

УДК 681.2

**Прохніч Євгеній Сергійович,**  
студент групи ЗТЛЛв-71кц, Львівський ННВЦ  
науковий керівник - Опотяк Юрій Володимирович,  
канд. техн. наук, доц. каф. Інформаційних технологій  
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ**

**Анотація.** У статті розглянуто результати магістерського дослідження технологій безпроводового зв'язку, які можуть застосовуватися при створенні мікроконтролерних систем для промислових та технологічних об'єктів. Показано, що розвиток сучасної елементної бази дозволяє не тільки створити достатньо дешеві, ефективні мікропроцесорні системи збору технологічної інформації, а і оснастити їх системами безпроводової передачі даних. Останні розробки спеціалізованих мікроконтролерів дозволяють легко інтегрувати їх у діючу мікропроцесорну систему збору технологічних даних і забезпечити передачу даних за технологіями Wi-Fi, Bluetooth та у діапазоні 433 МГц.

**Ключові слова:** система передачі даних, система збору технологічної інформації, безпроводова передача, мікроконтролер, Wi-Fi, Bluetooth.

У діяльності промислового підприємства необхідний збір та передача різноманітної інформації про стан технологічних процесів. Потрібне оперативне вимірювання показників та передача їх у диспетчерські пункти для своєчасного реагування та керування технологічним процесом. Сьогодні всі підприємства, побудовані за останні роки, вже оснащені засобами збору технологічної інформації. Причому підбір та інтеграція систем збору технологічних даних здійснюється починаючи вже з проектування підприємства.

Однак, складніша ситуація складається для підприємств які вже діють певний час і проектування яких відбувалося у минулому. Для таких підприємств, особливо підприємств малого та середнього бізнесу, не планувалося розгортання систем збору інформації внаслідок великої їх вартості у минулому. Крім того, на таких підприємствах важко розгорнути класичну систему збору і передачі даних на основі проводових мереж, що обумовлене утрудненістю їх розводки та прокладання в умовах діючого виробництва.

Аналіз типових виробничих технологічних процесів в умовах діючого виробництва дозволяє сформулювати ряд особливостей, на які необхідно опиратися при створенні їх систем передачі даних:

- для моніторингу параметрів технологічного процесу бажано застосовувати безпроводні технології для забезпечення оперативності та простоти розгортання;
- оскільки кількість точок вимірювання параметрів може змінюватися, необхідно враховувати можливість масштабування системи;
- апаратна частина каналу передачі даних повинна максимально базуватися на основі спеціалізованих мікроконтролерів для забезпечення простоти та низької вартості.

Проведений у роботі аналіз дозволяє зробити наступні висновки. Основні технології, які доцільно застосовувати для створення мереж передачі даних, наступні: Wi-Fi, Bluetooth і 434/868 МГц. Технічні параметри, які найбільш часто визначають область застосування це: енергоспоживання, дальність зв'язку і швидкість передачі даних. За значенням цих параметрів можна умовно виділити наступні:

- технології Wi-Fi – велике енергоспоживання, максимальна швидкість передачі даних і достатня дальність;
- технології 434/868 МГц – середнє енергоспоживання, низька швидкість передачі даних, максимальна дальність дії у зоні прямої видимості;
- технології Bluetooth – низьке енергоспоживання, середня швидкість передачі даних і низька дальність.

Слід зазначити, що на практиці поділ між усіма стандартами безпроводового зв'язку носить умовний характер. Стандарти перекриваються один одним і можуть конкурувати в одних і тих же проектах. Вибір тієї чи іншої технології безпроводового зв'язку у конкретному випадку визначається певними зовнішніми специфічними умовами виробництва. Це можуть бути:

- наявність розвиненої інфраструктури. На підприємстві може існувати і активно розвиватися мережа точок доступу Wi-Fi. Зрозуміло, що в даній ситуації розробнику найбільш доцільно використовувати в своїй розробці модулі стандарту Wi-Fi;
- наявність високого рівня стандартизації і широка підтримка стандарту безліччю пристроїв різних виробників, що забезпечує стандарт Wi-Fi;
- можливість покриття безпроводовою мережею великих територій підприємства та інтеграція окремих під мереж при наявності широкого вибору телекомунікаційного обладнання, що також притаманне стандарту Wi-Fi.

У якості мереж передачі даних на підприємствах все частіше застосовують такі, що побудовані на базі технології Wi-Fi. Це обумовлене

доступністю телекомунікаційного мережевого обладнання. Тому, розгортання системи збору технологічної інформації можливо значно спросити внаслідок використання широкої номенклатури телекомунікаційного обладнання - Wi-Fi роутери та адаптери.

При цьому, розгортання системи збору технологічної інформації подібне до створення комп'ютерної мережі на базі Wi-Fi роутерів. У ній окремими безпроводними хостами будуть, по-перше, технологічні комп'ютери з відповідними безпроводовими адаптерами для роботи працівників диспетчерської служби по відображенню і накопиченню даних про технологічний процес, і по-друге, мікропроцесорні пристрої, що забезпечать оцифровування інформації з датчиків параметрів технологічного процесу та попередню обробку типу фільтрування, усереднення, контролю допусків тощо.

Однак, для підключення вказаних мікропроцесорних пристроїв збору інформації у систему передачі даних, як показує проведений аналіз, необхідні додаткові апаратно-програмні засоби.

Аналіз показує, що протокол Wi-Fi, навіть у найпростішій реалізації, вимагає наявності складних за схемотехнічною реалізацією радіочастотних пристроїв та достатніх обчислювальних ресурсів та забезпечення логіки взаємодії пристроїв відповідно до нижніх рівнях протокольної моделі OSI. Тому такі системи створювалися на основі або звичайних персональних комп'ютерів, або застосовувалися дорогі спеціалізовані системи. Спеціалізовані пристрої випускаються у достатньо широкій номенклатурі, наприклад, USB-WIFI232-T Low Power Uart, HC-21 UART Serial Port Wireless Module, Embedded WIFI to UART Module.

Звичайно, існують і готові рішення ряду фірм, які називаються у загальному Wireless Data Acquisition Systems і сьогодні випускаються у достатньо широкій номенклатурі, а саме, National instruments (NI 9481 Measurement System, NI 9485 Measurement System), LabJack (T7/T7-Pro), Coalesenses та інші. Однак їх суттєвим недоліком, особливо для вітчизняного споживача є висока вартість.

Ситуація змінилася останнім часом у зв'язку з розробкою дешевих спеціалізованих мікро контролерів.

У роботі проведено аналіз таких спеціалізованих мікроконтролерів і готових промислових модулів на їх основі. Їх номенклатура зараз достатньо широка і зростає з року у рік.

Перевагою новітнього мікроконтролера ESP8266 фірми Espressif є вбудований стек TCP/IP і наявність достатньо потужного процесора, створений для використання в mesh-мережах, IP-камерах, бездротових сенсорах, портативній електроніці. На його основі створено ряд промислових модулів, що легко інтегруються у існуючі і розроблювані

мікропроцесорні системи збору технологічної інформації. Дешевизна таких засобів дозволяє створити розосереджену систему для збору до сотень технологічних параметрів, яка крім того, легко розгортається в умовах діючого виробництва, оскільки не потребує прокладання кабелів.

У рамках магістерської роботи було проведено макетування безпроводового хоста на базі спеціалізованого мікроконтролера та проведено моделювання роботи системи передачі даних у режимах накопичення та відображення технологічних даних.

Макет включає, промисловий модуль на основі мікроконтролера ESP8266, модуль стабілізатора живлення 3.3 В та цифровий датчик BMP-180 для вимірювання тиску та температури.

Проведено дослідження засобів розробки для практичного застосування вказаного мікроконтролера у системах передачі даних. Для програмування мікроконтролера використовується вбудований інтерфейс RS-232, через який відбувається завантаження мікропрограм у контролер та здійснюється обмін даними.

Аналіз показує, що для розробки мікрокоду для спеціалізованого мікроконтролера ESP8266 можна використовувати ряд систем розробки.

По-перше, це модифіковане середовище розробки `ArduinESP` з використанням мови програмування `C++`. Воно доповнене великим набором додаткових бібліотек підтримки різноманітного обладнання та датчиків.

По-друге, для спрощення розробки власних програм кінцевим споживачем без необхідності залучення кваліфікованих програмістів для вказаного мікроконтролера розроблений варіант реалізації спеціалізованої мови високого рівня `LUA`. `LUA` є мовою-інтерпретатором і розроблена для вбудованих мікропроцесорних систем, вимагає для виконання програм дуже мало ресурсів процесора і пам'яті. Вона дає змогу писати достатньо прості програми на мові, яка зручна для сприйняття неспеціалістом. Для створення програм на мові `LUA` розроблено безкоштовне спеціалізоване середовище розробки `ESPlorer`.

З використанням розробленого макету безпроводового хоста проведено моделювання роботи системи передачі даних у режимах накопичення та відображення технологічних даних.

Для моделювання використано:

1. Ноутбук, обладнаний Wi-Fi-модулем;
2. Wi-Fi Роутер D-Link DIR-300;
3. ADSL-модем D-Link DSL-2500U для доступу до мережі інтернет;
4. Розроблений макет безпроводового Wi-Fi хоста на базі модуля ESP8266.

Для зберігання та відображення даних з безпроводового хоста було вирішено використати безкоштовні ресурси сервісу ThingSpeak. Це платформа для проектів, побудованих на концепції "Інтернет речей". Платформа дозволяє будувати додатки на основі даних, зібраних з датчиків. До основних можливостей ThingSpeak можна віднести: збір даних в реальному часі, обробка даних і їх візуалізація. ThingSpeak API дозволяє не тільки відправляти, зберігати і отримувати доступ до даних, але і надає різні статистичні методи їх обробки.

Отже, як показує проведений аналіз, виконання простого набору команд та використання загальнодоступних комутаційних безпроводових засобів забезпечує швидке створення дешевих систем для функціонування безпроводної мережі передачі технологічних даних та передачу і відображення цих даних кінцевому споживачеві – диспетчерським підрозділам підприємства.

Використання спеціалізованих мікроконтролерів дозволяє легко та оперативно створювати широкий клас систем передачі даних для роботи з різноманітними датчиками у відповідності до вимог конкретного підприємства та його технологічних процесів.

Висновки:

- проведено аналіз апаратних засобів та систем розробки для створення мікропроцесорних систем на основі технологій Wi-Fi, Bluetooth та пакетної передачі у діапазонах 434/868 МГц;
- проаналізовано етапи розгортання таких систем, можливий склад обладнання та доступні для практичної реалізації промислові модулі на основі вказаних вище технологій;
- досліджено, що безпроводові технології можуть допомогти у вирішенні проблеми створення та розгортання на існуючих підприємствах систем передачі даних технологічної інформації;
- проаналізовано спеціалізовані мікроконтролери, що мають вбудований стек TCP/IP та радіочастотне обладнання для реалізації канального та фізичного рівнів моделі OSI;
- показано, що використання готових промислових модулів на базі спеціалізованих мікро контролерів дозволяє легко їх інтегрувати практично у будь-яку існуючу мікропроцесорну систему внаслідок підтримки стандартних інтерфейсів;
- проаналізовано засоби для розробки мікропрограм для спеціалізованих мікроконтролерів. Розробку мікропрограмного забезпечення можливо здійснювати з застосуванням відкритих платформ та бібліотек, що не вимагає спеціальних знань у галузі програмування;

- проведено макетування безпроводового хоста та моделювання роботи у комплексі системи передачі даних для мережі Інтернет, що продемонструвало дієвість та ефективність запропонованого підходу.

*Одержано 15.12.2015*