مطالعات علوم کاربردی در مهندسی

دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

صفحات ۶۹-۵۸

Online ISSN: ۲۴۷۶-۴۵۰۷

Print ISSN: ۲۵۳۸-۲۰۵۵

www.irijournals.com

بررسی طراحی پروتکل برای ارتباط میان سربازان و رابط میانی و تفکیک سربازان با استفاده از فناوری LoRa

مجید پروین[۱]، کورش داداشتبار احمدی[۲]

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی برق – مخابرات امن و رمزنگاری دانشگاه صنعتی مالک اشتر واحد تهران

[۲]استادیار دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی مالک اشتر واحد تهران

چکیده

این پروژه به برقراری بخش مخابراتی پروژه سرباز هوشمند و پیاده‌سازی پروتکل ارتباطی آن می‌پردازد. در این پروژه، لایه فیزیکی لورا به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیاده‌سازی شده است. پروتکل LoRaWAN همچنین برای مدیریت ارتباطات بین دروازه‌های LPWAN و دستگاه‌های end-node به عنوان یک پروتکل مسیریابی عمل می‌کند. در این پروژه به دلیل حساسیت بالا، به LoRaWAN که یک پروتکل از پیش طراحی شده است، اطمینان نکرده و تصمیم گرفته شده است که به صورت ابتدایی و کاربردی، لایه فیزیکی لورا پیاده‌سازی شود. همچنین، در بخش دیگری، داده‌های لورا به LTE تبدیل و از طریق ماژول LTE ارسال شده است. لایه فیزیکی لورا، به عنوان یک پیوند ارتباطی با برد طولانی، برای ارتباط با دستگاه‌های end-node استفاده می‌شود. در این پروژه، این لایه فیزیکی به صورت نرم‌افزاری و سخت‌افزاری پیاده‌سازی شده است. همچنین، برای ارسال داده‌ها، از پروتکل‌های LoRaWAN و LTE استفاده شده است. پروتکل LoRaWAN علاوه بر وظیفه مدیریت فرکانس‌های ارتباطی، میزان داده و توان برای همه دستگاه‌ها، به عنوان یک پروتکل مسیریابی عمل می‌کند. دستگاه‌های end-node در این شبکه ناهمگام (غیر همزمان) عمل می‌کنند و هنگامی که داده برای ارسال در دسترس باشد، انتقال می‌یابند. بسته‌های داده‌ای که توسط یک دستگاه end-node ارسال می‌شوند، توسط چندین دروازه دریافت می‌شوند و سپس به یک سرور شبکه مرکزی هدایت می‌شوند. سپس داده‌ها به سرورهای برنامه ارسال می‌شوند. با این حال، برخی از مشکلات مربوط به عملکرد مربوط به ارسال تأییدیه‌ها در پروتکل LoRaWAN وجود دارد. به همین دلیل، در این پروژه، به دلیل حساسیت بالا، تصمیم گرفته شده است که به صورت ابتدایی و کاربردی، لایه فیزیکی لورا پیاده‌سازی شود. این فناوری، قابلیت اطمینان بالایی را برای میزان بار متوسط نشان می‌دهد. همچنین، در بخش دیگری، داده‌های لورا به LTE تبدیل و از طریق ماژول LTE ارسال شده است که این امکان را فراهم می‌کند که برای ارسال داده‌ها از چندین پروتکل استفاده شود و مشکلات مربوط به هر یک از این پروتکل‌ها را کاهش دهد.

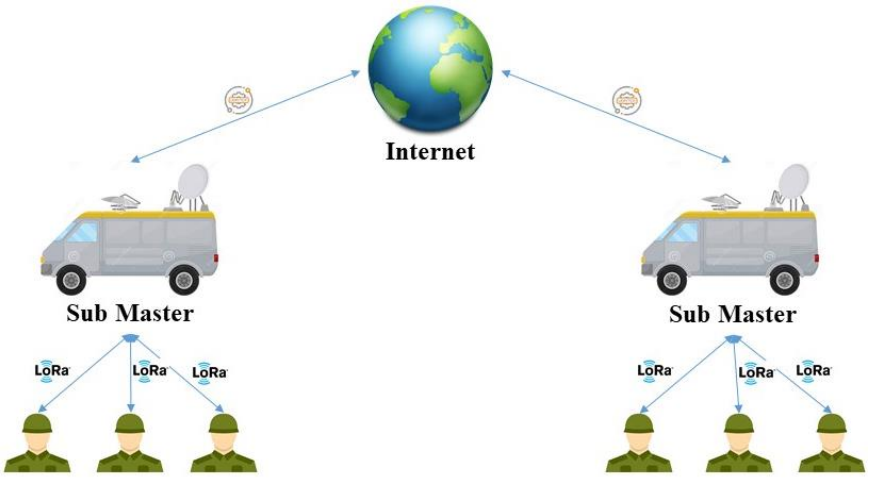
واژه‌های کلیدی: . لورا، پروتکل، LTE، LPWAN، LoRaWAN

دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۶۹-۵۸

مقدمه

به طور کلی سرباز هوشمند به معنای استفاده از فناوری های نو از جمله اینترنت اشیا برای پایش سلامت بلادرنگ (حداقل زمان تاخیر)، موقعیت جغرافیایی و ارسال و دریافت پیام است[۱]. در گذشته که وسعت جنگ کوچکتر بود، فرمانده کنترل قابل قبولی به تمام سربازان داشته ولی امروزه که جنگها گاها حتی در سطح قارهای رخ میدهد، این امر مشکل شده است. بهترین راه برای کنترل جنگ، شبکه کردن کلیه عناصر رزمی از جمله سربازان با هم است. شبکه شدن سربازان [۲] موجب کنترل بهتر میدان نبرد، استفاده بهینه از منابع جنگی و افزایش بهره وری از منابع موجود میشود. با توجه به اهمیت این موضوع مطالعه و تحقیق درباره موضوع سرباز هوشمند ضرورت دارد. با توجه به اهمیت عدم افشای دادههای سربازان، لازم است در انتخاب پروتکل ارتباطی، سیستم رمز و به صورت کلی نحوه پیادهسازی آن دقت لازم صورت گیرد. در طراحی پروژههای سرباز هوشمند باید به مواردی از قبیل مقیاسپذیری، قابلیت حرکت، قابلیت اطمینان، پاسخ سریع، امنیت پایدار، مصرف کم انرژی و غیره توجه نمود. از این رو یکی از تکنولوژی های مناسب که نیاز ما را در اینجا برآورده میکند،[۱] LoRa است. LoRa مخفف Long Range، یک پروتکل ارتباطی رادیویی است که تمام ویژگی های مذکور را داراست. مقیاس پذیری به معنای تکثیر و اضافه کردن منابع برای افزایش دسترسی به خدمات مبتنی بر تقاضا، با اضافه کردن منابع است که در عملکرد شبکه دارای اهمیت است. مقیاس پذیری هر چه بهتر پروژه، بهتر است سیستم به صورت لایه لایه و مرحله به مرحله پیاده سازی شود.

همانطور که در شکل ۱ مشاهده میکنید، هر سرباز به طور مجزا دارای سیستم پایش و آنالیز وضعیت سلامت سربازان و ... هستند. دیتای مربوطه که با فرمت JSON است و با ۲۵۶AES رمزگذاری شده است، توسط ماژول LoRa که برای هر سرباز در نظر گرفته شده است، به نزدیک ترین رابط میانی ارسال میشوند.



شکل ۱: دیاگرام کلی پروژه

[۱] Long Range

LoRa یک فناوری انحصاری شبکه گسترده کم توان (یا LPWAN[۲]) است[۳]. این روش بر اساس فناوری‌های تعدیل طیف گسترش برگرفته شده از فناوری (یا CSS[۳]) صورت گرفته است. این فناوری توسط Cycleo از گرنوبل فرانسه توسعه داده شد و توسط Semtech، عضو بنیانگذار اتحادیه لورا خریداری و ثبت اختراع شد. دستگاه های لورا و فناوری فرکانس رادیویی بی سیم Semtech یک پلتفرم بیسیم برد بلند و کم مصرف است که به فناوری واقعی شبکههای اینترنت اشیا (IoT) [۳] در سراسر جهان تبدیل شده است. لورا از باندهای فرکانس رادیویی زیر گیگاهرتز بدون نیاز به مجوز (license-free sub-gigahertz) مانند ۴۳۳ مگاهرتز، ۸۶۸ مگاهرتز (اروپا)، ۹۱۵ مگاهرتز (استرالیا و آمریکای شمالی)، ۸۶۵ مگاهرتز تا ۸۶۷ مگاهرتز (هند) و ۹۲۳ مگاهرتز (آسیا) استفاده می‌کند. همچنین لورا انتقال دوربرد با مصرف برق کم را امکانپذیر می‌کند.

این فناوری لایه فیزیکی را پوشش می‌دهد، در حالی که سایر فناوری‌ها و پروتکل‌ها مانند LoRaWAN (شبکه منطقه‌ای با دامنه گسترده) لایههای بالایی را پوشش می‌دهند. و با توجه به فاکتور گسترش می‌تواند به نرخ داده‌ی بین ۰,۳ کیلوبیت بر ثانیه تا ۲۷ کیلوبیت بر ثانیه دست یابد. دستگاههای لورا دارای قابلیت موقعیت مکانی هستند که برای موقعیت‌های سه گانه دستگاهها استفاده می‌شود.

تحقیقات و مطالعات انجام شده

همانطور که گفته شد، مفهوم سرباز هوشمند به تازگی ظهور یافته است ولی اخیرا تحقیقاتی در این حوزه صورت گرفته است. که اصول کلی تقریبا مشابه هم است. پارامترهای حیاتی سرباز و همچنین پارامترهای بیرونی سنجیده میشود و توسط پروتکلهای مختلف مخابراتی به سرور ارسال میشود. همچنین سرور هم امکان ارسال پیامهایی به سربازان دارد. در بیشتر تحقیقات از WSN[۴] استفاده میکنند. WSNها شامل تعداد زیادی نود سنسوری میباشند که در یک محیط پراکنده شدهاند. این نوع از شبکه، وسیله مناسبی برای جمع آوری و ارسال اطلاعات محیطی و یا اطلاع رسانی وقوع یک رخداد، به یک نود مرکزی میباشد[۴]. این شبکهها دارای ویژگیها و خصوصیات و محدودیتهای مربوط به خود میباشند که موجب متمایز شدن شبکههای حسگر از سایر شبکهها شده است. یک شبکه سنسوری متشکل از تعداد زیادی نودهای سنسور است که در یک محیط به طور گسترده پخش شدهاند و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط میپردازند [۵]. لزوماً مکان قرار گرفتن نودهای سنسور، از قبل تعیین شده و مشخص نیست. چنین خصوصیتی این امکان را فراهم میآورد که بتوانیم آنها را در مکان‌های خطرناک و یا غیرقابل دسترس رها کنیم [۶]. از طرف دیگر این بدان معنی است که پروتکل‌ها و الگوریتم‌های شبکه‌های حسگر باید دارای توانایی خود ساماندهی باشند. دیگر خصوصیت‌های منحصر به فرد شبکه‌های سنسوری، توانایی همکاری و هماهنگی بین نودهای سنسور است. هر نود سنسوری دارای یک پردازنده است و به جای فرستادن تمامی اطلاعات خام به مرکز یا به نودی که مسئول پردازش و نتیجه‌گیری اطلاعات است، ابتدا خود یک سری پردازش‌های اولیه و ساده را روی اطلاعاتی که به دست آورده است، انجام میدهد و سپس داده‌های نیمه پردازش شده را ارسال میکند[۷]. در مقالات اخیر از پروتکلهایی مانند Wi-Fi، ZigBee، GSMو LoRa استفاده شده است. در جدول ۱، این پروتکلها را با هم مقایسه کردهایم.

[۲] low-power wide-area network

[۳] chirp spread spectrum

[۴] Wireless Sensor Network

جدول ۱: مقایسه پروتکلهای **Wi-Fi، GSM، ZigBee،LoRa**

پارامتر	*LoRa*	*GSM*	*ZigBee*	*Wi-Fi*
باندهای فرکانسی	863 to 870 MHz, 902 to 928 MHz, 779 to 787 MHz	890 to 915 MHz, 935 to 915 MHz	868MHz, 915 MHz, 2450 MHz	2.4G-2.5G(2400M-2483.5M)
مسافت پوششدهی	2-5 Km (urban areas), 15 Km (suburban areas)	Up to 35km	10 to 100 meters	45 to 90 meters
مصرف توان	lower compare to ZigBee	Middle	low	Middle
نوع مدولاسیون	LoRa modulation (CSS modulation) , FSK or GFSK	GMSK	BPSK, OQPSK modulation. Also uses DSSS technique to convert bits to chips.	OFDM/ DSSS/ CCK
نرخ داده	0.3 to 22 Kbps (LoRa modulation) and 100 Kbps (using GFSK)	270.8 Kbps	20 kbps (868 MHz band) , 40Kbps (915 MHz band) , 250 kbps (2450 MHz band)	54 Mbps (IEEE 802.11g)

سرباز هوشمند

سرباز هوشمند با کمک تکنولوژیها و فناوریهای هوش مصنوعی که درقالب گجتهای پوشیدنی، نرم افزارها و بازیهای علوم شناختی، تقویت عملکرد مغز و حافظه در اختیار سربازان قرار میگیرد که با توجه به الگوریتمهای یادگیری عمیق و تقویتی بازخوردهای از سرباز دریافت و مطابق نیاز و در راستای پیشرفت سربازان و رفع مشکلات و نقاط ضعف آنها اقدام میشود.

ویژگیهای مورد انتظار سرباز هوشمند را میتوان به شکل زیر تعریف کرد:

- سیستم بینایی هوشمند
- سامانه ارتباط هوشمند سربازان و رباتها
- سیستم لباس هوشمند
- کلاه هوشمند
- IoT مبتنی بر سیستم نظارت بر مراقبت از سربازان
- سامانه تشخیص و پیش بینی روند سالامت سرباز

- سامانهها علوم شناختی سرباز
- سامانه ارزیابی و تقویت مغز سرباز

ویژگیهای مورد انتظار سرباز هوشمند

۱- سیستم بینایی هوشمند در سرباز
۲- سامانه ارتباط هوشمند سربازان و رباتها
۳- سیستم لباس هوشمند
۴- سیستم مبتنی بر نظارت و مراقبت از سربازان جنگ با استفاده از یادگیری ماشین
۵- سامانههای علوم شناختی و تقویت مغز و حافظه

لورا

همانطور که گفته شد لورا یک فناوری انحصاری شبکه گسترده کم توان[۵]است[۶]. این روش بر اساس فناوری‌های تعدیل طیف گسترش برگرفته شده از فناوری[۷] CSS صورت گرفته است. این فناوری توسط Cycleo از گرنوبل فرانسه توسعه داده شد و توسط Semtech، عضو بنیانگذار اتحادیه LoRa خریداری و ثبت اختراع شد. دستگاه های لورا و فناوری فرکانس رادیویی بی سیم Semtech یک پلتفرم بی سیم برد بلند و کم مصرف است که به فناوری واقعی شبکه های اینترنت اشیا (IoT) [۸] در سراسر جهان تبدیل شده است. لورا از باندهای فرکانس رادیویی زیر گیگاهرتز بدون نیاز به مجوز[۸] مانند ۴۳۳ مگاهرتز، ۸۶۸ مگاهرتز (اروپا)، ۹۱۵ مگاهرتز (استرالیا و آمریکای شمالی)، ۸۶۵ مگاهرتز تا ۸۶۷ مگاهرتز (هند) و ۹۲۳ مگاهرتز (آسیا) استفاده می‌کند. لورا انتقال دوربرد با مصرف توان کم را امکان پذیر می‌کند. این فناوری لایه فیزیکی را پوشش می‌دهد، در حالی که سایر فناوری‌ها و پروتکل‌ها مانند LoRaWAN[۹]لایه های بالایی را پوشش می‌دهند و با توجه به فاکتور گسترش[۱۰] می‌تواند به نرخ داده[۱۱]ی بین ۰,۳ کیلوبیت بر ثانیه تا ۲۷ کیلوبیت بر ثانیه دست یابد. دستگاه های لورا دارای قابلیت موقعیت مکانی هستند که برای موقعیت‌های سه گانه دستگاه ها استفاده می‌شود، از فناوری LoRa به دلیل داشتن بیشترین ویژگی مثبت، میتوان استفاده کرد.

ماژولهای لورا در بازههای فرکانسی مختلف تولید میشود. که ماژول خریداری شده حتما میبایست با قوانین سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی کشور مورد نظر، سازگاری داشته باشد. (در آسیا، فرکانس ۴۳۳ MHZ، در اروپا ۸۶۸ MHZ و در آمریکای شمالی ۹۱۵ MHZ مجاز است).

نرخ انتقال داده: حداکثر نرخ داده در **LoRa** مقدار **۳۰kb/s** میباشد که نسبتا مقدار کمی است. این نرخ داده برای ارسال داده-های متنی مناسب است. البته میتوان صوت یا تصویر را هم انتقال داد که زمان بیشتری باید صرف شود.

CSS: یک **Chirp**، یک سیگنال سینوسی از افزایش یا کاهش فرکانس است که به ماهیت سیگنالهای **Chirp** برای پخش طیف پهنای باند سیگنال ارسالی وابسته است. یک **Chirp** از افزایش فرکانس را که **up-chirp** مینامند، در **شکل ۲** مشاهده میکنید.

---

[۵] LPWAN (Low Power Wide Area Network

[۶] https://www.semtech.com/lora/what-is-lora

[۷] Chirp Spread Spactrum

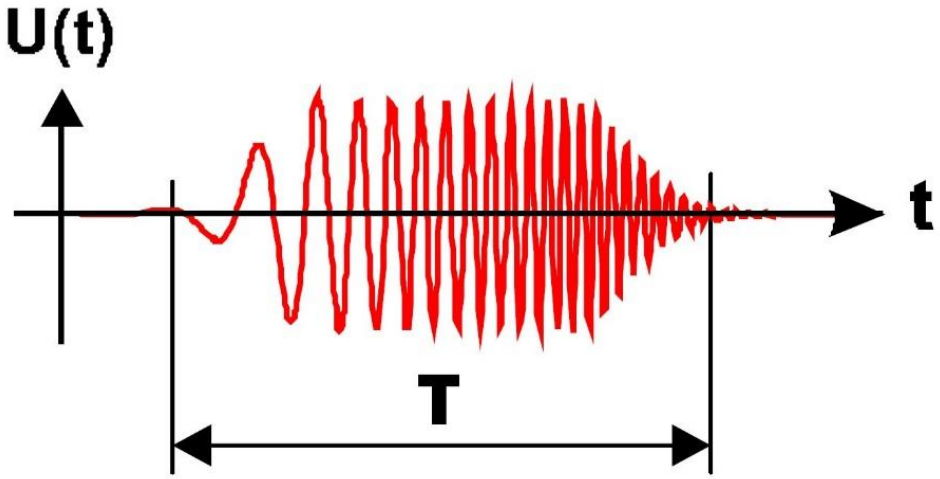
[۸] license-free sub-gigahertz

[۹] Long Range Wide Area Network

[۱۰] Spreading factor

[۱۱] Data Rate

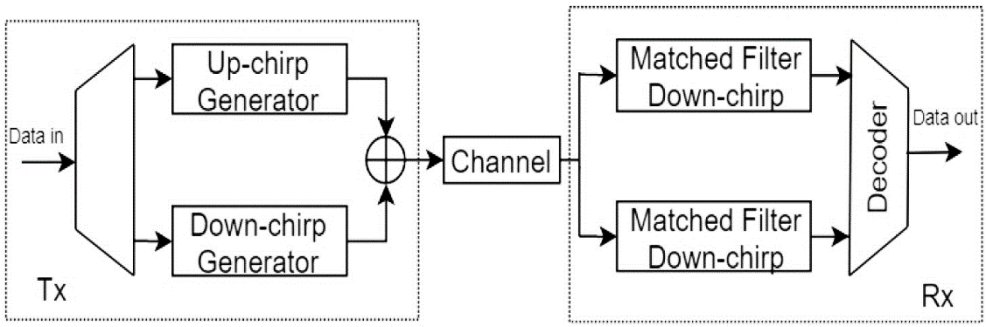
دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۶۹-۵۸



شکل ۲: **up-chirp**در واحد زمان

فشردهسازی پالس

فشردهسازی پالس، فرآیندی است که طی آن پالس طولانی مدت با قدرت پیک پایین به یک پالس کوتاه مدت با پیک بالا تبدیل میشود. پالسهای مستقیم با استفاده از یک فیلتر همگام[۱۱] و توسط همبستگی[۱۲]، فشرده سازی میشوند. **شکل ۳** ساختمان سیستم CSS را نشان میدهد دادهها با استفاده از up-chirp و down-chirp در سمت فرستنده مدوله میشود و با استفاده از همبستگی با فیلتر همگرا برای فشرده سازی پالس، به دست میآیند و به عنوان پالس تیز انرژی بالا که می تواند به راحتی رمزگشایی شود.



شکل ۳: نمودار بلوک **CSS**

یکی از مهمترین ویژگیهای CSS، مقیاس پذیری نرخ داده است. برای گسترش سیگنال هر دو در زمان و فرکانس به طور مستقل، میتوان از طیف گستردهای از chirp استفاده کرد.

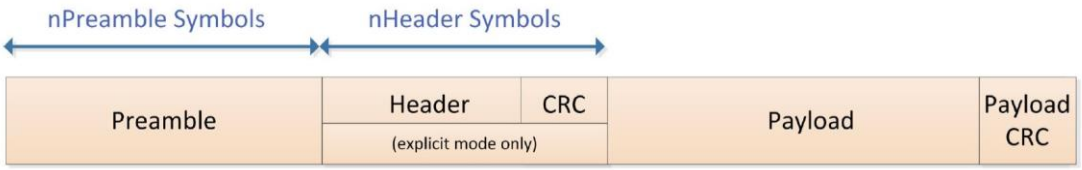
ساختمان بسته[۱۴] **LoRa**

ساختمان بسته LoRa را در **شکل 4** مشاهده میکنید.

[۱۱] matched filter

[۱۲] correlation

[۱۳] Packet

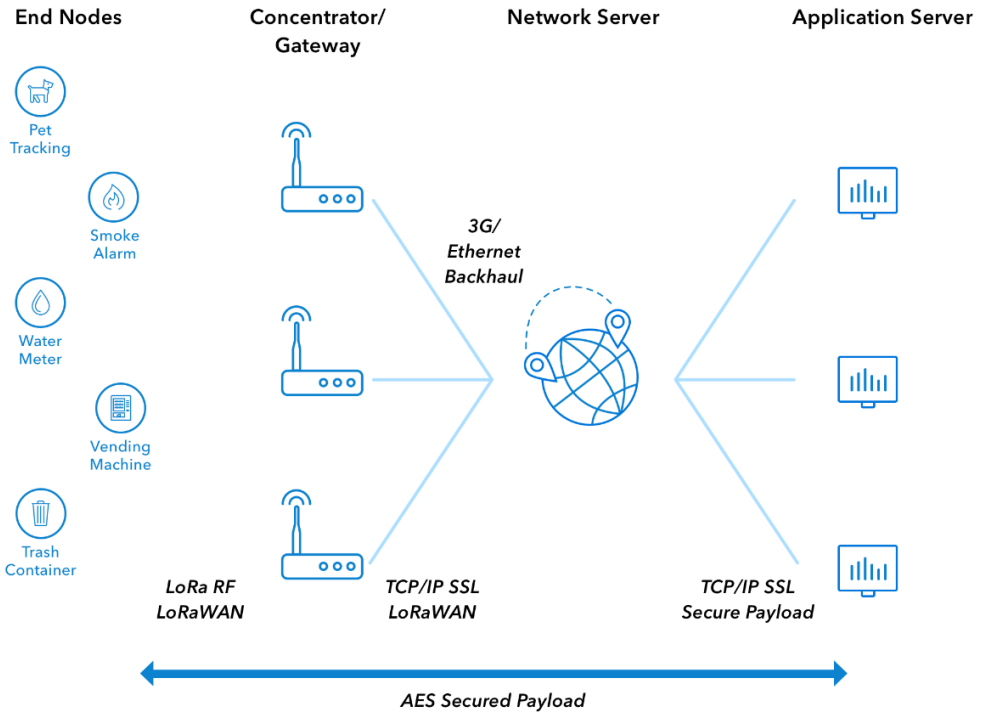


شکل ۴: ساختمان بسته **LoRa**

به طورکلی در LoRa دو فرم برای ارسال داده داریم و میتوان آن را با بیت ImplicitHeaderModeOn که در رجیستر RegModemConfig وجود دارد، تنظیم کرد.

پروتکل **LoRaWAN**

شبکه LoRaWAN [۹] یک پروتکل توان پایین با برد وسیع (LPWA) است که برای دستگاههای بیسیم در اینترنت اشیا طراحی شده است و در سطح شبکههای منطقهای، ملی یا جهانی میتواند عمل کند. در این روش پیاده سازی، یک درگاه[۱۵] نصب میشود و توسعه دهندگان اینترنت اشیاء میتوانند محصولات را از طریق این درگاهها به اینترنت متصل کنند. معماری شبکه LoRaWAN به صورت توپولوژی ستاره یا استار میباشد که در آن درگاهها پیامها را بین Nodeها و سرور مرکزی شبکه انتقال میدهند. درگاهها مانند یک پل نامرئی عمل میکنند و از طریق اتصالات استاندارد IP به سرور در شبکه متصل میشوند، به سادگی بستههای RF را به بستههای IP تبدیل میکنند و بلعکس. در شبکه LoRaWAN، تعداد زیادی NODE میتوانند به درگاه متصل شوند که معمولا این NODE ها به سنسورهایی مثل سنسور دود، رطوبت، دما و ... متصل هستند و اطلاعات این سنسورها را به درگاه مخابره میکنند.



شکل ۵: نمونه ای از شبکه **LoRaWAN**

اتحادیه[۱۶]LoRa، در سال ۲۰۱۵ برای پشتیبانی از پروتکل LoRaWAN تشکیل شده است. این اتحادیه، بیش از ۵۰۰ عضو دارد که مهمترین

---

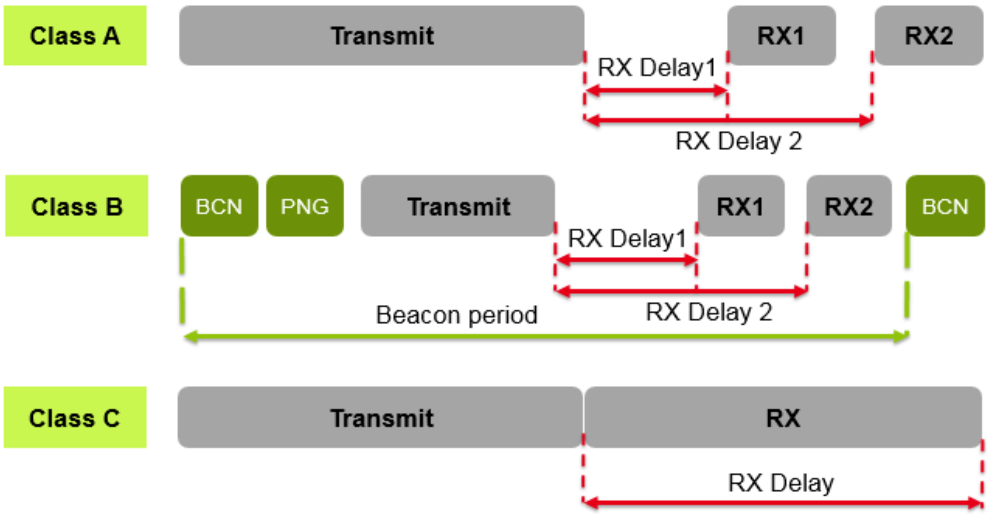
[۱۵] Gateway

[۱۶] LoRa Alliance

آنها IBM, ACTILITY, MICROCHIP, ORANGE, CISCO, KPN, SWISSCOM, SIMTECH, BOUYGUES, TELECOM, SINGTEL, PROXIMUS میباشند.

درگاهها هم میتواند خودش سرور باشد و هم میتواند بعنوان Packet Forwarder عمل کند و دیتا را به سروری مانند[۱۷]TTN که دارای پلتفرمی user friendly است، ارسال کند.

انواع کلاس در شبکه **LoRaWAN**



شکل ۶: دیاگرام کلاسهای مختلف شبکه **LoRaWAN**

کلاس**A**

کلاس مورد نظر باید توسط تمام دستگاه[۱۸]ها پشتیبانی شود. ارتباط کلاس A همیشه توسط دستگاه آغاز میشود و کاملا ناهمگام است. هر گونه انتقال uplink[۱۹] میتواند در هر زمانی ارسال شود و همچنین توسط دو downlink[۲] کوتاه دنبال میشود.

کلاس **B**

این کلاس، مشابه کلاس A است. با این تفاوت که در بازههای مشخصی دستگاه از حالت خواب در میآید و در مد گیرنده قرار میگیرد. همین امر باعث افزایش مصرف انرژی دستگاه پایانی نسبت به کلاس A میشود. و زمان تاخیر تا ۱۲۸ ثانیه قابل برنامه ریزی است.

کلاس **C**

در این کلاس، دستگاه هیچگاه به حالت خواب نمیرود. یا در مد فرستنده است و یا در مد گیرنده. به این صورت که زمانی که uplink رخ داد، بلافاصله دستگاه به مد گیرنده تغییر وضعیت میدهد. واضح است که در این کلاس، دستگاه بیشترین مصرف توان را در مقایسه با کلاسهای A و B دارد. بر اساس این، سرور شبکه میتواند در هر زمان بر اساس فرضیه گیرنده دستگاه پایانی باز شود، بنابراین کمترین زمان تاخیر در دریافت DOWNLINK در این کلاس وجود دارد.

---

[۱۷] thethingsnetwork.com

[۱۸] همان End-Device یا NODE. است که دیتا را از نقاط مختلف به گیتوی ارسال میکند.

[۱۹] انتقال دیتا از دستگاه به اپلیکیشن سرور

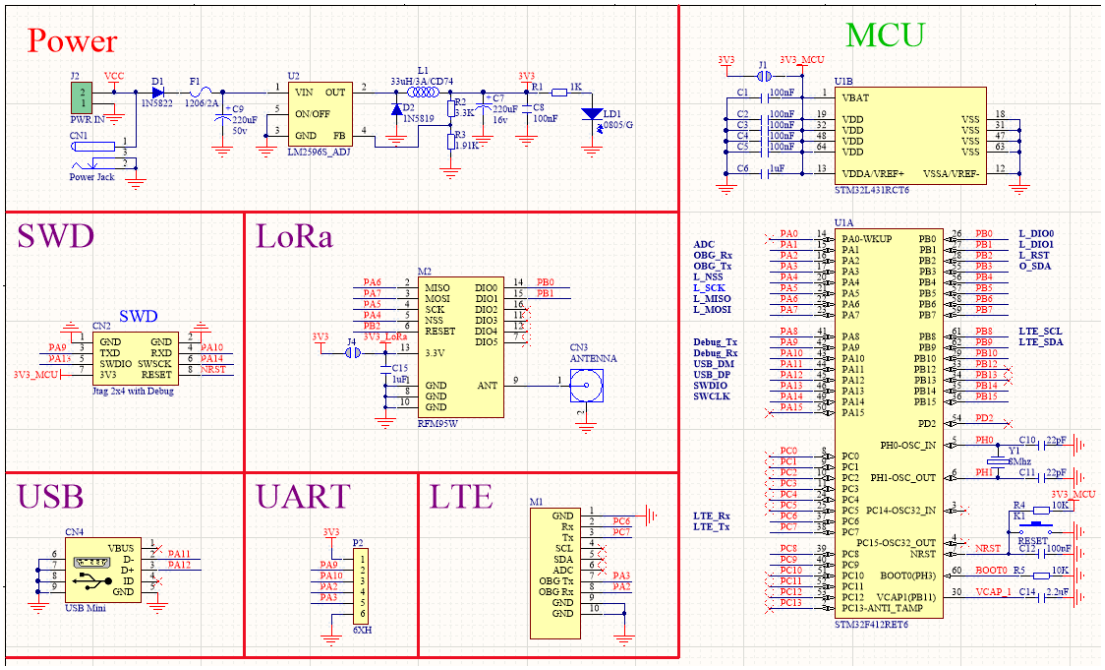
[۲] انتقال پیام از اپلیکیشن سرور به NODE

جدول ۲: مقایسه کلاسهای **LoRaWAN**

کلاس‌ها	توصیف	مقصود استفاده	مصرف	مثال سرویس
A (all)	تنها بعد از هر ارسال به کانال گوش می‌دهد	کاربردهای بدون محدودیت تأخیر	اقتصادی‌ترین کلاس ارتباطی از نظر انرژی توسط تمامی کلاس‌ها پشتیبانی می‌شود. قابل استفاده به وسیله باتری	شناسایی آتش تشخیص شروع زمین‌لرزه
B (beacon)	در تکرارهای منظم و قابل تنظیم به کانال گوش می‌دهد	کاربردهای با محدودیت تأخیر پیام چند ثانیه	بهینه‌شده برای مصرف قابل استفاده به وسیله باتری	اندازه‌گیری‌های هوشمند
C (Continuous)	همیشه به کانال گوش می‌دهد	کاربردهای بدون تأخیر (کمتر از یک ثانیه)	مناسب برای دستگاه‌های متصل به برق یا بدون محدودیت توان	مدیریت ناوگان مدیریت بلادرنگ ترافیک

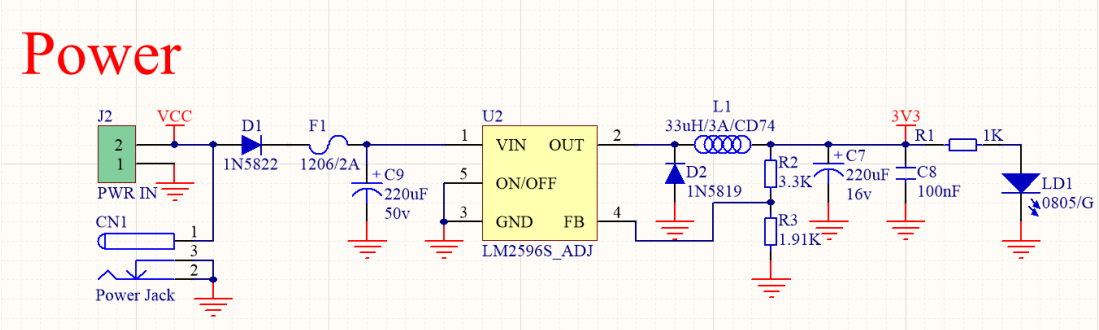
پیادهسازی پروژه بخش برد واسط

طرح واره[۲] کلی برد واسط را در مشاهده میکنید.

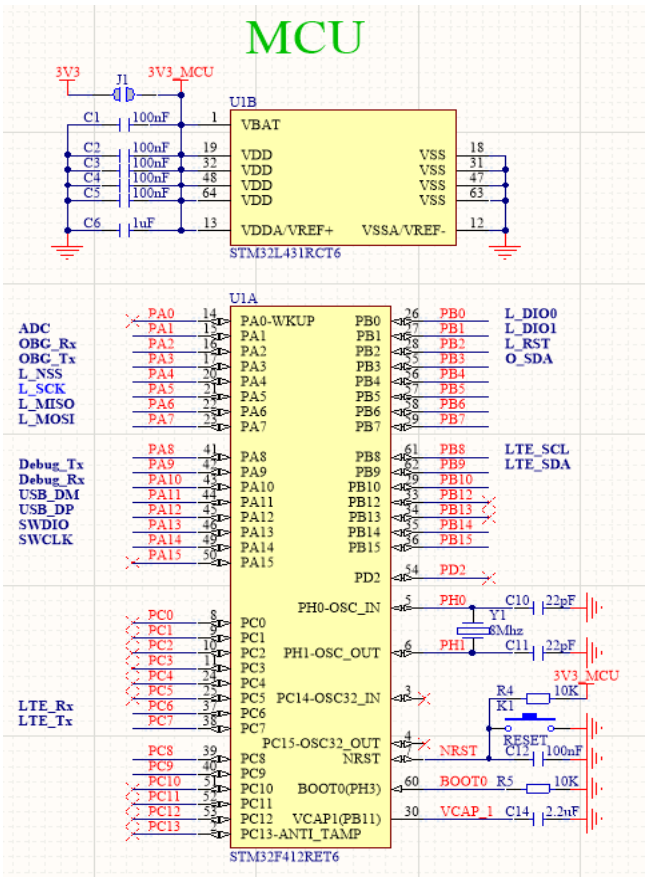


شکل ۷: طرح واره کلی برد واسط

[۲] schematic



شکل ۸: طرح واره برد واسط (بخش تغذیه)



شکل ۹: طرح واره برد واسط (بخش **MCU)**

از جمله ویژگیهای این ماژول میتوان به مصرف جریان پایین (در حالت آماده به کار حدود ۳۴Mw)، پشتیبانی از مدولاسیونهای FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM and OOK.

حساسیت بالا (تا ۱۴۸ dBm-) و حداکثر توان ۲۰ dBm اشاره کرد. پروتکل ارتباطی این ماژول SPI[۲]است.

[۲]Serial prepheral interface

منابع

[1] Sailesh, M, P. Kumar, C, V. Cecil, B. Mangal Deep B, M. Sivraj, P. (2014). Smart soldier assistance using WSN, 2015 International conference on embedded systems (ICES).

[2] Cotton, S, L. Scanlon, W.G. Madahar B, K. (2009). IEEE Communications Magazine. 47(10).

[3] Augustin, A. Yi, J. Clausen, T. Townsley, W,M. (2016). Astudy of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet Things.Sensors. 16/1466/doi: 10.3390/s16091466.

[4]] Matin, M.A, Islam, M,M. (2012). Wireless sensor networks technology and protocols. In Tech Published.

[5] Kulkarni, R, V. Forster, A. Venayagamoorthy, G, K. (2011). Computational intelligence in wireless sensor networks: A survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 13 (1).

[6] Yick, J. Mukherjee, B. Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. Computer Networks. 52(12).

[7] Healy, M. Newe, T. Lewis, E. (2008). Wireless sensor node hardware: A review. IEEE Sensors 2008 Conference.

[8] "1." Jain, Y. Soni, B. Goyal, A. Sharma, C. (2020). Novel Wearable Device for Health Monitoring and Tracking of Soldiers Based on LoRa Module. 2020 IEEE 4th Conference on Information & Communication Technology (CICT).

[9] Kodam, S. Pally, N. Goud, B. Dran, B, R. (2020). A review on smart wearable devices for soldier safety during battlefield using WSN technology. Materials Today: Proceedings, Vol:33, p: 4578-4585.

دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۶۹-۵۸

Abstract:
This project focuses on establishing the communication section of the Smart Soldier project and implementing its communication protocol. In this project, the LoRa physical layer has been implemented in both software and hardware. The LoRaWAN protocol is also used to manage the communication between LPWAN gateways and end-nodes as a routing protocol. Due to high sensitivity, LoRaWAN had not been trusted in this project, and it was decided to implement the LoRa physical layer initially and practically. Additionally, in another section, LoRa data is converted to LTE and sent via an LTE module, which enables the use of multiple protocols for data transmission and reduces the problems associated with each of these protocols.
The LoRa physical layer is used as a long-range communication link for communicating with end-node devices. In this project, this physical layer has been implemented in both software and hardware. Additionally, LoRaWAN and LTE protocols are used for data transmission.
In addition to managing communication frequencies, the LoRaWAN protocol serves as a routing protocol for data and power levels for all devices. End-node devices in this network operate asynchronously, and when data is available for transmission, it is transmitted. Data packets sent by an end-node device are received by multiple gateways and then routed to a central network server. The data is then sent to application servers.
However, there are some problems related to the performance of LoRaWAN confirmation transmission. Therefore, due to high sensitivity, it was decided to implement the LoRa physical layer initially and practically in this project. This technology demonstrates high reliability for moderate loads. Additionally, in another section, LoRa data is converted to LTE and sent via an LTE module, which enables the use of multiple protocols for data transmission and reduces the problems associated with each of these protocols.