

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ УМОВ

Розглядаються загальні параметри безпроводних сенсорних мереж, їх можливості і особливості та методи реалізації бездротової технології для проектування сенсорних мереж контролю виробничих умов.

The general parameters of off-wire sensory networks, their possibility and feature and methods of realization of wireless technology are examined for planning of sensory networks of control of production terms.

1. ВСТУП

Безпроводні сенсорні мережі (Wireless Sensor Networks – WSN) – один з найперспективніших напрямів розвитку безпроводних комунікаційних технологій. Основні особливості сенсорних мереж – широка масштабованість, низьке споживання енергії, низька вартість сенсорних датчиків, їх взаємозамінність і резервування. Самі датчики є спостережуваними і не обслуговуваними об'єктами, унаслідок чого їх можливості обмежені джерелами живлення.

Метою роботи є аналіз можливостей сенсорних мереж, принципів організації і приклад реалізації бездротової технології для моніторингу параметрів навколишнього середовища на підприємстві.

2. МОЖЛИВОСТІ І ОСОБЛИВОСТІ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Інфраструктура сенсорних мереж – мережі Ad hoc [1], що самоорганізується, має випадковий характер розміщення і високу вірогідність знищення окремих сенсорів, наприклад, екологічних датчиків, що розпилюються над великими лісовими масивами.

Кожен сенсор складається з трьох підсистем: сприйняття реєстрованих параметрів, обробки оцифрованих показників датчиків і мережевих інтерфейсів [2]. Очевидно, що окремий сенсор обмежений розмірами області сприйняття, обчислювальною потужністю, пам'яттю і живленням. Тому в системах диспетчеризації і автоматизованих комплексах життєзабезпечення будівель використовуються спеціальні контролери, що беруть на себе первинний збір показників датчиків, їх обробку і аналіз для вироблення управляючих дій на виконавчі механізми. Для роботи таких систем

¹ Українська академія друкарства

² Національний університет "Львівська політехніка"

використовуються структуровані кабельні системи будівель, що дозволяє будувати мережі в концепції «клієнт – сервер».

Обмеження обчислювальних можливостей і енергоспоживання диктують специфічні алгоритми функціонування сенсорів, що поєднують активні стани сенсора (прийом, передача, режим очікування) з пасивним, «сплячим», режимом, який знижує (але не зводить до нуля) витрату енергоресурсів [3-5].

На ринку вже сьогодні представлений широкий спектр інтелектуальних будівель з інтегрованою системою диспетчеризації, об'єднуючої безліч систем життєзабезпечення: водо/електропостачання, опалювання, пожежної сигналізації, відеоспостереження і контролю доступу, вентиляції, управління аудіо/відеопотоками і т.п. Інтеграція різних систем в єдиному центрі управління дозволяє досягти високої гнучкості управління будівлею і реалізації складних, контекстуально зв'язаних алгоритмів функціонування комплексу, що підвищують якість життя.

Сенсорні та спеціалізовані мережі з бездротовим доступом широко використовуються у складі:

- Систем передачі даних у складі комп'ютерної периферії
- Систем передачі відео та аудіо
- Різноманітних охоронних систем
- Систем стеження за пересуванням та станом здоров'я пацієнтів у лікарні
- Систем моніторингу та контролю виробничого процесу
- Систем слідкування за пересуванням рідкісних диких звірів
- Систем протипожежної безпеки в лісах
- Систем вимірювання температури водяних мас в океані для покращення прогнозування погоди
- Систем контролю цілісності газових мереж у житлових будинках
- Систем визначення небезпеки виникнення лавин
- Систем мобільних роботів для всіх вищенаведених та багатьох інших задач

Мережі, що самоорганізуються, об'єднуючи велику кількість безпроводних рівноправних вузлів мережі (окремих датчиків), можуть володіти високими надійністю, готовністю до роботи і точністю доставки інформації. Проте у безпроводних датчиків цілий набір недоліків: через компактність, мале енергоспоживання, а також застосування всенаправленої антени бюджет радіолінії (енергетичний баланс в каналі і відношення сигнал/шум) у край обмежений, що спричиняє за собою високу вірогідність помилок. Більш того, обмеження по джерелу живлення (заміна якого часто неможлива, а ресурс обмежений) жорстко лімітує час життя сенсора. Навіть використання сонячних батарей з невисоким ККД не вирішують

проблему автономії. Крім того, датчик може бути фізично вилучений з мережі (пошкодження, вихід з ладу джерела живлення, створення складної інтерференційної картини).

- Властивості Ad hoc-мереж, що самоорганізуються,
- Відсутність жорсткої топології.
- Безпроводне середовище доставки.
- Багатокрокова маршрутизація.
- Канал, що динамічно розділяється (без гарантій якості доставки).
- Технологія комутації пакетів.
- Складний підрівень MAC-адресації.
- Висока вірогідність розриву.
- Низька вартість.
- Миттєва інсталяція.
- Автоматичний супровід мережі самою мережею.
- Інтелектуальні мережеві термінали.

3. ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖ БЕЗ ФІКСОВАНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Визначення 1. Бездротова спеціалізована мережа – це система мобільних вузлів, що динамічно самоорганізуються, утворюючи довільно обрані тимчасові топології. Ця технологія забезпечує доступ до мережі в середовищах, де дротові або ж стільникові комунікації відсутні (наприклад поле бою, місцевість після природного катаклізму), або ж існуюча інфраструктура не відповідає цільовим характеристикам чи є неефективною. Однією з цільових характеристик для основної маси БСПМ є своєчасна доставка пакета з вузла-джерела до вузла-приймача (забезпечення якості обслуговування).

Визначення 2. Бездротова сенсорна мережа (БСМ) в своїй найпростішій формі може бути визначена як мережа, що складається з пристроїв (можливо малого розміру та малої складності), що називаються вузлами і здатні вимірювати параметри середовища та передавати виміри зібрані з області над якою здійснюється моніторинг через бездротові канали зв'язку; передача може бути багатоланковою і відбувається до кінцевого приймача (часто називається контролером або монітором), що може використовувати її локально або ж є під'єднаним до інших мереж (наприклад Інтернет) через шлюз. Вузли можуть бути стаціонарними або ж мобільними.

БСМ є частковим випадком БСПМ, що розміщена всередині явища, над яким здійснюється моніторинг або ж дуже близько до нього.

Основна цільова характеристика БСМ є забезпечення максимального часу життя мережі (мінімізація енергоспоживання кожного з вузлів).

Нехай N – кількість вузлів в мережі, R_b – швидкість передачі даних; введемо фактор α_A що характеризує сумарну надлишковість, що вносять всі рівні стеку протоколів, таку, що

$$S_A = R_b \times \alpha_A, \quad (1)$$

де S_A – швидкість передачі даних, виміряна на прикладному рівні. Значимо, що значення α_A для сучасних має значення від 0.5 до 0.1.

Нехай D – середня довжина одного пакету даних, що надсилається кожних T_r секунд. Тоді для одноланкової передачі маємо:

$$N \leq \frac{R_b \times \alpha_A \times T_r}{8 \times D}. \quad (2),$$

Для прикладу, нехай вузли-сенсори надсилають кожні 2с пакет даних довжиною 5 байт із швидкістю 56 кбіт/с; приймемо α_A рівним 0,3. Отримаємо допустимий розмір мережі 840. Тобто одноланкова мережа з такими параметрами не може мати розмір, більший за 840 (рис.1).

Для багатоланкової передачі введемо поняття h_m – середня кількість ланок для досягнення пакетом монітора, тоді:

$$N \leq \frac{R_b \times \alpha_A \times T_r}{8 \times D \times h_m}. \quad (3)$$

Тобто максимальний розмір мережі з багатоланковою передачею є обернено пропорційним до середньої кількості ланок.

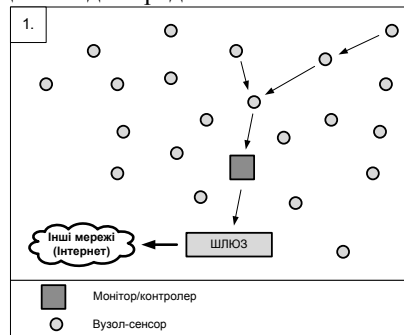


Рис. 1. БСМ з одним монітором

Для мережі з кількома моніторами та багатоланковою передачею маємо:

$$N \leq \frac{N_s \times R_b \times \alpha_A \times T_r}{8 \times D \times h_m}, \quad (4),$$

де N_s – кількість моніторів/контролерів (рис.2).

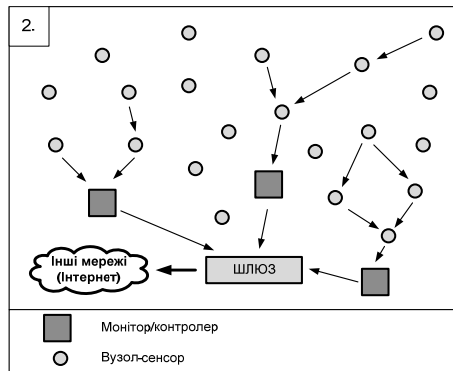


Рис. 2. БСМ з кількома моніторами

Розширенням БСМ є бездротова мережа сенсорів та актуаторів (БСАМ). Тобто БСАМ містить вузли (актуатори – керуючі пристрої), що впливають на середовище. Включення актуаторів в мережу призводить до ускладнення протоколу обміну даними та способів побудови мережі. Підтримка актуаторів не може бути розширенням протоколу – протокол повинен бути суттєво змінений для підтримки двонапрямленої передачі. На рис.3 подано приклад БСАМ.

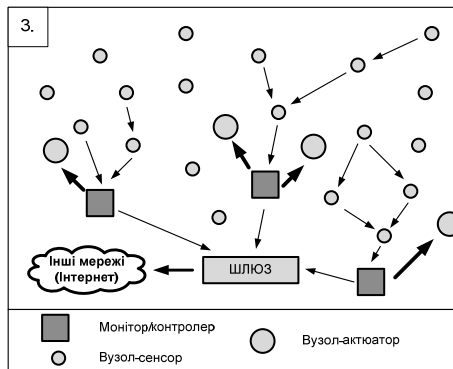


Рис. 3. БСАМ з кількома моніторами/контролерами

4. ТОПОЛОГІЯ РОЗРОБЛЮВАНОЇ МЕРЕЖІ

Мережа буде мати топологію „Зірка” та „Дерево” наступної структури (для кращого розуміння топології проєктованої мережі на рис.4 подано її загальну структуру). Потрібно також створити програмні модулі для елементів мережі точка-багатоточка (Cypress WirelessUSB N:1Network) [6, 7].

Розроблено чотири типи вузлів бездротової мережі:

„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.5).

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

Тип елемента мережі: Slave.

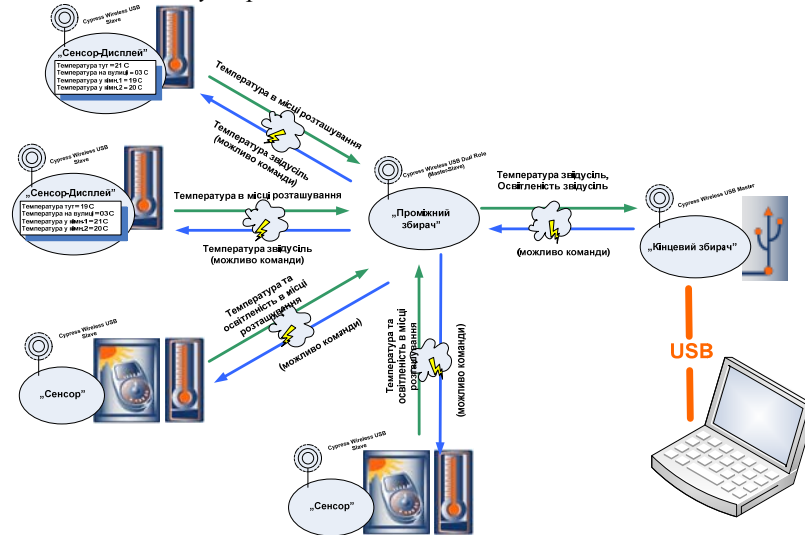


Рис. 4. Загальна структура спроектованої мережі контролю виробничих умов

„Сенсор” – Вузол передачі інформації з локальних сенсорів. Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, температурний сенсор, сенсор освітленості, ЦП (рис.6).

Призначення: Знімати покази температури в місці розташування, знімати покази освітленості в місці розташування. Передавати ці відомості на вузол типу „Master”.

Тип елемента мережі: Slave.

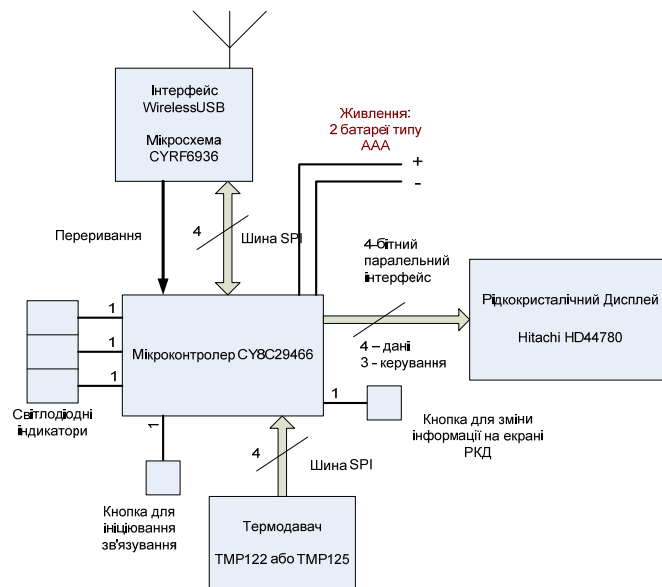


Рис. 5. Структурна схема вузла типу „Сенсор-дисплей”

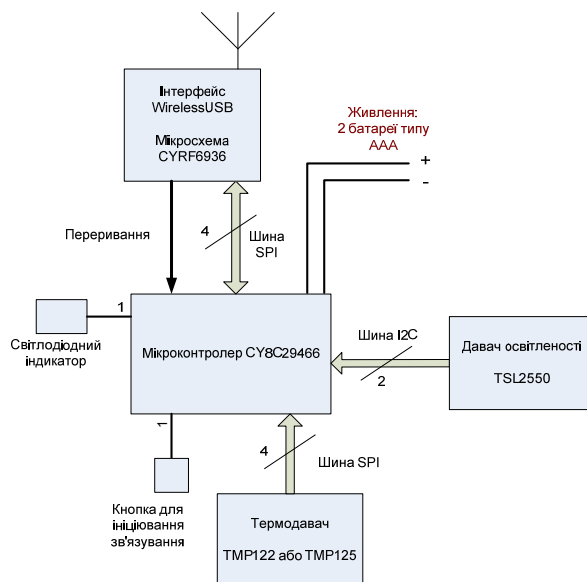


Рис. 6. Структурна схема вузла типу „Сенсор”

„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 (рис.7).

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).

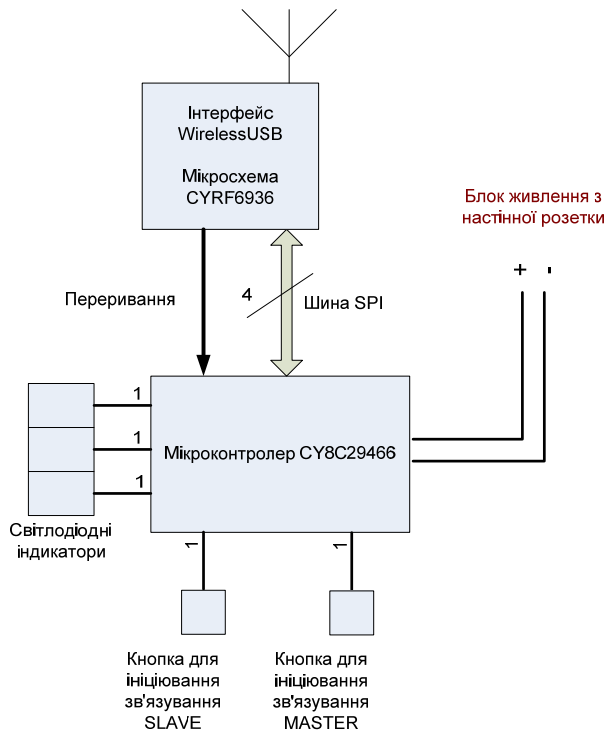


Рис. 7. Структурна схема вузла типу „Проміжний збирач”

„Кінцевий збирач” – Вузол кінцевого збору всієї інформації з сенсорів та передачі її на ПК. Містить прийомопередавач Cypress WirelessUSB, ЦП з вбудованим інтерфейсом USB HID (рис.8).

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 елемента мережі: Master.

Бездротова мережа виконує функції моніторингу і контролю за освітленістю та температурою в приміщенні. Інформація з мережі надходить на ПК оператора. Апаратні затрати при використанні обраної технології мінімальні – всю схему з МК, прийомопередавачем Cypress Wireless USB та антеною можна розмістити на платі розміром з звичайну флеш-пам'ять, а інтерфейс підключення до ПК – шина USB.

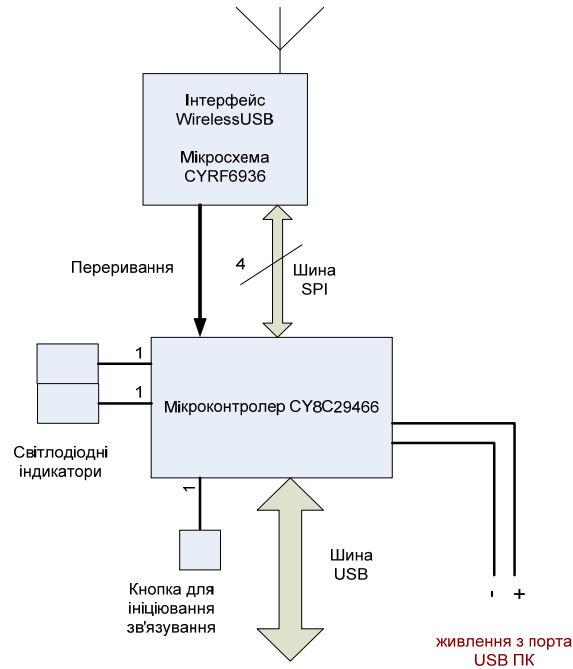


Рис. 8. Структурна схема вузла типу „Кінцевий збирач”

На ПК оператора здійснюється обробка інформації, а також заповнення бази даних.

Підмережа моніторингу і контролю за освітленістю та температурою в приміщенні не потребує високої пропускної здатності каналу зв'язку оскільки це не є критичними параметрами, інформація про які повинна постійно надходити на базу. Відповідно і реакція оператора

чи обчислювального центру не повинна бути миттєвою. Оновлення даних кожних 10 с є цілком достатньо для вчасної реакції – увімкнення ламп при недостатній освітленості чи увімкнення кондиціонера або обігрівача при незадовільних параметрах температури.

Кінцевими споживачами інформації в мережі можуть бути:

Оператор або програма-оператор, що працюють за ПК локально або ж віддалено через Інтернет

Накопичувальна база даних і термінал управління, доступний через Інтернет

5. ВИСНОВКИ

Завдання, що виникають при створенні протоколів сенсорної мережі, дещо відрізняються від завдань, що вирішуються при розробці звичайних дротяних або безпроводних мереж. Вузлом сенсорної мережі є дуже простий пристрій з обмеженими енергетичними і обчислювальними ресурсами, а час його автономної роботи повинен складати роки. Для його збільшення потрібно зменшити час, протягом якого включений або приймач, або передавач [8]. В роботі було розроблено функціональні та структурні схеми для елементів мережі. Елементами мережі виступатимуть сенсори та центри збору і комутації пакетів між сенсорами.

1. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. – СПб.: Питер, 2001. – 672 с.: ил. 2. 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. ПІМЕ НАН України. – Вип.49. – К.: 2008. – С. 185-193. 3. Зеляновський М. Ю. Методи самоорганізації у спеціалізованих та сенсорних мережах бездротового доступу // Зб. наук. пр. ПІМЕ НАН України. – Вип.50. – К.: 2009. – С. 182-186. 4. *Wireless Distributed Sensor Networks for In-situ Explorations of Mars. Craig Ulmer, Sudhakar Yalamanchili, Leon Alkalai. 5. Wireless Sensor Network Designs. Anna Hac. University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA. 6. Cypress MicroSystems, PSoC™ Mixed Signal Array CY8C29x66, CY8C27x66, CY8C27x43, CY8C24x23, and CY8C22x13 Technical Reference Manual 7. Cypress MicroSystems, Cypress WirelessUSB LP Technical Reference Manual 8. Тимченко О.В., Зеляновський М.Ю. Методи і протоколи обміну даними сенсорних мереж // Зб. наук. пр. ПІМЕ НАН України. – Вип.46. – К.: 2008. – С. 176-183.**