

Вибір бездротових технологій для застосування в сільському господарстві

Поляков^f О. В.

Оникієнко^s Ю. О., доц., ORCID [0000-0001-7508-8391](https://orcid.org/0000-0001-7508-8391)

Факультет електроніки

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Київ, Україна.

Анотація—У сферах високоточного землеробства, управління угіддями і рослинництва існують широкі можливості застосування технологій IoT. Зокрема, можливість виконувати моніторинг параметрів ґрунту — його температури, вологості і вологоємності, що необхідно для оптимального поливу і внесення добрив, а також параметрами навколишнього середовища земельних ділянок. Для дистанційного моніторингу та керування цими параметрами необхідно використання безпроводних технологій. В статті були розглянуті різні способи передачі даних, їх переваги та недоліки в енергетичному плані, залежність від зовнішніх факторів, радіус дії та способу передачі інформації. На підставі цього зроблені висновки про найдоцільніші до використання системи передачі даних з теплиць на сервер, які в свою чергу мають менше енергозатрати, та найбільш оптимальні для передачі даних, також розглянуто доцільність використання певних способів підзарядки в залежності від їх переваг.

Ключові слова — *Wi-Fi; інтернет речей; LoRa; передача даних; ZigBee; GSM*

I. Вступ

Поява розумних теплиць і оранжерей зробило революцію в сільському господарстві, дозволивши, наприклад, більш ефективно вирощувати екзотичні фрукти в північних широтах. В основі будь-якої розумної теплиці — датчики, виконавчі механізми, системи моніторингу та управління, які в комплексі дозволяють оптимізувати багато факторів і умови зростання агрокультур.

Розумна теплиця — це повністю автоматизована конструкція, покликана полегшити процес вирощування агрокультур і мінімізувати використання ручної праці. Цей сільськогосподарський об'єкт включає в себе мікроконтролери, датчики і додатки Інтернету речей.

Часто розумні теплиці працюють в синхронізації з іншими технологічними рішеннями, наприклад, технологіями автоматичного поливу і системами HVAC. Інтелектуальні датчики фіксують дані про зростання рослин, зрошенні, наявності шкідників та освітленні і відправляють їх на локальний або хмарний сервер. Для зв'язку тепличного контролера з сервером використовують різні технології зв'язку.

Для вибору певної технології зв'язку теплиці та сервера потрібно враховувати відстань, на якій знаходиться сервер або точка доступу від теплиці.

Мета даної роботи — проаналізувати різні технології передачі даних, визначити принцип їхньої роботи та надати рекомендації з вибору найбільш підходящої технології для застосування в теплицях.

II. ТЕХНОЛОГІЯ GSM

Стандарт GSM (від назви групи Groupe Special Mobile, пізніше перейменованій в Global System for Mobile Communications) — глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку другого покоління, з поділом каналу за принципом TDMA та високим ступенем безпеки завдяки шифруванню з відкритим ключем. Розроблено під егідою Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 80-х років.

Стандарт GSM є цифровим і забезпечує високу якість і конфіденційність зв'язку і надає абонентам великий набір послуг: автоматичний роумінг, прийом-передача даних, SMS-сервіс, голосова та факсимільна пошта. Основні недоліки стандарту: спотворення голосу при цифровій обробці і передачі його по радіоканалу, невеликий радіус дії базової станції, GSM телефон не може працювати при відстані від базової станції в 35 км [1].

Стільникові телефони стандарту GSM функціонує в 4-х діапазонах частот: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц. Існують також, і досить поширені, мультидіапазонні (Dual-Band, Multi-Band) телефони, здатні працювати в діапазонах 900/1800 МГц, 850/1900 МГц, 900/1800/1900 МГц [1].

GSM на сьогоднішній день є найбільш поширеним стандартом зв'язку. За даними асоціації GSMA на даний стандарт доводиться 82% світового ринку мобільного зв'язку, 29% населення земної кулі використовує глобальні технології GSM. У GSMA в даний



час входять оператори більш ніж 210 країн і територій.

A. GSM-900

Цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 890 до 915 МГц (від телефону до базової станції) і від 935 до 960 МГц (від базової станції до телефону).

У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880-915 МГц (MS → BTS) і 925-960 МГц (MS ← BTS), завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50. Така модифікація була названа E-GSM (extended GSM).

B. GSM-1800

Цифровий стандарт мобільного зв'язку в діапазоні частот від 1710 до 1880 МГц:

Максимальна випромінювана потужність мобільних телефонів стандарту GSM-1800 — 1 Вт, для порівняння у GSM-900 — 2 Вт. Більший час безперервної роботи без підзарядки акумулятора і зниження рівня радіовипромінювання.

Висока ємність мережі, що важливо для великих міст.

Можливість використання телефонних апаратів, що працюють в стандартах GSM-900 та GSM-1800 одночасно. Такий апарат функціонує в мережі GSM-900, але, потрапляючи в зону GSM-1800, перемикається — вручну або автоматично. Але використання апарату в двох мережах можливо тільки в тих випадках, коли ці мережі належать одній компанії, або між компаніями, що працюють в різних діапазонах, укладено угоду про роумінг [2].

Особливість GSM-1800 полягає в тому, що зона охоплення для кожної базової станції значно менше, ніж в стандартах GSM-900, AMPS / DAMPS, NMT-450. Необхідно більше число базових станцій (див. Рис. 1). Чим вище частота випромінювання, тим менше проникаюча здатність (характеризується так званою глибиною скін-шару) радіохвиль і тим менше здатність відбиватися і огинати перешкоди.

Налаштувати зв'язок контролера та сервера за допомогою технології GSM можна використавши GSM модуль. Ціна такого модуля починається від 161 грн.

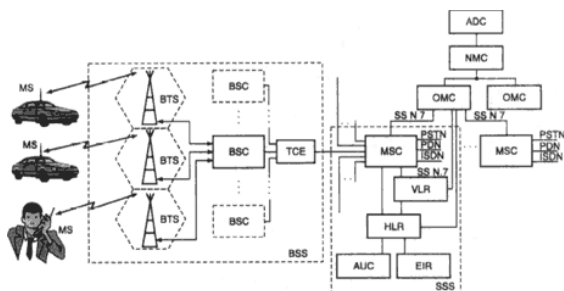


Рис. 1 Взаємодія у GSM мережі



Рис. 2 Структура Wi-Fi мережі

III. ТЕХНОЛОГІЯ WI-FI

Wi-Fi (англ. Wireless Fidelity — «безпроводна точність») — торгова марка Wi-Fi Alliance для бездротових мереж на базі стандарту IEEE 802.11.

A. Принцип роботи

Зазвичай схема Wi-Fi мережі містить не менше однієї точки доступу (так званий режим infrastructure і не менше одного клієнта. Також можливе підключення двох клієнтів в режимі точка-точка, коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за допомогою мережевих адаптерів «безпосередньо» (див. Рис. 2).

Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с — найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи можливо підключення до даної точки доступу. При попаданні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID, приймач може вибирати між ними на підставі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнтові повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання [3].

B. Переваги Wi-Fi

- Простота використання.
- Дозволяє розгорнути мережу без прокладки кабелю, що може зменшити вартість розгортання і / або розширення мережі.
- Wi-Fi пристрої широко поширені на ринку. Гарантується сумісність обладнання завдяки обов'язковій сертифікації обладнання з логотипом Wi-Fi.

C. Недоліки Wi-Fi

- Високе, в порівнянні з іншими стандартами, споживання енергії, що зменшує час життя батарей і підвищує температуру пристрою.
- Найпопулярніший стандарт шифрування WEP може бути відносно легко зламаний навіть при правильній конфігурації (через слабку стійкість алгоритму). Незважаючи на те, що нові пристрої підтримують досконаліший протокол шифрування даних WPA і WPA2, багато старих точки доступу не підтримують його і вимагають заміни. Прийняття стандарту IEEE 802.11i (WPA2) в червні 2004 року зробило доступною безпечнішу схему,

яка доступна в новому устаткуванні. Обидві схеми вимагають більш стійкий пароль, ніж ті, які зазвичай призначаються користувачами. Багато організацій використовують додаткове шифрування (наприклад VPN) для захисту від вторгнення [4].

- Wi-Fi мають обмежений радіус дії. Типовий домашній маршрутизатор Wi-Fi стандарту 802.11b або 802.11g має радіус дії 45 м в приміщенні і 500 м зовні. Відстань залежить також від частоти [5].
- Накладення сигналів закритої точки доступу або точки, яка використовує шифрування доступу, і відкритої точки доступу, що працюють на одному або сусідніх каналах може перешкодити доступу до відкритої точки.
- Неповна сумісність між пристроями різних виробників або неповна відповідність стандарту може привести до обмеження можливостей з'єднання або зменшення швидкості.
- Зменшення продуктивності мережі під час дощу.
- Для зменшення втрати за умов поганої погоди прийнято при розрахунку Wi-Fi мережі ставити обладнання з запасом в третину потужності передавача.
- Перевантаження обладнання при передачі невеликих пакетів даних через приєднання великої кількості службової інформації.

IV. ТЕХНОЛОГІЯ ZIGBEE

ZigBee — стандарт безпроводного зв'язку, призначений для систем управління і збору даних. Він дозволяє створювати самостійно організуються і відновлюються бездротові мережі з підтримкою автоматичної ретрансляції повідомлень, а також мобільних і батарейних вузлів [6].

На сьогоднішній день технологія ZigBee виходить за рамки дослідних лабораторій, вона знаходить широке застосування на практиці в створенні бездротових мереж датчиків, систем автоматизації будівель, систем управління в промисловості, охоронних системах. Мережі з використанням ZigBee забезпечують захист інформації, що передається та гарантують цілісну доставку пакетів незважаючи на невелику швидкість передачі даних.

Стандарт передбачає роботу в частотних діапазонах 868 МГц, 915 МГц і 2,4 ГГц. Досягти максимальної швидкості і завадостійкості можливо використовуючи діапазон 2,4 ГГц. З цієї причини багато виробників мікросхем виробляють приймачі саме під цей діапазон. Він передбачає 16 частотних каналів з кроком 5 МГц. Технічна швидкість передачі даних, враховуючи службову інформацію, досягає 250 кбіт/с. Для передачі корисних даних, в залежності від кількості ретрансляцій і завантаженості мережі, середня пропускна спроможність вузла варіюється від 5 до 40 кбіт/с [7].

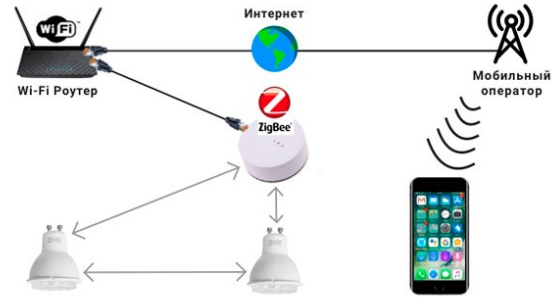


Рис. 3 Схема використання технології ZigBee

ZigBee застосовується у випадку, коли в межах прямої видимості дальність радіозв'язку є недостатньо великою, і виникає потреба в її нарощуванні зі збереженням енергоспоживання на низькому рівні. При веденні роботи всередині приміщення, відстані між вузлами мережі можуть становити десятки метрів, на відкритому просторі — сотні метрів (див. Рис. 3). Зону покриття мережі можна значно збільшити за рахунок застосування репітерів [8].

Переваги технології:

- підтримка високого рівня захисту даних, що передаються;
- гнучкість в налаштуванні вузлів мережі;
- отримання швидкості обміну інформації по радіоканалу до 250 кбіт/с;
- підтримка в одній мережі до декількох тисяч вузлів;
- створення складних мережеских рішень, застосовуючи автоматичну маршрутизацію, ретрансляцію пакетів даних, а також відновлення роботи мережі при виході з ладу її окремих ділянок.

V. ТЕХНОЛОГІЯ LoRa

LoRa — це унікальний формат модуляції, яка може генеруватися компонентами технології LoRa компанії «Semtech», включаючи мікросхеми приймачів-передавачів SX1272 і SX1276. Також це недорогий, ефективний метод отримання коефіцієнта підсилення в компактній приймально-передавальній мікросхемі. Цей формат сумісний з сімейством мікросхем базової станції з високим ступенем інтеграції (SX1301 і SX1257) з великою пропускною здатністю, тому ви можете використовувати його для побудови досить складних точок доступу для багатоточкових мереж [9].

LPWAN (енергоєфективна мережа далекого радіусу дії) — це широкий термін, що охоплює кілька реалізацій і протоколів, як з відкритим вихідним кодом, так і закритих (пропрієтарних) розробок [10].

У той час як інші технології бездротового зв'язку, такі як Bluetooth і BLE (а в деякій мірі Wi-Fi і ZigBee), неможливо встановити для передачі даних на великій відстані, LPWAN, і зокрема її реалізація —

LoRaWAN™, навпаки, забезпечує обмін невеликими обсягами даних на значній дистанції.

Технологія, яка використовується в мережі LoRaWAN™, призначена для підключення недорогих датчиків на батарейках, які працюють на великих відстанях в жорстких умовах, які раніше були занадто складними або дорогими для підключення.

Завдяки значній проникаючій здатності сигналу, шлюз LoRaWAN™, розміщений на будівлі або вежі, може підключатися до датчиків або лічильників, розташованих більш ніж в 16 кілометрах або, наприклад, що знаходяться в підвалах, а в деяких випадках — під землею. Ключовими перевагами технології LoRa є:

- можливість автономної роботи кінцевих пристроїв аж до 10 років від одного акумулятора типорозміру AA за рахунок наднизького енергоспоживання LoRa-модемів (в режимі прийому даних — від 9,7 мА, в режимі передачі — від 40 мА, в режимі сну — 200 нА);
- висока стійкість за рахунок можливості демодуляції сигналів на рівні ~ 20 dB нижче рівня шумів.

VI. ПОРІВНЯННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

При виборі технології безпроводової передачі даних потрібно враховувати багато різних умов, як відстань, енергоживлення, швидкість та вартість.

В таблиці «Порівняння характеристик» наведено порівняння технологій безпроводового зв'язку.

Технологія GSM добре себе проявить на великих дистанціях, але при тому недоліком є помісячна оплата.

Wi-Fi найкраще використовувати, якщо теплиця обладнана Wi-Fi. Однозначним плюсом є висока швидкість передачі даних та можливість передавати дані прямо на сервер. Мінусами технології є високе енергоспоживання та необхідність покриття Wi-Fi сигналом теплиці.

Плюсами ZigBee технології є її вартість. Цю технологію дуже зручно застосовувати, якщо теплиця знаходиться в межах дому, або можна використовувати в межах самої теплиці, наприклад, для дистанційного збирання інформації з датчиків в загальне сховище для відправки їх на сервер.

Таблиця 1 Порівняння характеристик

Параметр модуля	GSM	Wi-Fi	ZigBee	LoRa
Максимальна дальність передачі сигналу	34,5 км	В межах дії Wi-Fi мережі	До 75 м	До 15 км
Діапазон напруг	4,8-5,2 В	2,2-3,6 В	3,3 В-6 В	3,3 В
Енергоспоживання	Низьке	Високе	Низьке	Дуже низьке
Ціна модуля	161 грн	100 грн	115 грн	300 грн

LoRa зручно використовувати на більш менш середніх відстанях. Плюсами є невелика вартість та велика дальність передачі сигналу. Це дає більше гнучкості при користуванні нею. Також плюсом буде низьке енергоспоживання та висока стійкість до завад.

ВИСНОВКИ

Усі вищеописані технології активно використовуються в сільському господарстві та зокрема в теплицях.

Але порівнюючи їх можна визначити яка найбільше підходить для теплиць. Wi-Fi зручно було б використовувати, якщо теплицю обладнано Wi-Fi та тепличний контролер підключений до мережі.

В іншому випадку доцільніше використовувати модуль LoRa, так як технологія ZigBee не дозволяє передавати дані на велику відстань та добре підійде для використання в розумних домах та ін. Порівнюючи з GSM технологією LoRa модуль хоча і дорожче, але дозволяє заплатити один раз та користуватися завжди, на відміну від GSM. Також технологія LoRa є дуже стійкою до завад та перебити сигнал LoRa майже неможливо.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] "SIM900 GSM/GPRS RS232 Modem - User Manual," [Online]. Available: https://www.rhydolabz.com/documents/gps_gsm/sim900_rs232_gsm_modem_opn.pdf. [Accessed 14.03.2020].
- [2] "GSM 900 или GSM 1800 [,]" [Online]. Available: <https://www.gsmota.com.ua/blog/novosti/gsm-900-ili-gsm-1800/>. [Accessed 16.03.2020].
- [3] "Wi-Fi Working Principle," [Online]. Available: <https://www.elprocus.com/how-does-wifi-work/>. [Accessed 16.03.2020].
- [4] "User Manual Of ESP8266 Wifi Shield(AD010)," [Online]. Available: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/AD010%5E1%20.pdf>. [Accessed 17.03.2020].
- [5] "The Complete Wireless Charging Guide," [Online]. Available: <https://www.lxory.com/wireless-charging-guide/>. [Accessed 18.03.2020].
- [6] "Bezdrotova mreazha ZigBee, yiyi perevahy ta osoblyvosti, shcho potribno dlya toho, shchob sformuvaty personal'nu mreazhu ZigBee [Бездротова мережа ZigBee, її переваги та особливості, що потрібно для того, щоб сформувати персональну мережу ZigBee]," [Online]. Available: <http://ipkey.com.ua/uk/faq/966-zigbee.html>. [Accessed 19.03.2020].
- [7] "Besprovodnyye seti ZigBee i Thread [Беспроводные сети ZigBee и Thread]," [Online]. Available: <http://www.wless.ru/technology/?tech=1>. [Accessed 21.03.2020].
- [8] "Tekhnolohiya ZigBee [Технологія ZigBee]," [Online]. Available: https://www.kit-e.ru/articles/wireless/2004_1_70.php. [Accessed 21.03.2020].
- [9] "Obzor tekhnologii LoRa [Обзор технологии LoRa]," [Online]. Available: <https://techinforu.ru/content/obzor-tekhnologii-lora>. [Accessed 21.03.2020].
- [10] "LoRa," [Online]. Available: <http://lo-ra.ru/>. [Accessed 21.03.2020].



UDC 621.3.029.64

Selection of Wireless Technologies for Use in Agriculture

O. V. Poliakov^fYu. O. Onykienko^g, PhD, ORCID [0000-0001-7508-8391](https://orcid.org/0000-0001-7508-8391)

Faculty of Electronics.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Kyiv, Ukraine

Abstract—Since the advent of early agriculture, agriculture has sought to increase yields. The continuous development of tools and fertilizers, the cultivation of plants and animals, the accumulation of knowledge about the processes of product growth began more than 10,000 years ago and continues to this day. The modern development of transport has made it possible to achieve the indices of humanity unprecedented before.

In recent years, the introduction of Internet technologies, satellite communication and geopositioning, robotics, sensors and automation systems has begun in agriculture. In 2016, GPS and GLONASS have already been implemented and are being actively used in agriculture, which made it possible to improve the accuracy of machinery movement across the field. The transition to robotic transport enabled precise parallel movement. The use of sensitive sensors allows you to monitor the condition of the soil, accurately take into account its composition in small areas and make fertilizers where necessary.

Thanks to these technologies, the field of "precision farming" is spreading. UAVs are being used to monitor crops, spray fertilizers and insect repellents. And the implementation of technology is ongoing. It is anticipated that the application of Big Data in agriculture will significantly improve the quality of knowledge about the processes that occur when growing products. Now 2016-2018 is called "experimental" and predicts the rapid development of smart agriculture in 2019-2020 and subsequent years.

In the areas of high-precision agriculture, land management and crop production, there are ample opportunities for the use of IoT technologies. In particular, the ability to monitor soil parameters - its temperature, humidity and moisture capacity, which is necessary for optimal irrigation and fertilization, as well as environmental parameters of land. Remote monitoring and control of these parameters requires the use of wireless technologies. Different ways of data transmission, their advantages and disadvantages in the energy plan, dependence on external factors, range and method of information transfer were considered in the article. On this basis, the conclusions about the most appropriate to use the system of data transmission from greenhouses to the server, which in turn have less energy consumption and the most optimal for data transmission, also considered the feasibility of using certain methods of charging, depending on their advantages.

Keywords — *Wi-Fi; Internet of Things; LoRa; Data Transfer; ZigBee; GSM*

