طراحی و ساخت دستگاه سرور همگام سازی زمانی تجهیزات الکترونیکی هوشمند پست های برق

دانشجو: رضا فرضی

استاد راهنما: دکتر مهدی داورپناه

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

در پست های جدید برق تعدادی از رله های حفاظتی، تجهیزات اندازه گیری یا کنترلی دیجیتالی بکاررفته است که به آنها IED گفته ی شود. یکی از نیازمندی های IED ها این است که ساعت داخلی آنها بایستی با دقت مناسبی با یکدیگر سنکرون شود تا از یک سو بتوان نمونه برداری های هم زمانی از ولتاژ و جریان داشت تا به واسطه آن بتوان مطالعات سیستم نظیر پخش بار را انجام داد و از طرف دیگر باعث سهولت در تحلیل حوادث شبکه های برق به دلیل امکان پیگیری توالی عملکرد رله های حفاظتی می شود.

برای این منظور می توان از روشهای متداول زیر استفاده کرد :

- تنظیم ساعت داخلی IED به محض فعال شدن ورودی دیجیتال آن برابر با مقدار از پیش تعریف شده، تنظیم می گردد.
- یکی از روش های مرسوم همگام سازی زمانی، استفاده از پروتکل NTP است که در آن زمان رفت و برگشت اطلاعات تبادلی بین سرور و IED اندازه گیری شده و بر اساس آن تاخیر زمانی در ارسال سیگنال در نظر گرفته می شود.
- روش دیگری که در پست های فشار قوی کاربرد زیادی دارد، یک روش سخت افزاری تحت عنوان IRIG-B است.

روش پیشنهادی

تحقیق و طراحی اولیه :

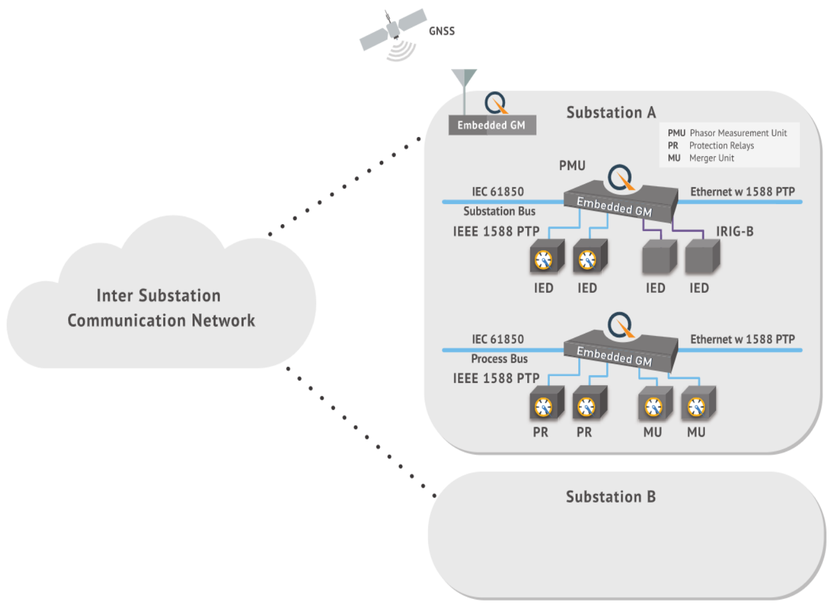
ابتدا روش ها و پروتکل های متداول همگام سازی زمانی در شبکه ها به خصوص شبکه های موجود در پست های برق بررسی شد . سپس چند نمونه محصول مشابه خارجی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت یک طراحی اولیه انجام شد. این طراحی با هدف پیاده سازی روش های اول و دوم همگام سازی زمانی که در قسمت مقدمه به آن اشاره شد انجام شده است.

ساخت سخت افزار :

متناسب با طراحی اولیه قالب آماده ای برای دستگاه تهیه شد و متناسب با نیاز فرم دهی شد تا قالب نهایی حاصل شود. سپس Board مورد نیاز دستگاه به کمک نرم افزار Altium Designer طراحی شد و پس از لحیم کاری و انجام تست های درستی سنجی و رفع عیب به همراه سایر ملزومات و پس از سیم کشی های مربوطه درون جعبه دستگاه قرار گرفت. سپس به کمک نرم افزار CorelDraw برای دستگاه شکل روی قاب طراحی شد.

توسعه نرم افزار :

توسعه نرم افزار دستگاه اندکی بعد از طراحی اولیه و تقریبا به طور همزمان با توسعه سخت افزار انجام می شد. در این فرایند برنامه نویسی ، دیباگ و پروگرام پردازنده در محیط Keil uvision5 IDE به کمک نرم افزار CubeMX و به زبان C انجام گرفته است . همچنین به منظور تست و عیب یابی از ابزار هایی مثل Realterm ، Hercules و Wireshark استفاده شده . برای پیاده سازی Stack شبکه از LwIP و نیز برای زمان بندی بهتر Task ها از RTOS استفاده شده است . هچنین پیاده سازی پروتکل (S)NTP مطابق با RFC 4330 انجام گرفته است. در این پیاده سازی دستگاه به عنوان UDP Server و بصورت Unicast عمل میکند. به علاوه موارد فوق به منظور به روز رسانی نرم افزار دستگاه به روش IAP یک بوت لودر با قابلیت رمز نگاری برای دستگاه توسعه داده شده است. این بوت لودر از طریق درگاه USB یا Ethernet و به کمک برنامه ای که به زبان Python توسعه داده شده می تواند نرم افزار دستگاه را بدون نیاز به پروگرامر به روز رسانی کند.

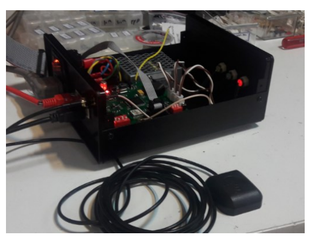


نتایج

پس از انجام طراحی سخت افزار و قالب دستگاه و نیز توسعه نرم افزار، دستگاه قادر به همگام سازی زمانی به روش های یک و دو ذکر شده می باشد.

از ویژگی های این دستگاه می توان به مواد زیر اشاره نمود :

- همگام سازی کلاینت ها از طریق پروتکل (S)NTP
- همگام سازی کلاینت ها از طریق خروجی دیجیتال ایزوله
- دارای آنتن GNSS و تنظیم خودکار ساعت دستگاه به کمک سیستم GNSS
- مجهز به پردازنده ۳۲ بیتی ARM Cortex M4
- استفاده از LwIP به عنوان Stack شبکه
- استفاده از RTOS به منظور زمان بندی Task ها
- دارای RTC دقیق برای پیش بردن زمان در صورت اختلال در ارتباط با GNSS
- دارای باتری پشتیبان برای نگهداری و پیش بردن زمان در صورت قطع تغذیه
- دارای درگاه USB به منظور تست و تنظیم GNSS و نیز ارتباط با GUI
- دارای درگاه Ethernet 10/100 به منظور اتصال به شبکه به منظور ارایه سرویس (S)NTP و ارتباط با رابط Web-based
- دارای Bootloader با قابلیت رمز نگاری به منظور ارتقا Firmware دستگاه به روش IAP از طریق هر دو درگاه USB و Ethernet
- امکان نمایش وضعیت و تنظیم دستگاه از طریق رابط Web-based و GUI



جمع بندی

دستگاه ساخته شده قادر به همگام سازی زمانی IDE های یک شبکه از طریق خروجی دیجیتال (روش اول) و یا از طریق پروتکل (S)NTP در مد Unicast (روش دوم) می باشد.

کاربرد های صنعتی:

در هرجایی که نیاز به همگام سازی زمانی دستگاه ها و یا سرور های یک شبکه با دقت زمانی در حد فاصل ۱ تا ۱۰ میلی ثانیه باشد می توان از این دستگاه استفاده کرد که از جمله این موارد می توان به پست های برق اشاره کرد .

مراجع اصلی

1. **Mills, David. Simple network time protocol (SNTP) version 4 for IPv4, IPv6 and OSI. No. RFC 4330. 2005.**
2. **Ozansoy, C. R., A. Zayegh, and A. Kalam. "Time synchronisation in a IEC 61850 based substation automation system." Power Engineering Conference, 2008. AUPEC'08. Australasian Universities. IEEE, 2008.**
3. **https://www.nongnu.org/lwip/2_1_x/index.html**
4. **https://electrical-engineering-portal.com/time-synchronization-substation-automation**
5. **https://qulsar.com/Applications/IoT/Smart_Power_Grid.html**

شماره پوستر: ۶۳