عبارت دیگر برای رسیدن به یک برد مشخص، امواج با فرکانس بالاتر باید با توان بیشتری ارسال شوند. به همین دلیل در این طرح از Wireless M-Bus جهت برقراری ارتباط با کتور هوشمند استفاده شد.

وصل شدن اتصال مشترکان و... می‌باشد با توجه به طرح فهم نیاز به ساختاری مطابق شکل (۱) است که بتواند نیاز سیستم هوشمند را پیاده سازی کند که نشانگر مصرف برق یکی از بخش‌های آن به‌شمار می‌رود که برقراری ارتباط آن با کتور در لایه Home Area Network انجام می‌شود.



شکل ۱ ساختار سلسله مراتبی سیستم اندازه‌گیری هوشمند

در لایه HAN دو هدف عمده باید محقق شود:

- ۱- کتور هوشمند باید قادر به پشتیبانی قرائت کتورهای دیگر از قبیل کتورهای آب و گاز باشد.
 - ۲- کتور هوشمند باید بتواند از طریق نمایشگری که داخل منزل مشترک تعبیه می‌گردد، پیام‌های لازم (مصرف، ساعت اوج مصرف و ...) را به مشترک ارسال کند.
- در سیستم‌های هوشمند طیف وسیعی از تکنولوژی‌های ارتباطی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد اما در حوزه HAN راهکاری که در نگاه اول مناسب به نظر می‌رسند عبارتند از:

سیستم‌های مبتنی بر تکنولوژی ارتباطی PLC².

سیستم‌های مبتنی بر SRD³.

تکنولوژی PLC می‌تواند از کابل برق موجود در منزل برای انتقال اطلاعات استفاده کند. بنابراین نیازی به راه‌اندازی بستر جدید برای انتقال داده ندارد. برای قرائت کتورهای آب و گاز با استفاده از آن تکنولوژی نیاز است تا این کتورها با خطوط برق ارتباط داشته باشند. با توجه به عدم ایمنی مجاورت خطوط برق با لوله‌های گاز و آب به نظر می‌رسد که استفاده از PLC برای قرائت کتورهای آب و گاز مناسب نیست. به این ترتیب سیستم‌های مبتنی بر SRD انتخاب مناسبی برای قرائت این کتورها محسوب می‌شود.

⁴ Industrial, Scientific and Medical

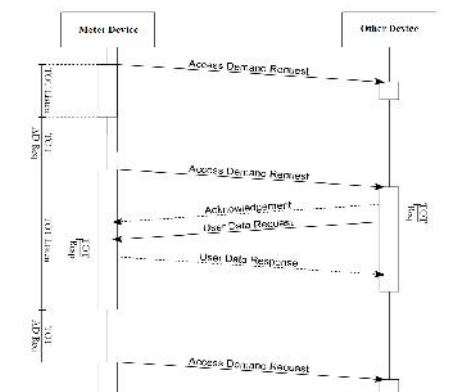
⁵ Friis Equation

² Power Line Carrier

³ Short Range Radio Device

طبق استاندارد دستگاه‌هایی که از Wireless M-Bus برای برقراری ارتباط با هم استفاده می‌کنند، در دو دسته دستگاه‌های اندازه‌گیر^۹ یا دستگاه‌های دیگر^{۱۰} طبقه‌بندی می‌شوند. دستگاه‌های اندازه‌گیر می‌توانند با اجزای دیگر سیستم مثل دستگاه‌های قرائت متحرک، ثابت و جمع‌کننده‌های داده^{۱۱} ارتباط داشته باشند. سه مُد^{۱۲} ارتباطی مختلف برای برقراری ارتباط با یک دستگاه اندازه‌گیر تعریف شده است. مدهای کاری عبارتند از:

مد ارسال متعدد^{۱۳} یا T: در این مد دستگاه اندازه‌گیر مقادیر اندازه‌گیری شده را به طور متناوب به دستگاه‌های دیگر ارسال می‌کند. دوره تناوب از چند ثانیه تا چند دقیقه قابل تنظیم است. اگر از ارتباط یک‌طرفه استفاده شود، فقط داده‌های اندازه‌گیری شده از دستگاه اندازه‌گیر به دستگاه‌های دیگر ارسال می‌شود. که ارتباط دوطرفه T2 نامیده می‌شود در این مد، دستگاه اندازه‌گیر به طور متناوب بسته اجازه دسترسی به دیماند^{۱۴} را ارسال کرده و سپس مدت زمان کوتاهی را منتظر تایید دریافت از طرف مقابل می‌ماند. در صورتی که هیچ تاییدی از طرف مقابل دریافت نشود، دستگاه اندازه‌گیر به حالت بیکاری می‌رود. اما در صورت دریافت تایید از طرف مقابل، یک لینک ارتباطی دوطرفه بین دستگاه اندازه‌گیر و دستگاه دیگر برقرار می‌شود و دستگاه دیگر بسته درخواست دیماند^{۱۵} را برای دستگاه اندازه‌گیر ارسال می‌کند. سپس دستگاه اندازه‌گیر، بسته میزان دیماند^{۱۶} را که حاوی داده‌های اندازه‌گیری شده است را برای دستگاه دیگر ارسال می‌کند. شکل ۲ این فرآیند را نشان می‌دهد. [۸]



شکل ۲- ارتباط دوطرفه در مد T2

⁹ Meters

¹⁰ Others

¹¹ Data Concentrators (DCs)

¹² Mode

¹³ Frequent Transmit Mode

¹⁴ Access Demand Request

¹⁵ User Data Request

¹⁶ User Data Response

M-Bus یا Meter-Bus یک استاندارد اروپایی است که به منظور قرائت از راه دور^۶ کنتورهای برق، آب و گاز تدوین شده است که از دو لایه فیزیکی سیمی (زوج سیم) و بی‌سیم (امواج رادیویی) پشتیبانی می‌کند. نسخه بی‌سیم M-Bus که از باند ISM اروپایی 868MHz استفاده می‌کند، برای جاهایی که نصب نسخه سیمی دارای هزینه زیادی بوده و یا اصلاً امکان‌پذیر نیست، طراحی شده است. این استاندارد به سرعت در اروپا در حال گسترش است و سازندگان کنتورها از این استاندارد ارتباطی در ماژول مخابراتی کنتورهایشان پشتیبانی می‌کنند. البته با توجه به جدول تخصیص فرکانسی در ایران فرکانس 868MHz جزء باند آزاد نمی‌باشد لذا برای پیاده‌سازی Wireless M-Bus در داخل کشور از باند فرکانسی آزاد که 433MHz استفاده کرد.

یک دیگر از پارامترهای مهم در لایه HAN توپولوژی‌های قابل پیاده‌سازی در Wireless M-Bus جهت برقراری ارتباط بین کنتور برق و کنتور آب، گاز و نشانگر مصرف است.

در حال حاضر با توجه به نبود الگوریتم‌های مسیریابی مناسب برای Wireless M-Bus امکان پیاده‌سازی توپولوژی‌های کارآمد و پیچیده‌ای مثل توپولوژی مش^۷ وجود ندارد. توپولوژی‌های قابل پیاده‌سازی عبارتند از:

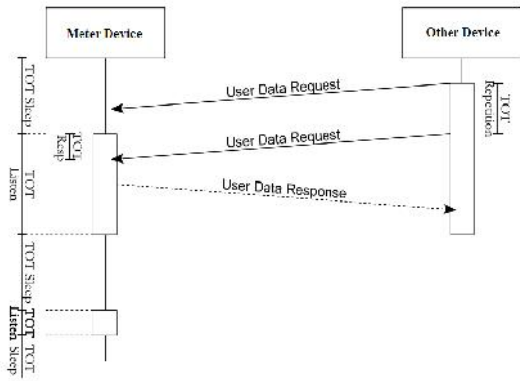
توپولوژی نقطه به نقطه (Point-To-Point): در این توپولوژی هر دو گره (ماژول مخابراتی) دلخواه با یکدیگر تبادل داده دارند. این دو گره باند در رنج رادیویی هم باشند. سایر گره‌های موجود در شبکه هیچ نقشی در این ارتباط ایفا نمی‌کنند.

توپولوژی ستاره (Star): در این توپولوژی یک گره مرکزی وجود دارد. بقیه گره‌ها (گره‌هایی که در رنج رادیویی گره مرکزی هستند) فقط می‌توانند با این گره مرکزی ارتباط برقرار کرده و با او به تبادل داده بپردازند. در این حالت هر گره‌ای با کمک گره مرکزی می‌تواند با سایر گره‌های غیر مرکزی نیز ارتباط برقرار کرده و با آنها به تبادل داده بپردازد. این توپولوژی می‌تواند به صورت یک سیستم رئیس و مرئوس^۸ هم تعبیر شود. در این توپولوژی گره مرکزی می‌تواند کنتور برق و بقیه گره‌ها می‌توانند کنتورهای آب، گاز و نمایشگر در خانه باشند.

⁶ Remote Reading

⁷ Mesh Topology

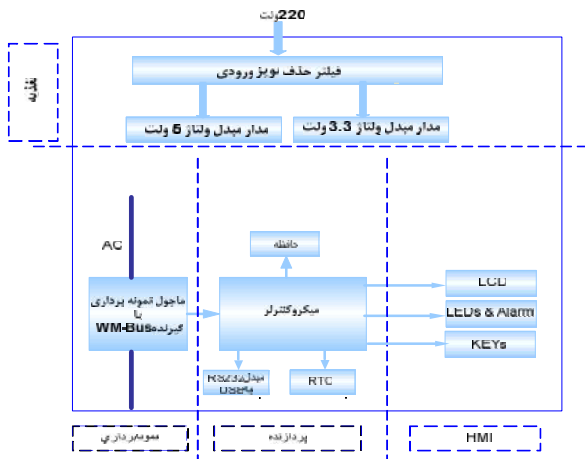
⁸ Master-Slave



شکل ۴- ارتباط دوطرفه در مد R2

با توجه به مطالب بیان شده دستگاه نشانگر مصرف برق طوری طراحی شده تا متناسب با طرح فهم بتواند نیاز کشور را در این زمینه برآورده سازد شکل ۵ بلوک دیاگرام کلی دستگاه نشانگر مصرف برق مستقیم و رادیویی را نشان می‌دهد که تنها تفاوت آن در بخش نمونه‌برداری است. در واقع این سیستم دارای چهار بخش اساسی است:

- گیرنده رادیویی در مورد کنتورهای هوشمند و اندازه‌گیری مستقیم در مورد کنتورهای غیر هوشمند (نمونه برداری)
- پردازش اطلاعات به مشترک
- نمایش اطلاعات و ارتباط با کاربر
- نرم‌افزار پیکربندی جهت ارتباط با دستگاه نشانگر مصرف



شکل ۵- بلوک دیاگرام کلی دستگاه نشانگر مصرف در طراحی بخش دریافت اطلاعات از کنتور هوشمند از یک گیرنده رادیویی Wireless Mbus استفاده شد تا بتواند به‌درستی اطلاعات کنتور را دریافت کند. شکل ۶ سخت افزار گیرنده رادیویی را نشان می‌دهد.

¹⁷ Stationary Mode

¹⁸ Wake-up Signal

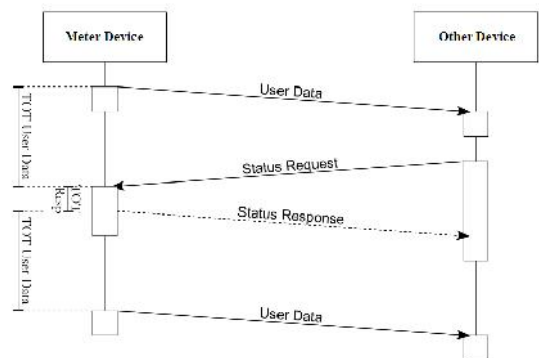
¹⁹ Sleep

²⁰ Frequent Receive Mode

²¹ Frequency Division Multiplexing (FDM)

²² Wake-up Declaration Frame

مد ایستا^{۱۷} یا S: در این مد دستگاه اندازه‌گیر چند بار در روز داده‌های اندازه‌گیری شده را به دستگاه‌های دیگر ارسال می‌کند. با توجه به اینکه در این مد دستگاه اندازه‌گیر قبل از ارسال داده‌های اندازه‌گیری شده، سیگنال بیدارباش^{۱۸} برای دستگاه‌های دیگر می‌فرستد، دستگاه‌های دیگر می‌توانند برای ذخیره انرژی به خواب^{۱۹} بروند. در این مد ارتباط بین دستگاه اندازه‌گیر و دستگاه‌های دیگر می‌تواند به صورت یک‌طرفه یا دو طرفه باشد که ارتباط دوطرفه S2 نامیده می‌شود. در این مد ارتباطی دستگاه اندازه‌گیر به طور متناوب مقادیر اندازه‌گیری شده را برای دستگاه دیگر ارسال می‌کند و برقراری لینک ارتباطی دوطرفه فقط در صورتی که نیاز به اجرای دستور یا تبادل داده دیگری باشد، برقرار می‌شود. شکل ۳ فرآیند برقراری ارتباط و تبادل داده را در مد S2 نشان می‌دهد.[۸]



شکل ۳- ارتباط دو طرفه در مد S2

مد دریافت متعدد^{۲۰} یا R2: در این مد با استفاده از ایده مالتی‌پلکس فرکانسی^{۲۱} می‌توان به طور همزمان مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده توسط چند دستگاه اندازه‌گیر را قرائت کرد. در این حالت دستگاه اندازه‌گیر به طور متناوب گیرنده خود را روشن کرده و منتظر دریافت بسته درخواست داده^{۲۲} از دستگاه‌های دیگر می‌ماند. دستگاه اندازه‌گیر در صورتی که چنین بسته‌ای را دریافت نکند به مد بیکاری برمی‌گردد. اما در صورت دریافت فریم مذکور، یک لینک دوطرفه بین دستگاه اندازه‌گیر و دستگاه دیگر برقرار می‌شود و داده‌های اندازه‌گیری شده توسط دستگاه اندازه‌گیر برای دستگاه دیگر ارسال می‌شود. شکل ۴ این فرآیند را نشان می‌دهد.[۸]

باتری پشتیبان، مبدل پورت سریال به USB، مدار راه انداز نمایشگر، مدار راه اندازی حافظه خارجی می باشد.



شکل ۶ - گیرنده رادیویی دستگاه نشانگر مصرف برق همان طور که گفته شد نحوه دریافت اطلاعات از کنتور هوشمند بخش اصلی دستگاه نشانگر مصرف برق رادیویی است که پس از دریافت نوبت به پردازش و نمایش آن می‌رسد

شکل ۸- سخت افزار دستگاه نشانگر مصرف جهت مدیریت مشترک، نرم افزاری تهیه شد که در صورت اتصال سیستم به کامپیوتر از طریق پورت USB اطلاعات ذخیره شده در حافظه دستگاه به کامپیوتر انتقال می‌یابد. شکل ۹



شکل ۹: انتقال اطلاعات مربوط به میزان مصرف از دستگاه به کامپیوتر و ذخیره سازی آن در کامپیوتر

شکل ۷ بخش نمایش و ارتباط با کاربر دستگاه را که شامل LCD و سه کلید حرکتی جهت دریافت فرامین از کاربر است را نشان می‌دهد. همچنین در این بخش LED با سه رنگ مختلف و آلارم صوتی استفاده شده است تا در صورت قرار گرفتن در محدوده‌های مختلف مصرف هشدار لازم را به کاربر منتقل کند تا بدین وسیله کاربر با کاهش میزان مصرف در صرفه جویی انرژی سهیم شوند.



شکل ۷- دستگاه نشانگر مصرف

هسته پردازشی این کارت‌ها از خانواده ATmega می‌باشد که از معماری (RISC (Reduced Instruction Set Computer استفاده می‌کند و وظیفه مدیریت عملکرد سیستم را بر عهده دارد. نحوه عملکرد این پردازنده در دستگاه نشانگر مصرف به این صورت است که پس از اندازه‌گیری توان و استخراج زمان و تاریخ قرائت مقدار مصرف را با برچسب زمانی در حافظه خارجی ذخیره می‌کند و همچنین می‌تواند میزان مصرف را روی نمایشگر به کاربر نشان دهد و در صورت دریافت فرامین از کاربر در خصوص مشاهده نمودار و تنظیمات و ... نیز اطلاعات را به کاربر نشان دهد.

۲.۳. نشانگر مصرف برق مستقیم

نشانگر مصرف برق مستقیم در منازل مورد استفاده قرار می‌گیرد که دارای کنتور هوشمند نمی‌باشند و کنتورهای غیرهوشمند نیز توانایی ارسال اطلاعات مصرف را به بیرون ندارند لذا این دستگاه در مسیر ورودی برق خانه قرار می‌گیرد تا میزان انرژی مصرفی مشترک را محاسبه کند و در اختیار مشترک قرار دهد.

مطابق بلوک دیاگرام شکل ۲ در بخش نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری میزان جریان مصرفی باید از روش مناسبی استفاده کرد از پارامترهای مهم در انتخاب و طراحی بخش نمونه‌برداری جریان می‌توان دقت، خطی بودن و قیمت تمام شده را نام برد که سه روش رایج برای نمونه‌برداری سیگنال جریان وجود دارد که عبارتند از:

شکل ۸ سخت افزار نهایی سیستم را نشان می‌دهد. در این سخت افزار جهت پیاده‌سازی وظایف بیان شده از مدارات مختلفی از جمله RTC و

روش نمونه گیر ترانس

روش نمونه گیر شنت Shunt

نمونه گیری به روش اثر هال

که پس از مقایسه روش‌ها که خلاصه آن در جدول ۱ آمده است روش شنت انتخاب شد. بطوریکه اطلاعات دریافتی مربوط به میزان مصرف به پردازنده ارسال می‌شود. [۹]

جدول ۱ مقایسه روش‌های نمونه برداری

شنت	ترانس	سنسور اثرهال
مزایا	۱- ارزان‌ترین ۲- کاربرد آسان ۳- خطی	۱- اندازه گیری جریان DC و AC ۲- ایزولاسیون ۳- دقیق‌ترین ۴- خطی
معایب	۱- ایزولاسیون ندارد ۲- تلف توان ۳- نیاز به تقویت کننده ۴- وابستگی سائز به جریان.	۱- افسست دارد. ۲- نیاز به تغذیه ۳- گران.

۳. نرم افزار

نرم افزار سیستم که در محیط Visual C#.NET نوشته شده است وظیفه خواندن مقادیر ذخیره شده در حافظه دستگاه و پردازش داده ها با توجه به نوع داده، قرائت و تنظیم پارامترهای دستگاه و در انتها وظیفه گزارش گیری را دارا می‌باشد. شکل ۱۰ صفحه اصلی دستگاه را نشان می‌دهد.

مشخصات کلی نرم افزار عبارت است از:

• پیکربندی سخت‌افزار شامل بخش‌های زیر

- تنظیم تاریخ و ساعت و ارسال به سخت‌افزار
- تنظیم آلارم و ارسال به سخت‌افزار
- تنظیم سطوح مصرف و ارسال به سخت‌افزار
- نمایش اطلاعات به کاربر که شامل
 - نمایش تنظیمات فعلی سخت‌افزار
 - نمایش تعرفه
 - صدور صورتحساب

- صدور صورتحساب براساس تعرفه پیش‌فرض
- صدور صورتحساب براساس تعرفه تعریف شده توسط کاربر
- قرائت از دستگاه
- ذخیره‌سازی داده‌های قرائت
- گزارش گیری از اطلاعات ذخیره شده کامپیوتر

- نمایش میزان مصرف ساعتی روزانه (به صورت نمودار گرافیکی (میله‌ای و منحنی) و جدول)
- نمایش میزان مصرف روزانه (به صورت نمودار گرافیکی (میله‌ای و منحنی) و جدول)
- نمایش میزان مصرف ماهیانه (به صورت نمودار گرافیکی (میله‌ای و منحنی) و جدول)
- نمایش میزان مصرف هفتگی (به صورت نمودار گرافیکی (میله‌ای و منحنی) و جدول)
- نمایش میزان مصرف سالیانه (به صورت نمودار گرافیکی (میله‌ای و منحنی) و جدول)
- اضافه نمودن بازه زمانی دلخواه توسط کاربر جهت مقایسه با نمودار مصرف قبلی

- دریافت روز، ماه و سال از رایانه توسط میکروکنترلر به عنوان زمان مبدا و ثبت آن در سخت افزار و ادامه ذخیره سازی با تاریخ جدید
- ارسال اطلاعات مصرف از آن تاریخ درخواستی تا زمان فعلی به رایانه.
- قابلیت دریافت ، ذخیره سازی و نمایش تعرفه ها با توجه به مناطق عادی، سردسیر و گرمسیر
- قابلیت دریافت ، ذخیره سازی و نمایش تعرفه ها با توجه به مناطق عادی، سردسیر و گرمسیر



شکل ۱۰ صفحه اصلی برنامه پیکربندی

منابع

۴. آزمون‌های استاندارد

- [1] S. Darby, "The effectiveness of feedback on energy consumption" April 2006
- [2] www.honeywell.com
- [3] www.landisgyr.com
- [4] www.hosiden.com
- [5] www.automationinc.com
- [] گزارش توجیهی طرح پیاده‌سازی فراسامانه هوشمند اندازه‌گیری ملی (فهام) سازمان بهره‌وری انرژی ایران
- [7] "Key Priorities for Sub-GHz Wireless Deployment", Silicon Laboratories Inc, Austin, TX.
- [8] "Wireless M-Bus Reference Manual", Steinbeis Transfer Center (Embedded Design And Networking), Version 1.0, 2011.
- [9] R.Dickinson, S.Milano "Isolated open loop current sensing using hall effect technology in an optimized magnetic circuit" Allegro MicroSystems, Inc, 2002

برای اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه در محیط‌های مختلف، باید بعد از ساخت دستگاه بر روی آن آزمایش‌های مختلفی انجام شود، در این آزمایش‌ها، معمولاً شرایط محیط کار دستگاه شبیه‌سازی می‌شود و سپس عملکرد دستگاه در این شرایط بررسی می‌گردد. چنانچه دستگاه در هنگام آزمایش و بعد از آن دچار مشکل نشود، می‌توان از عملکرد صحیح آن در محیط کار اطمینان حاصل کرد در این راستا بر روی دستگاه نشانگر مصرف برق خانگی آزمون‌های زیر در آزمایشگاه‌های مرجع انجام شد و صحت عملکرد دستگاه توسط آزمایشگاه مرجع مورد تایید قرار گرفت.

- Voltage transients (EN 61000-4-4)
- Electrostatic discharges (EN 61000-4-2)
- Radio frequency electromagnetic fields (EN 61000-4-3)
- Surge (BS EN 61000-4-5)
- Power frequency magnetic fields (EN 61000-4-8)

۵. نتیجه‌گیری

یکی از روش‌های اصلاح الگوی مصرف، بالا بردن سطح آگاهی مشترکین از میزان مصرف است تا بدین وسیله با مدیریت صحیح در مصرف انرژی از هدر رفتن انرژی جلوگیری شود. در این راستا دستگاه نشانگر مصرف برق خانگی ضمن دارا بودن توجیه اقتصادی از لحاظ قیمت تمام شده طوری طراحی شده است به راحتی توسط مشترکین قابل نصب و بهره‌برداری است همچنین با توجه به امکاناتی که در طراحی و ساخت این دستگاه در نظر گرفته شده است کاربر می‌تواند هر تغییر ایجاد شده از جمله تغییر در تعرفه‌ها و ... را در دستگاه بروز رسانی نماید و با توجه به پشت سر گذاشتن آزمون‌های صنعتی می‌توان از صحت عملکرد آن در شرایط واقعی اطمینان حاصل نمود. همچنین با توجه به پیاده‌سازی طرح فهم در کشور ساخت دستگاه نشانگر مصرف برق که توانایی برقراری ارتباط با کنتور هوشمند را از طریق بسترهای مخابراتی پیشنهاد شده در طرح فهم یک امر ضروری به‌شمار می‌رفت که در این طرح از بستر مخابراتی Wireless M-Bus استفاده شد.