

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ БЕЗДРОТОВОГО ДОСТУПУ

Розглядаються методи реалізації бездротової технології для проектування сенсорних мереж персонального радіусу на основі Cypress Wireless USB.

The methods of realization of wireless technology are examined for the design of sensory networks of the personal radius on the basis Cypress Wireless USB.

Вступ

Разом із значним поступом в галузі безпроводних технологій гостро постала проблема пошуку та вибору оптимального рішення для поставлених перед розробником задач.

Основними вимогами для розробників завжди залишаються:

- невисока вартість апаратної частини, низьке споживання енергії;
- надійність із забезпеченням необхідної продуктивності;
- простота розробки, а отже, і малий час виконання проекту

Потреба в забезпеченні надійної роботи всіх вузлів мережі спонукає до пошуку рішень що зменшують імовірність появи колізій в системі. Кількість колізій в асинхронній системі зростає пропорційно до кількості вузлів та пропорційно до збільшення потоку даних від кожного вузла, оскільки нема гарантії що два або більше пристроїв вишлють дані в мережі з однаковими параметрами одночасно.

Технологія Cypress WirelessUSB як і багато інших дозволяє коректно опрацювати будь-яку колізію що може спричинити псування даних (CRC, auto ACK), але тільки шляхом перепосилки даних. Кожна перепосилка даних – затрата обчислювальних ресурсів процесора, збільшення часу роботи апаратної частини внаслідок реакції на помилку. Це веде до зниження продуктивності всієї системи і збільшення споживаної енергії.

Цього можна при потребі уникнути застосувавши мультиплексування в часі для мережі що працює на певній частоті і використовує одне для всіх кодування сигналу (в мережі з однаковими параметрами (channel, PN code, CRC seed, hardware ID, app level ID)). Отже мета роботи – реалізація мультиплексованого в часі протоколу.

Реалізований у даній роботі протокол а також алгоритмічні моделі, що описують поведінку складових мережі інтегровано в „драйвери” – логічні блоки середовища Cypress PSoC Express. Це середовище дозволяє виконувати проектування на системному рівні для програмованих систем на кристалі (Programmable System-On-Chip, PSoC), задаючи лише логіку системи. Тому розроблений програмний продукт є актуальним в даний час і задовольняє новітнім тенденціям в галузі САПР.

Основні критерії вибору WPAN технології

WPAN – в перекладі з англійської (Wireless Personal Area Network) – безпроводна мережа персонального простору. Це одна з чотирьох великих категорій безпроводних комп'ютерних мереж, до якої відносяться мережі що діють в обмеженому просторі, наприклад у квартирі, в офісі, в підвір'ї будинку. Стандарти, що визначають методи функціонування таких мереж, описані в сімействі специфікацій IEEE 802.15.

Звичайно, кожна технологія має свою особливість і свою галузь застосування. Але можна виділити декілька параметрів на які варто звернути увагу оцінюючи WPAN – технологію, що претендує на вирішення проблем комунікації між вузлами мережі. А саме:

- *надійність зв'язку* – відсутність інтерференції з випромінюванням інших безпроводних систем в цьому ж діапазоні і в тому ж просторі або ж із своїми відбитими сигналами; надійність зв'язку на фізичному рівні; вид модуляції; система детектування і виправлення помилок;
- *простота в освоєнні технології* – існуючі засоби для розробки повинні дозволяти створювати проекти з використанням об'єктно-орієнтованих мов програмування або середовищ автоматизованого проектування системного рівня
- *енергоспоживання* – середнє споживання бездротової частини вузлів повинно бути малим, кількість транзакцій між двома вузлами за одиницю часу повинна бути зведена до мінімуму; вузли повинні „вміти” берегти свою енергію, „засинати” на час коли дані із сенсорів залишаються незмінними.

Огляд основних WPAN стандартів та технологій

Bluetooth - технологія бездротового обміну даними між різноманітними пристроями, використовує невеликі приймачі-передавачі малого радіусу дії, що безпосередньо вбудовані в пристрій, або підключаються через вільний порт або PC-карту. Інтерфейси Bluetooth працюють в радіусі до 10 метрів (Class 3), до 20 (Class 2), до 100 (Class 1) і, на відміну від IrDA (інфрачервоний порт), не обов'язково в зоні прямої видимості. Bluetooth працює в неліцензованій смузі частот 2,4–2,4835 ГГц, а відповідно, безкоштовно, проте не виключається присутність інших технологій, що використовують цей же діапазон. Кожному пристрою призначається унікальна 48-бітова адреса згідно стандарту IEEE 802.15. Топологія мережі може бути представлений типами point-to-point і multipoint. Швидкість передачі даних не перевищує 2 Мб/с.

Недоліки:

Високе споживання енергії.

Складність протоколу. Необхідні ресурси – 300 Кб пам'яті.

Переваги:

Шифрування, авторизація, аутентифікація.

Поширеність інтерфейсу.

Стандарт **ZigBee**, розроблявся більше двох років і за цей час змінив декілька назв, серед яких — HomeRF lite, RF-EasyLink і Firefly. Насправді, консорціум компаній ZigBee Alliance розширив і вніс ряд змін в стандарт 802.15.4, який, взагалі кажучи, описує фізичний рівень зв'язку і основні способи взаємодії між пристроями. Слід зазначити, що дотепер немає загальнодоступної специфікації стандарту ZigBee (для її отримання необхідно заповнити реєстраційну форму на сайті консорціуму <<http://www.zigbee.org/>>), на відміну від широкодоступних характеристик 802.15.4.

Недоліки:

Обмежена сумісність пристроїв Zigbee різних виробників

Відсутність високорівневих профілів

Переваги:

Невелике відносно Bluetooth споживання енергії.

Гнучка топологія.

UWB або WirelessUSB. IEEE 802.15.4a/b - стандарт технології UWB (Ultra Wideband), що базується на імпульсній передачі сигналів або ж передачі з використанням частотної модуляції (швидка зміна несучої частоти). Передача даних на відстанях до 5 м здійснюється з швидкістю від 400 до 500 Мб/с.

Недоліки: Мала дальність

Переваги: Висока швидкість

Cypress вибрав назву **WirelessUSB** у 2003 році для своєї радіотехнології що працює в діапазоні 2,4 ГГц. WirelessUSB є оптимальним для недорогих, низько та середньо швидкісних проектів радімереж з топологією точка-точка та точка-багатоточка. Типові проекти включають HID (Human Interface Device) такі як, наприклад, комп'ютерна мишка чи клавіатура а також пристрої домашньої автоматизації, іграшки.

В грудні 2004 Intel та інші корпорації заснували Wireless USB Promoter's Group. Специфікація розроблена цією групою була прийнята форумом розробників USB (USB Implementers' Forum). Згідно цієї специфікації пристрої можуть під'єднуватись до ПК водночас забезпечуючи зворотну сумісність та можливість взаємодії із звичайним USB.

Поняття Wireless USB від USB Implementers Forum базується на загальній радіоплатформі WiMedia Ultra Wideband. Ця технологія призначена для використання в галузях де пристрої потребують набагато вищої пропускної здатності (Сертифікована Wireless USB працює на швидкості 480Mbps на відстані 3 м і 110Mbps на 10 м). Типові проекти включають пристрої зберігання інформації або застосовуються для передачі відео.

В плані ціни та архітектури таке рішення суттєво відрізняється від WirelessUSB Cypress і тому сфери їх застосування не перекриваються.

Переваги:

- Завадостійкість – використовується розширення спектру сигналу прямою послідовністю

О кожен біт кодується послідовністю яка має добрі автокореляційні характеристики що важливо коли на шляху сигналу є перешкоди, а також коли необхідно фільтрувати відбиті (наприклад від стін приміщення) сигнали

О можливість контролю за рівнем шуму в каналі та зміни робочої частоти всією мережею

- працюють у міжнародному не ліцензованому діапазоні частот для виробництва, науки та медицини (ISM, Industrial, Scientific and Medical band) 2,4–2,483 ГГц;

О весь спектр ділиться на робочі канали із зміщенням в 1 МГц;

- швидкість передачі даних – до 1 МБіт/с;
- радіус дії – до 25 м (потужність передавача – до +4 дБ/м, чутливість приймача – до -97 дБ/м);
- можливість безперешкодного співіснування багатьох мереж в невеликому просторі за рахунок кодування бітів та механізму зміни робочої частоти;

- невисокі часові затрати на розробку - підтримка апаратних засобів САПР системного рівня що надається безкоштовно – Cypress PSoC Express;

- невисока вартість;
- зручність монтажу – постачається у вигляді готових модулів. В разі використання окремої мікросхеми потрібно мінімум зовнішніх компонентів. В обох випадках антена реалізована у вигляді доріжок, розведених прямо на платі.

Технологія **Cypress WirelessUSB** з'явилась відносно недавно, за цей час вже встигли вийти декілька сімейств мікросхем цього ряду радіоприйомопередавачів з SPI інтерфейсом.

Найновішим є сімейство з низьким споживанням LP. Це потрібно, якщо необхідне функціонування на невеликих відстанях (до 20 м) з живленням від звичайних батарейок на швидкості до 1 МБіт/с.

За допомогою цих прийомопередавачів (CYRF6936 постачаються у вигляді мікросхем і готових модулів розміром 2x3 см) можна зробити все - від пультів для іграшок чи побутової техніки, до складної системи типу „Розумний будинок”, мережі контролю за виробничим процесом, пристроїв VoIP, комп'ютерної периферії як, наприклад, безпроводна мишка чи клавіатура.

Технологія *Auto-Transaction SequencerTM* контролює весь перебіг процесу пересилки пакету і скорочує час який пристрій перебуває в режимах підвищеного споживання. Частина протоколу реалізована апаратно (фреймінг, авто-підтвердження).

Пікове споживання 26 мА при потужності випромінювання -0dBm існує лише під час передачі пакету. Решту часу - режими енергозбереження. На наведеному нижче рисунку показано основні параметри струмоспоживання під час нормальної роботи пристрою (рис.1). Часові параметри залежать від налаштувань мікросхеми, від швидкості роботи по шині SPI, а також від часу відповіді віддаленого вузла.

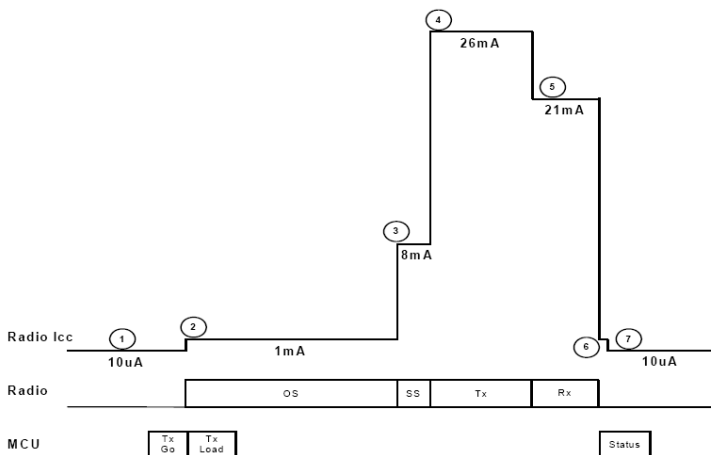


Рис. 1. Струмospоживання під час відсилки пакету:

- 1 – режим сну-осцилятор зупинено;
- 2 – стартує осцилятор (менше 1 мс), завантажуються дані для відсилки;
- 3 – осцилятор стабілізувався – стартує синтезатор;
- 4 – синтезатор встановився на задану частоту (менше 100 мкс) – автоматично стартує передавач;
- 5 – передача завершена (до 500 мкс) – перехід на прийом в очікуванні пакету підтвердження АСК;
- 6 – пакет АСК прийнято – перехід в режим очікування;
- 7 – перехід в режим сну (якщо сконфігуровано).

Побудова мережі

Мережа буде мати топологію „Зірка” та „Дерево” наступної структури (для кращого розуміння топології проєктованої мережі на рис.2 подано її загальну структуру). Потрібно також створити програмні модулі для елементів мережі точка-багатоточка (Cypress WirelessUSB N:1Network).

Розроблено чотири типи вузлів бездротової мережі:

1. **„Сенсор-Дисплей” – Вузол передачі інформації з локальних сенсорів та відображення інформації з локальних та віддалених сенсорів.** Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, РКД, температурний сенсор, ЦП (рис.3).

Призначення: Знімати покази температури в місці розташування, виводити на дисплей температуру в місці розташування, а також температуру в місцях розташування інших вузлів мережі.

Тип елементу мережі: Slave.

2. **„Сенсор” – Вузол передачі інформації з локальних сенсорів.** Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, температурний сенсор, сенсор освітленості, ЦП.

Призначення: Знімати покази температури в місці розташування,

знімати покази освітленості в місці розташування. Передавати ці відомості на вузол типу „Master”.

Тип елементу мережі: Slave.

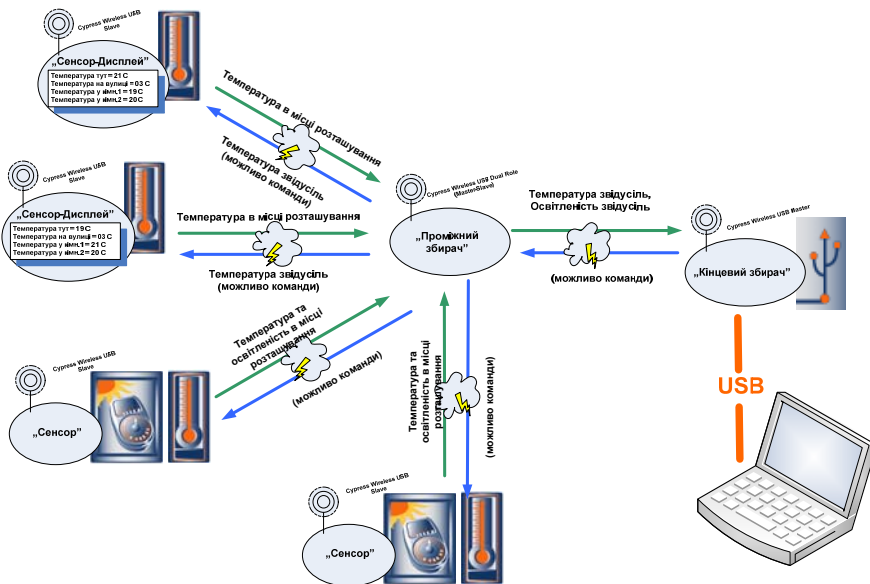


Рис. 2. Загальна структура спроектованої Cypress Wireless USB мережі

3. **„Проміжний збирач”** – Вузол збору інформації з віддалених сенсорів, комунікації між віддаленими сенсорами а також передачі всієї отриманої інформації кінцевому збирачу. Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, ЦП.

Призначення: Отримувати дані з віддалених сенсорів і при потребі надсилати дані отримані з одних сенсорів на інші для їх відображення. Здійснювати синхронізацію роботи між вузлами мережі типу “Slave”. Надсилати всю отриману інформацію до пристрою кінцевого збору інформації.

Живлення: Блок живлення розрахований на 220 В.

Тип елементу мережі: Dual Role (Master and Slave).

4. **„Кінцевий збирач”** – Вузол кінцевого збору всієї інформації з сенсорів та передачі її на ПК. Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, ЦП з вбудованим інтерфейсом USB HID.

Призначення: Отримувати дані від вузла проміжного збору інформації, тобто всі дані з віддалених сенсорів, і надсилати ці дані до ПК по USB де буде проводитись їх збереження, аналіз та обробка.

Живлення: USB-порт ПК.

Тип елементу мережі: Master.

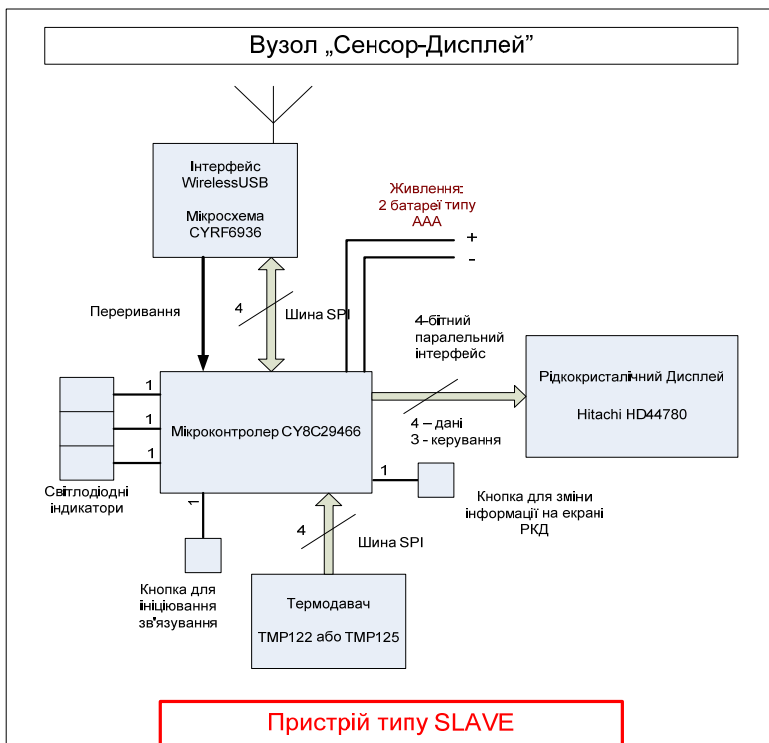


Рис. 3. Структурна схема вузла типу „Сенсор-дисплей”

Реалізація протоколу з мультиплексуванням в часі

Протокол повинен забезпечувати двосторонній обмін інформацією між вузлами в мережі з топологією „Зірка” і/або „Дерево” і реалізацію пристроїв трьох типів: MASTER, SLAVE, DUAL-ROLE.

Всі пакети в мережі мають розмір 16 байт (заголовок і корисна інформація). Слід також передбачати можливість розширення розміру передаваних даних – можливість організації повідомлень із кількох пакетів.

Протокол займає не більше 5 Кб пам'яті програм для пристроїв типу SLAVE, не більше 8 Кб для пристроїв типу MASTER та не більше ніж 10 Кб для пристроїв DUAL-ROLE.

Більшість сенсорних мереж не потребують синхронізації в часі. Радіоканал на якому працює така мережа не є надто завантаженим бо дані з сенсорів найчастіше передаються не так вже й часто. Наприклад, якщо говорити про мережу управління кліматом в будинку, то виміри температури, тиску, вологості та їх передача на центральний вузол не відбуваються частіше ніж 1 раз на секунду.

Проте коли необхідно контролювати технологічний процес виробництва важливим є власне безперервний збір інформації з віддалених вузлів.

Відсилка даних віддаленим вузлом може відбуватись кожних 10 мс або й частіше. Причому вузлів, що працюють в бездротовій мережі з однаковими параметрами, може виявитись досить багато. Тоді постає питання про збільшення завантаженості каналу і виникнення колізій коли два або більше вузлів намагаються передати дані одночасно.

Діаграма роботи мультиплексованої в часі бездротової мережі.

- Кожен пристрій має призначене йому під час процедури зв'язування (BINDING) часове вікно для пересилки даних.
- З моменту включення кожен пристрій чекає на пакет синхронізації. При цьому автоматичне підтвердження отримання пакету (ACK) вимкнено. Пристрої можуть чекати на пакет синхронізації з періодичним входженням в режим енергозбереження в разі неотримання ними пакету протягом деякого часу.
- Після отримання пакету синхронізації кожен SLAVE чекає свого часового вікна знаходячись в режимі енергозбереження.
- Нульове часове вікно служить для підтримки топології „Дерево” - в цей час пристрій MASTER для даної мережі 1 і SLAVE для іншої мережі 2 може відіслати в мережу 2 інформацію.
- Ініціатором будь-якої трансакції даних є пристрій SLAVE.
- Пристрої SLAVE можуть проводити обмін інформацією з MASTER також у вільному часовому діапазоні але такий спосіб комунікації призначений для відновлення з'єднання з MASTER (RECONNECT) або для пристроїв SLAVE з низькою частотою відсилки даних (підтримка режиму „Передача при потребі”)

Висновок

В роботі розроблено алгоритми для основних протокольних функцій, а також взаємодії елементів мережі у часі. Мультиплексований в часі протокол обміну та функції елементів мережі було втілено у програмних модулях САІР Cypress PSoC Express. Також розроблено функціональні та структурні схеми для елементів мережі.

1. Зеляновський М.Ю., Тимченко О.В. Інтелектуальна система для бездротових спеціалізованих сенсорних та мереж персонального радіусу дії: програмно-апаратна платформа вузла бездротової мережі // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.49. – К.: 2008. – С. 185-193.
2. Зеляновський М.Ю. Методи самоорганізації у спеціалізованих та сенсорних мережах бездротового доступу // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.50. – К.: 2009. – С. 182-186.
3. Wireless Sensor Network Designs. Anna Huc. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA.
4. Cypress MicroSystems, PSoC™ Mixed Signal Array CY8C29x66, CY8C27x66, CY8C27x43, CY8C24x23, and CY8C22x13 Technical Reference Manual
5. Cypress MicroSystems, Cypress WirelessUSB LP Technical Reference Manual

Поступила 25.01.2010р.