

Технічні науки

УДК 004.735

Могильний Сергій Борисович

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри радіотехнічних пристроїв і систем
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Могильный Сергей Борисович

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры радиотехнических устройств и систем
Национальный технически университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Mogilniy Sergey

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Radioengineering Devices and Systems
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

Голощанова Кристина Андріївна

*студентка
Інституту телекомунікаційних систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Голощанова Кристина Андреевна

*студентка
Института телекоммуникационных систем
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Goloschapova Kristina

*Student of the
Institute of Telecommunication Systems of
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**СЕНСОРНА МЕРЕЖА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LORA ДЛЯ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ
СЕНСОРНАЯ СЕТЬ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ LORA ДЛЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
SENSOR NETWORK BASED ON LORA TECHNOLOGY FOR
ENVIRONMENTAL MONITORING**

Анотаці. Побудова та дослідження сенсорної мережі на основі технології LoRa для екологічного моніторингу.

Ключові слова: сенсорна мережа, технологія LoRa, моніторинг, мережеве планування.

Аннотация. Построение и исследование сенсорной сети на основе технологии LoRa для экологического мониторинга.

Ключевые слова: сенсорная сеть, технология LoRa, мониторинг, сетевое планирование.

Summary. Construction and research of sensor network based on LoRa technology for environmental monitoring.

Key words: sensor network, LoRa technology, monitoring, network planning.

За останнє сторіччя населення світу збільшилося в чотири рази за рахунок значного переселення із сільської місцевості до міських районів. Сьогодні в містах мешкає 50% населення, і ця чисельність досягне 70% до

2050 року [1, с. 1392]. Тому попит на високу якість життя в міських районах породжує необхідність створення екологічно чистих міст.

Бездротова сенсорна мережа, яка надаватиме дані про вплив людської діяльності на навколишнє середовище, може стати вирішенням багатьох питань в області екології. Такі мережі можуть збирати дані з інтелектуальних пристроїв і датчиків, вбудованих в дорожнє покриття, електричні мережі та будівлі. Комунікація по всій мережі вузлів дозволяє використовувати нові можливості, такі як статистична вибірка, агрегація даних, а також моніторинг.

Сенсорні мережі забезпечують дуже низьку вартість розгортання, обслуговування та енергоспоживання. Великий діапазон вузлів дозволяє здійснювати розгортання в віддалених місцях, що є перевагою в використанні таких мереж для екологічного моніторингу.

Для охоплення сенсорами великої території, необхідний бездротовий протокол відповідної дальності. Для цього доцільно використовувати малопотужну широкосмугову мережу LPWAN, яка призначена для підтримки передачі даних з низькою швидкістю підключених пристроїв, таких як датчики, що працюють автономно. Основні технічні параметри таких мереж наведені в табл. 1 [3, с. 408].

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

LoRa – це, перш за все, технологія модуляції, яка забезпечує значну дальність зв'язку, у порівнянні з існуючими конкурентами. Зона покриття залежить від середовища або перешкод на місцевості. Модуляція в даному методі заснована на технології розширення спектру Spread Spectrum Modulation (SSM) і варіації лінійної частотної модуляції Chirp Spread Spectrum (CSS) з інтегрованою прямою корекцією помилок Forward Error Correction (FEC). Така технологія дозволяє шлюзу або базовій станції покривати цілі міста або сотні квадратних кілометрів [3, с. 408].

LoRa дозволила демодулювати сигнали на рівні 20 дБ нижче рівня шумів, у той час як більшість систем з частотної маніпуляцією FSK працюють тільки з рівнем сигналів не нижче 8-10 дБ рівня шумів.

На території, показаній на рис. 1, необхідно встановити набір периферійних вузлів (їх кількість вказана на рис. 1), які збирають інформацію про умови навколишнього середовища. Ці вимірювання передаються на пристрої базових станцій з використанням бездротового протоколу LoRa. Варто зазначити, що технологія LoRa дозволяє підключити до одного шлюзу до 20 тис. пристроїв. В зв'язку з чим постає наступна задача: визначити кількість шлюзів та місця їх розміщення для повної та якісної зони покриття території КПМ мережею LoRa.

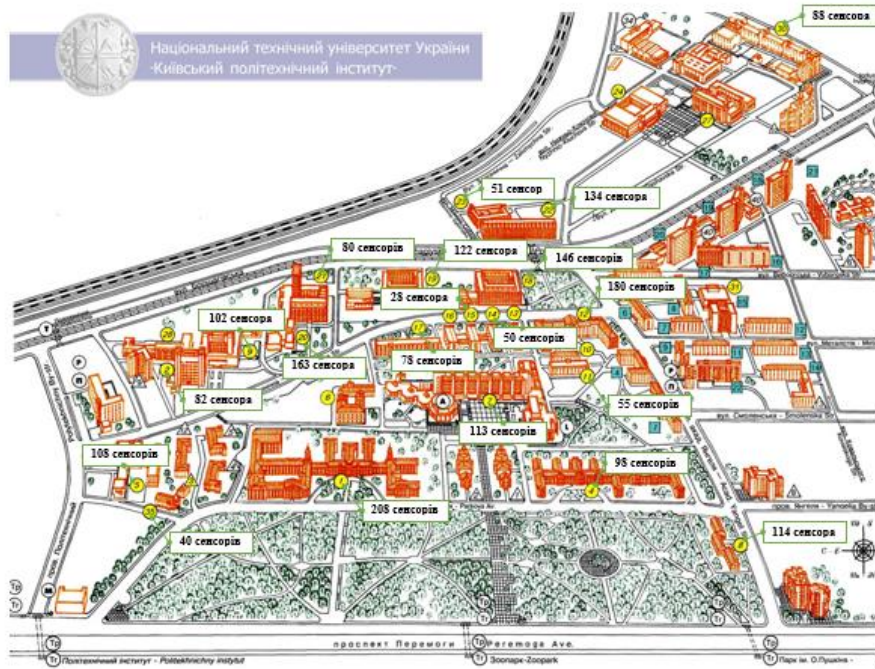


Рис. 1. Очікувана область охоплення території сенсорної навчальної мережі LoRa НТУУ «КПІ»

Теоретично LoRaWAN в межах міста може передавати сигнал на відстань від 2-ох до 5-ти кілометрів. Експериментально ж було отримано, що максимальна дальність передачі сигналу в забудові, тобто в місті близько 400 метрів. Це означає, що для якісного покриття території КПІ, необхідно встановити не менше 3-ох або 4-ох базових станцій. Адже територія Київського політехнічного інституту охоплює 2 км² (рис. 2).

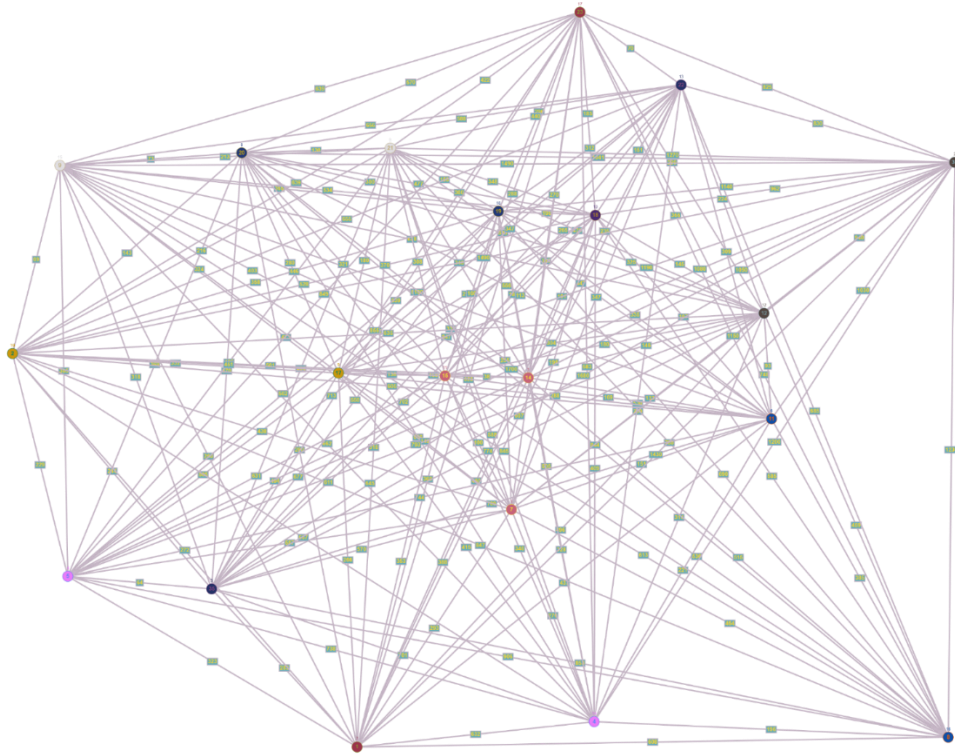


Рис. 2. Граф відстаней корпусів НТУУ «КПІ»

Для більшої наглядності показана матриця суміжності (табл. 2) графа, який наведений на рис. 2. Числа, які вказані в першому рядку та стовбці, це номери корпусів НТУУ «КПІ». Числа, які знаходяться на перетині рядків та стовбців, це відстані між корпусами в метрах.

Таблиця 2

Матриця суміжності графа відстаней корпусів НТУУ «КПІ»

	30	23	18	19	21	20	9	2	5	35	1	4	17	15	14	12	7	8	11	22
30	0	825	962	1140	1270	1041	1420	1490	1700	1680	1430	1200	1190	1080	1050	940	1150	1230	1030	830
23	825	0	185	296	422	570	580	639	849	839	623	583	360	288	270	289	385	748	366	70
18	962	185	0	195	348	477	534	528	713	702	460	409	217	113	101	145	198	585	197	151
19	1140	296	195	0	158	300	365	358	562	550	360	505	100	160	185	325	255	690	335	312
21	1270	422	348	158	0	130	213	216	435	434	318	588	180	308	346	470	335	785	447	440
20	1041	570	477	300	130	0	73	143	369	370	280	656	280	321	370	593	424	844	556	588
9	1420	580	534	365	213	73	0	69	305	318	260	662	324	403	446	638	473	845	596	656
2	1490	639	528	358	216	143	69	0	229	244	272	667	332	451	501	635	438	847	605	655
5	1700	849	713	562	435	369	305	229	0	64	323	738	505	631	677	793	587	906	744	855
35	1680	839	702	550	434	370	318	244	64	0	283	701	494	611	645	774	570	853	709	847
1	1430	623	460	360	318	280	260	272	323	283	0	632	266	353	388	496	293	608	437	607
4	1200	583	409	505	588	656	662	667	738	701	632	0	415	346	328	314	270	196	221	530
17	1190	360	217	100	180	280	324	332	505	494	266	415	0	138	158	304	149	613	288	347
15	1080	288	113	160	308	321	403	451	631	611	353	346	138	0	38	180	100	536	169	265
14	1050	270	101	185	346	370	446	501	677	645	388	328	158	38	0	145	97	515	133	235
12	940	289	145	325	470	593	638	635	793	774	496	314	304	180	145	0	209	459	93	224
7	1150	385	198	255	335	424	473	438	587	570	293	270	149	100	97	209	0	464	151	347
8	1230	748	585	690	785	844	845	847	906	853	608	196	613	536	515	459	464	0	385	685
11	1030	366	197	335	447	556	596	605	744	709	437	221	288	169	133	93	151	385	0	309
22	830	70	151	312	440	588	656	655	855	847	607	530	347	265	235	224	347	685	309	0

Для візуалізації результатів використовувалася програма Atoll, яка призначена для планування бездротових мереж. Інтерфейс програми показаний на рис. 3. Він стандартний для програм цього класу: зліва знаходяться об'єкти проєктованої мережі, в центрі - карта з накладеними на неї шарами. При створенні базової станції можлива зміна її параметрів, включаючи кількість секторів, висоту і діаграму спрямованості антени, частоту тощо.

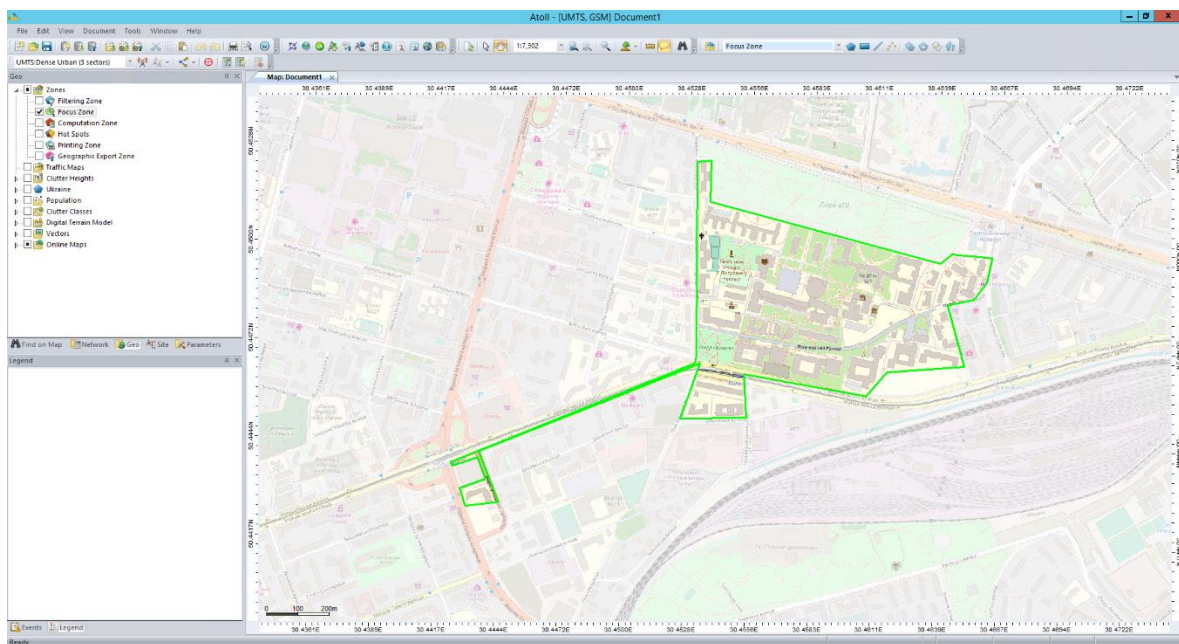


Рис. 3. Програмне забезпечення Atoll для радіопланування

В рамках проєкту для підтримки профілів користувачів створений сервісний сайт iot.kpi.ua. Реалізована апаратна частина мережі і основне програмне забезпечення, які підтвердили очікувані параметри. Попереду планування та дослідження мережі на території НТУУ «КПІ» для якісного та повного покриття LoRa на частотах, які не вимагають ліцензування.

Однією із переваг проєкту є те, що вся інформація про стан довкілля матиме геопросторову прив'язку. Це дозволить використовувати численні методи обробки геопросторової інформації при візуалізації та аналізі отриманих даних. А відносна низька вартість моніторингових пристроїв та тривалий час автономної роботи дозволить їх масове використання, що сприятиме розвитку щільної моніторингової мережі.

Література

1. Constantino D. Urban Smartness: Tools and Experiences. Sxl - Springer for Innovation, (12), 2014.
2. White Paper: A Technical Overview of Lora and Lorawan / LoRa Alliance. – LoRa Alliance: San Ramon, CA, USA, 2015. – 20 p.
3. Могильний С.Б. LPWAN з використанням RASPBERRY PI І технології LORA / С.Б. Могильний, Х.А. Голощапова // Проблеми телекомунікацій ПТ-2017: XI Міжнародна науково-технічна конференція та Перспективи розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем ПРІТС 2017: IX Міжнародна науково-технічна конференція студентів та аспірантів, 18–21 квітня 2017 р., Київ: збірник матеріалів конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – С. 408-410.
4. Могильний С.Б. Мікрокомп'ютер Raspberry Pi – інструмент дослідника / С.Б. Могильний. – К.: Талком, 2014. — 340 с.