

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:
ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»

20 грудня 2024 року



Полтава 2024

11. P.-Y. ChiuehTzi-Dar and Tsai, *OFDM Baseband Receiver Design for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2008.
12. Ettus research - networked software defined radio (SDR). [Online]. Available: <https://www.ettus.com/>
13. K. Tan, H. Liu, J. Zhang, Y. Zhang, J. Fang, G.M. Voelker, Sora: high-performance software radio using general-purpose multi-core processors, *Commun. ACM* 54 (1) (2011) 99, <https://doi.org/10.1145/1866739.1866760>.
14. G.J. Minden, J.B. Evans, L. Searl, D. DePardo, V.R. Petty, R. Rajbanshi, T. Newman, Q. Chen, F. Weidling, J. Guffey, D. Datla, B. Barker, M. Peck, B. Cordill, A.M. Wyglinski, A. Agah, *KUAR: a flexible software-defined radio development platform*, 2007 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, (2007), pp. 428–439, <https://doi.org/10.1109/DYSPAN.2007.62>.
15. K. Li, M. Wu, G. Wang, J.R. Cavallaro, *A high performance GPU-based softwaredefined basestation*, 48th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, (2014), pp. 2060–2064
16. M. Bansal, A. Schulman, S. Katti, *Atomix: a framework for deploying signal processing applications on wireless infrastructure*, 12th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 15), (2015), pp. 173–188
17. TMS320C6670 Multicore Fixed and Floating-Point System-on-Chip | TI.com. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/tms320c6670>
18. SMJ320C80 Digital Signal Processor | TI.com. [Online]. Available: <http://www.ti.com/product/SMJ320C80>

ARCHITECTURE OF SOFTWARE-DEFINED RADIO

M. Bikchentayev, PhD Student,

B. Boriak, PhD

National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"

УДК 621.396.2

В.В. Руденко, аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ОГЛЯД СТАНДАРТУ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ LORAWAN

Наразі стрімко розвивається концепція "Інтернет Речей", раніше відома як M2M, або Machine-to-Machine. Велика кількість дрібних, часто однозадачних, пристроїв об'єднуються в одну мережу і будують цілу систему датчиків, виконавчих пристроїв, пристроїв моніторингу чи керування тощо. Забезпечення стійкої взаємодії і організації ефективної мережі між пристроями IoT є важливою і комплексною задачею.

Існує багато мережевих стандартів для IoT, наприклад ZigBee, Z-Wave, Thread, Matter. Сюди можна віднести і протокол Wi-Fi. Ці стандарти, як правило, використовуються в таких концепціях як розумний будинок, де велика кількість

побутових пристроїв об'єднуються в одну мережу та підключені до Інтернету. В таких мережах пристрої, як правило, знаходяться досить близько, в одному приміщенні чи будівлі, тому питання дальності передачі та стійкості до завад і перешкод майже не враховується.

Однак, також концепція IoT впроваджується і у виробництві, і у сільському господарстві. Такі протоколи, як ZigBee чи Wi-Fi є недоцільними в цих галузях, бо не можуть забезпечити надійну передачу інформації на велику відстань. На відміну, стек LoRa вирішує ці питання. В ньому швидкість передачі поступається дальності і стійкості, що чудово підходить для застосунків, де звичні протоколи IoT є неефективними.

Стандарт LoRa представляє собою стек протоколів. Протоколу фізичного рівня LoRa(PHY), що забезпечує стійку передачу інформації до 15 км на відкритій місцевості, та до 5 км в міській забудові, та мережевого(програмного) рівня LoRaWAN, що ефективно поєднує велику кількість LoRa(PHY) пристроїв в мережу та шлюзом до Інтернету чи застосунків, що знаходяться поза стеком LoRa.

LoRaWAN - це розширення до LoRa(PHY), який дає можливість безпечно поєднати пристрої до серверу та передавати інформацію до кінцевого користувача. Він описує мережеву архітектуру з кінцевими пристроями, шлюзами та серверами. Також, він точніше описує LoRa(PHY) кадр, щоби можна було забезпечити безпечну передачу даних між кінцевим пристроєм і сервером [1].

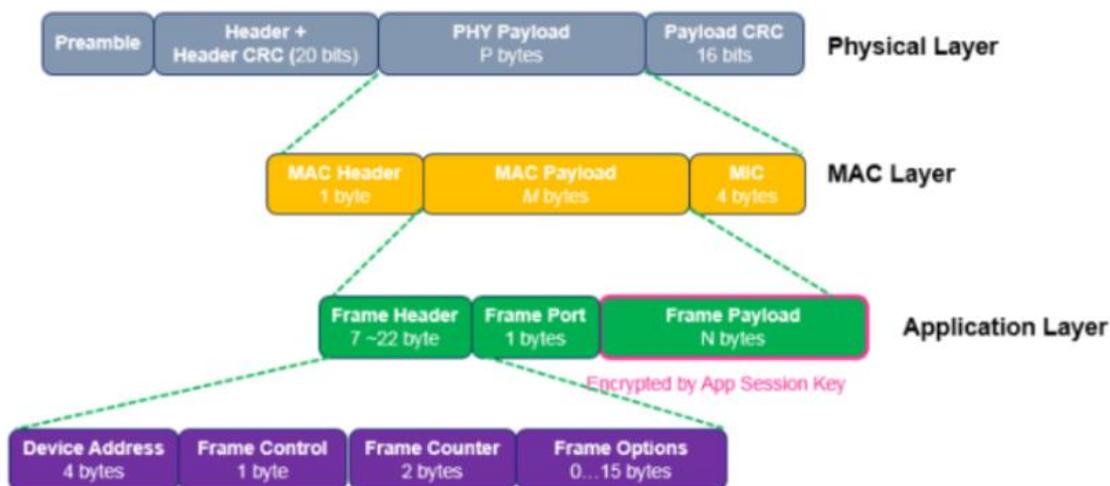


Рис. 1. Загальна архітектура LoRaWAN мережі [2]

Програмне забезпечення LoRaWAN додає до кадру LoRa(PHY) службову інформацію про номер кадру, пристрій, що передав кадр, інформацію контролю тощо. Так LoRaWAN імплементує контроль доступу до медіа (MAC рівень).

Кінцеві пристрої LoRaWAN, шлюзи, мережевий сервер і сервер додатків знаходяться в основі архітектури LoRaWAN, але платформа IoT і підключення

користувача не мають жодного відношення до LoRa. Це просто класичний веб-сервіс.

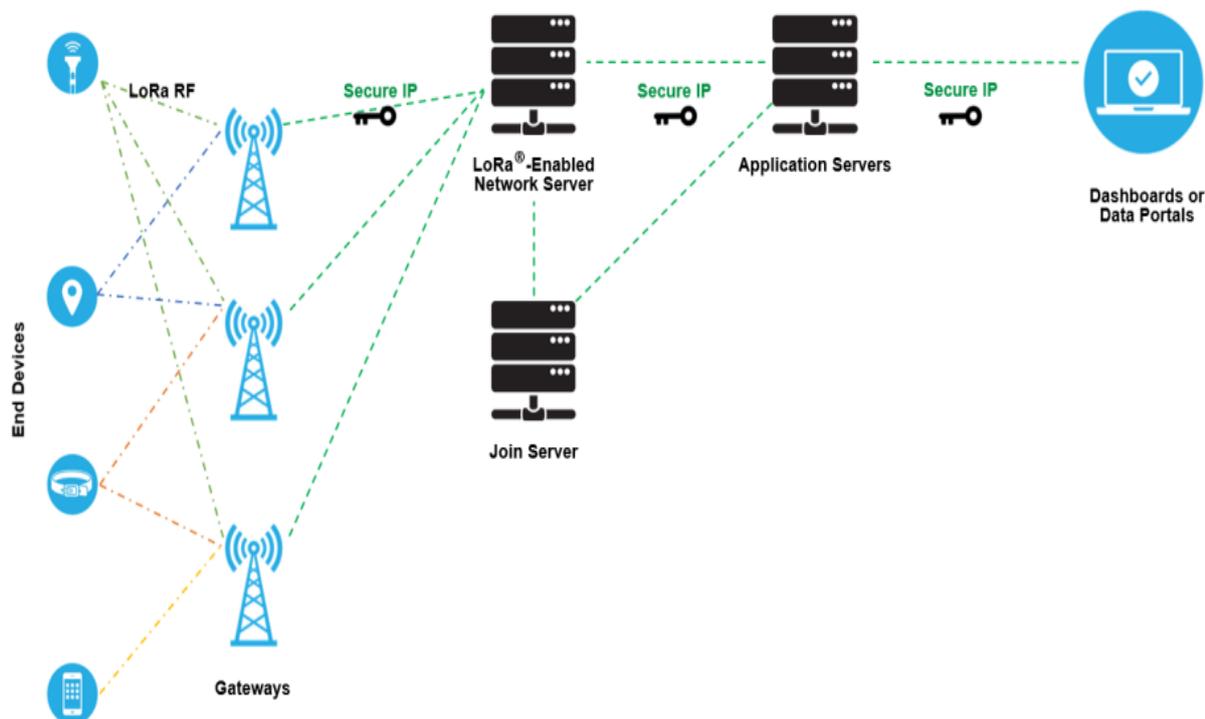


Рис. 2. Загальна архітектура LoRaWAN мережі [3]

Мережі LoRaWAN зазвичай будуються за топологією «зірка», у якій пристрої до одного шлюзу, який передає повідомлення між кінцевими пристроями і центральний мережевий сервером. Мережевий сервер, в свою чергу, маршрутизує пакети від кожного пристрою мережі до відповідного сервера додатків.

Для захисту передачі використовується загальноживаний стандарт шифрування AES. Кожен пристрій LoRaWAN має унікальний 128 AES ключ (AppKey) і глобально унікальний ідентифікатор (EUI-64-based DevEUI). Вони разом використовуються в процесі автентифікації пристрою.[4]

Загалом, LoRaWAN слід розглядати як стек протоколів, які розширюють фізичну передачу методом LoRa до повноцінного мережевого стандарту для IoT. Як і інші стандарти, він забезпечує адресацію, маршрутизацію, шифрування і управління пристроями. Також, LoRaWAN поєднує фізичні пристрої з хмарними Web-застосунками. LoRaWAN є цікавою альтернативою до схожих протоколів, таких як Z-Wave, ZigBee чи Thread. Він чудово займає нішу задач, де питання надійності і дальності передачі є ключовими.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Montagny S. *LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners [Електронний ресурс] / Sylvain Montagny. – 2022. – Режим доступу до ресурсу:*

<https://www.univ-smb.fr/lorawan/wp-content/uploads/2022/01/Book-LoRa-LoRaWAN-and-Internet-of-Things.pdf>.

2. *Getting started, considerations and concepts LoRaWAN* [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://pdacontrolen.com/getting-started-considerations-and-concepts-lorawan-1>.

3. *LoRa® and LoRaWAN®, 2024.* – 28 с. – (Semtech Corporation). [Режим доступу до ресурсу]: <https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/lora-and-lorawan.pdf>.

4. *LoRaWAN SECURITY* [Електронний ресурс] // *LoRa Alliance.* – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawan_security_whitepaper.pdf.

5. *LoRaWAN® Specification, 2020.* – 90 с. – (LoRa Alliance®). [Режим доступу до ресурсу]: <https://resources.lora-alliance.org/technical-specifications/lorawan-specification-v1-1>

6. *LoRaWAN® Regional Parameters, 2020.* – 90 с. – (LoRa Alliance, Inc). [Режим доступу до ресурсу]: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/05/RP-2-1.0.3.pdf>

REVIEW OF THE LORAWAN WIRELESS COMMUNICATION STANDARD

V. Rudenko, PhD Student

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”

УДК 620.92

К.К. Брижак, студент групи 301-ВЕ,

А.С. Войтенко, студент групи 301-ВЕ,

С.В. Польцер, студент групи 301-ВЕ,

С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ГЕОТЕРМАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

Геотермальна енергетика міцно посіла своє місце серед відновлюваних галузей енергетики. Зараз цей напрям енергетики застосовується у більш ніж 60 країнах світу. Лідерами з виробництва геотермальної електричної енергії є США, Індонезія, Філіппіни, Туреччина, Нова Зеландія, Мексика, Кенія, Італія, Ісландія та Японія. Однак найбільший приріст геотермальних електричних потужностей спостерігається в Туреччині, Індонезії і Кенії, які сумарно додали три чверті нових геотермальних установок, що були введені в експлуатацію протягом 2019 року.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) станом на 2023 рік встановлена потужність геотермальних електростанцій (ГеоТЕС) становила 15 ГВт, а загальна кількість виробленої електроенергії сягнула 101 ТВт·год [1].