

## LPWAN З ВИКОРИСТАННЯМ RASPBERRY PI І ТЕХНОЛОГІЇ LORA

Могильний С.Б., Голощапова К.А.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: isearch@ukr.net

### LPWAN using Raspberry Pi and LoRa technology

Based on the analysis of existing types of sensor networks the possibility of building a network based on economic LPWAN devices and technologies LoRa. Considered design educational network using a gateway LoRa on Raspberry Pi.

Кількість пристроїв, підключених до Інтернету невідмінно зростає (рис.1) [1] і їх все частіше об'єднують в сенсорні мережі, які дозволяють збирати дані з багаточисельних сенсорів, передавати їх на хмарні сервіси. Там відбувається накопичення інформації, її обробка та формування зворотних сигналів керування. Для ефективної роботи такої системи Інтернету речей необхідно забезпечити довготривалу і надійну роботу каналів збору даних, охоплення одним шлюзом великої території і, звичайно, більш низьку вартість.

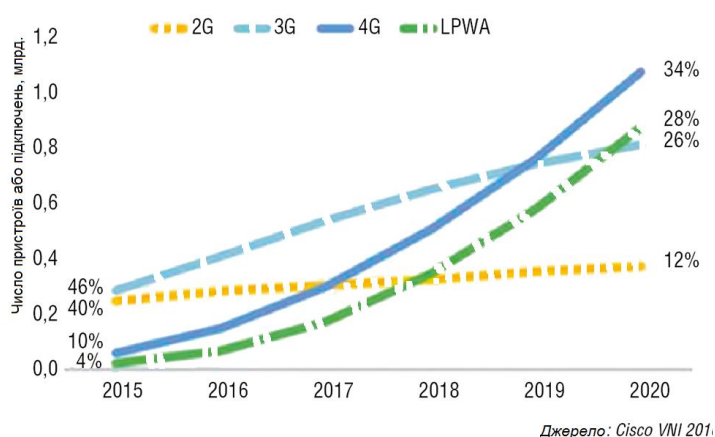


Рис. 1 Темпи зростання числа пристроїв, підключених до Інтернету.

Основні технічні параметри діючих сьогодні мереж LPWAN (low-power wide area network – мережа з широким охоплення і низьким енергоспоживанням) наведені в табл. 1 [2].

Таблиця 1 Основні параметри розповсюджених сенсорних мереж

Рішення	Модель	Частота, МГц	Дальність, км	Швидкість передачі даних	Розмір пакету
Sigfox	Пропріетарна	868/902	за містом: 30-50 в місті: 3-10	завантаження: < 300 Кбіт/с скачування: 8 біт в день	12 біт
LoRaWAN	Альянс	433/780/868/915	за містом: 15 в місті: 2-5	300 біт/с – 50 Кбіт/с	визначає користувач
Ingenu	Пропріетарна	2400	за містом: 5-10 в місті: 1-3	завантаження: 624 Кбіт/с скачування: 156 Кбіт/с	8 біт – 10 Кбіт
Weighless-W	Альянс	400-800	5	1 Кбіт/с – 10 Мбіт/с	> 10 біт
Weighless-N	Альянс	< 1 000	3	100 Кбіт/с	< 20 біт
Weighless-P	Альянс	< 1 000	2	200 біт/с – 100 Кбіт/с	> 10 біт
Dash7	Альянс	433/868/915	< 5	10, 56 або 167 Кбіт/с	< 256 біт

Технологія LoRa спирається на метод модуляції, запатентований компанією Semtech і відкритий мережевий протокол Long Range Wide Area Networks (LoRaWAN). Модуляція LoRa заснована на технології розширення спектру (Spread Spectrum Modulation) і зміні лінійної частотної модуляції (Chirp Spread Spectrum, CSS) (рис. 2) [3]. Таке рішення забезпечує високу стійкість зв'язку на великих відстанях і може забезпечити чутливість до -138 дБм (рис. 3) [4]. Модуляція LoRa визначає фізичний рівень мережі радіодоступу, яка може мати різну топологію. Розвитком технології LoRaWAN займається некомерційна організація LoRa Alliance, в яку входять такі компанії, як IBM, Semtech, Cisco, Actility та ін.

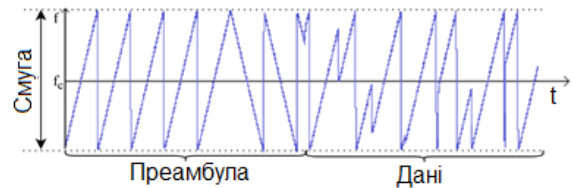


Рис. 3 Метод CSS частотної модуляції

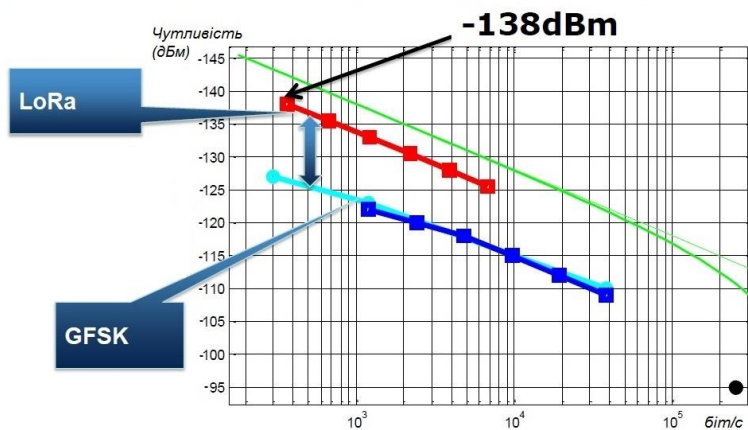


Рис. 2 Залежність отриманої чутливості від швидкості передачі даних.

Безперечною перевагою сенсорної мережі на основі технології LoRa також є використання безліцензійних частотних діапазонів (для України – 433 МГц), що дозволяє створювати невеликі приватні мережі.

Ціна радіомодулів LoRa становить 14-22\$ при ціні самої мікросхеми близько 5\$.

Зона охоплення базової станції (шлюзу) в мережі LoRaWAN становить до 15 км, швидкість передачі даних - до 50 Кбіт/с (табл. 1). Заявлена тривалість автономної роботи кінцевого пристрою (при використанні акумулятора ємністю 2000 мА·год) – 105 місяців, тобто майже дев'ять років. Максимальний бюджет лінії зв'язку з використання технології LoRa 168 дБ.



а)



б)

Рис.4 Шлюз для LoRa на Raspberry Pi (а) і LoRa Shield для Arduino (б).

Для дослідження можливостей сенсорних мереж і навчання студентів нових технологій Інтернету речей оправдано використати при побудові мережі доступні технічні рішення, які забезпечують необхідні параметри. Наприклад,

Raspberry Pi (38\$) для побудови шлюзу і мікроконтролер Arduino (3\$) для підключення сенсорів (рис. 4). Параметри мікрокомп'ютера Raspberry Pi 3 (4 ядра, 1 Гб оперативної пам'яті, частота тактування 1,2 ГГц [5] перевершують параметри популярної конструкції шлюзу LoRa EMB-GATE-LR (однядерний ARM Cortex-A, 5 12 Мб оперативної пам'яті, частота 536 МГц). Ціна EMB-GATE-LR перевищує 300\$. Також важливо, що на Raspberry Pi використовується відкрита операційна система Raspbian (на основі ядра Linux), яка швидко розвивається і під яку можна налаштувати будь-який пристрій.

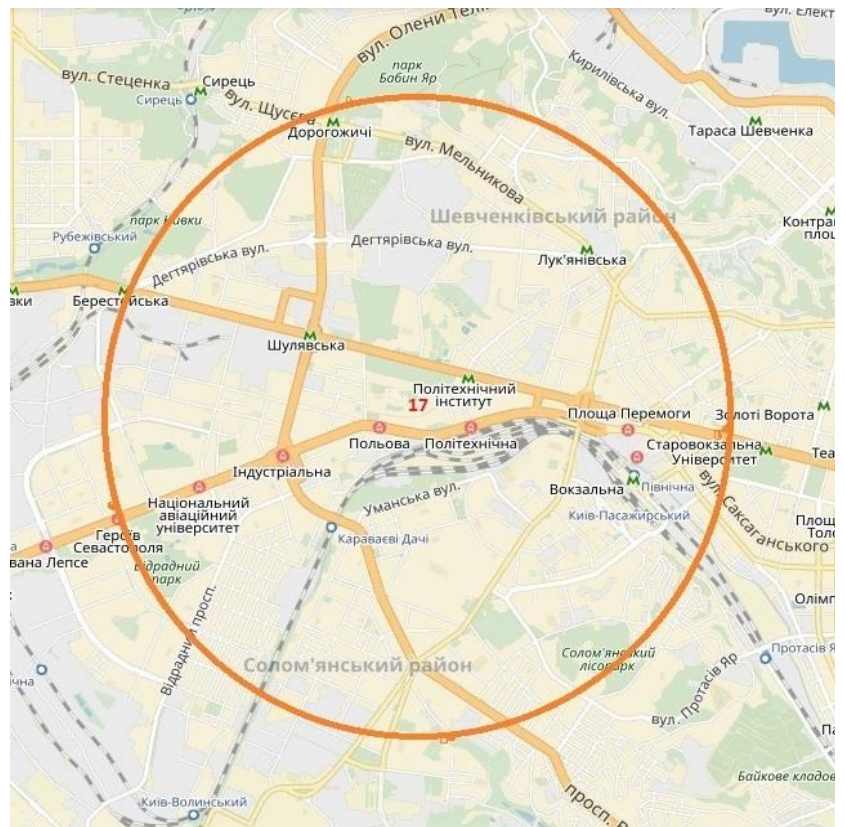


Рис. 5 Очікувана область охоплення навчальною мережею LoRa.

На рис. 5 показана очікувана область охоплення території сенсорної навчальної мережі при розміщенні шлюзу на 5 поверсі 17-го навчального корпусу (для досяжності радіоканалу 3 км). Варто зазначити, що технологія LoRa дозволяє підключити до шлюзу до 20 тис. пристроїв.

В рамках проекту для підтримки профілів користувачів створений сервісний сайт [iot.kpi.ua](http://iot.kpi.ua). Окремі завдання проекту стали основою випускних робіт бакалаврів спеціалізації «Інформаційно-комунікаційні технології». Реалізована апаратна частина мережі і основне програмне забезпечення, які підтвердили очікувані параметри. Попереду дослідження швидкодії передачі даних, в тому числі, окремих зображень, та вимірювання отриманої дальності передачі.

### Література

1. Сети для IoT: LPWAN. Available at: <https://www.osp.ru/lan/2016/11/13050722/>
2. A Detailed Breakdown of LPWAN Technologies and Providers. Available at: [http://web.luxresearchinc.com/hubfs/Insight\\_Breakdown\\_of\\_LPWAN\\_Technologies.pdf](http://web.luxresearchinc.com/hubfs/Insight_Breakdown_of_LPWAN_Technologies.pdf)
3. Augustin A.; Yi J.; Clausen T.; Townsley W.M. A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things. *Sensors* 2016, 16, 1466.
4. Semtech Wireless Products. LoRa™ Introduction: Cambridge Wireless. 2015, 28 p
5. Могильний С.Б. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi – інструмент дослідника / С.Б. Могильний. - К.: Талком, 2014. — 340 с.