УДК 004.7

© 2008 р. В.В.Яцків

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Тернопільського національного економічного університету, Тернопіль

БЕЗПРОВІДНІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ОПТИЧНОГО КАНАЛУ ЗВ`ЯЗКУ

Використання в якості середовища передавання даних безпровідного оптичного каналу зв'язку дозволяє створювати нові ефективні системи збору і обробки інформації про стан розподілених об'єктів. У статті запропоновані принципи організації збору даних з розподілених об'єктів, які забезпечують зменшення габаритів вузлів мережі, збільшення тривалості роботи від автономного джерела живлення. Передавання даних з використанням оптичних сигналів дозволяє підвищити рівень захисту від електромагнітних завад та несанкціонованого доступу до інформації.

The use of wireless optical communication channel as the environment of data communication allows to create the new, effective systems of collection and processing information about the state of distributed objects. In the paper is offered organization principles of data that captured from the distributed objects which provide diminishing of motes size in network, increase duration of work from the autonomous feed source. Data communication by means of optical signals allows to increase the level of defence from electromagnetic hindrances and unauthorized access to information.

Вступ

Прогрес в області мікроелектроніки та використання ефективних технологій безпровідного зв'язку привів до розробки та впровадження нового класу розподілених комп'ютерних систем – безпровідних сенсорних мереж [1, 2].

Безпровідні сенсорні мережі призначені для вирішення задач збору, обробки і передавання даних, зокрема, системи охорони і контролю доступу, автоматизація будинків, діагностика промислового обладнання, віддалений збір показників з лічильників, телемедицина, військова сфера [2].

Вузлами безпровідних сенсорних мереж є малогабаритні пристрої, що виконують одночасно обчислювальні і комунікаційні функції .

Безпровідні сенсори представляють собою плату (рис. 1) на якій розміщено мікроконтролер (M), радіочастотний трансівер (T), джерело живлення (B) і датчик (S). Датчики залежать від сфери використання сенсорних мереж і можуть бути: температури, тиску, вологості, вібрації та ін.

Основною вимогою до вузлів сенсорних мереж є мінімальне споживання струму, що забезпечить тривалий час їх роботи від автономного джерела живлення. Одним з основних споживачів енергії вузла є радіотрансівер, отже задача зменшення енергоспоживання операції прийому-передачі даних є актуальною. Радіотрансівер також займає значну частину розмірів безпровідного сенсора.

Сучасні безпровідні сенсорні мережі в якості середовища передавання даних використовують радіоканал. Передача даних на фізичному рівні сенсорних мереж здійснюється згідно стандарту IEEE 802.15.4, в діапазоні частот 868 МГц; 915 МГц; 2,4 ГГц та забезпечують швидкість передавання до 250 Кбіт/с [1].

Використання радіоканалу ускладнює організацію захисту даних від несанкціонованого зчитування та використання в місцях з високим рівнем електромагнітних завад.

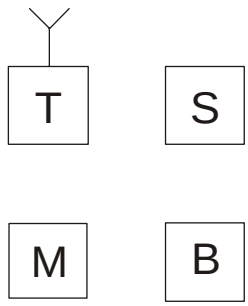

Рис. 1. Структура безпровідного сенсора

Постановка задачі та її розв'язок

У зв'язку з широким впровадженням безпровідних сенсорних мереж в різні галузі виробництва, контролю та управління, систем технічної безпеки, стає актуальною проблема підвищення надійності їх роботи та захист від несанкціонованого доступу до інформації в процесі передачі, особливо гостро дана проблема стосується сенсорних мереж, які використовуються в системах технічної безпеки.

Найбільш вразливим місцем інформаційних систем є канали зв'язку. Відповідно від їх надійної роботи в значній мірі залежить надійність роботи системи в цілому.

В умовах постійно зростаючого рівня електромагнітних завад у широкому діапазоні частот використання оптичних сигналів для передачі даних стає особливо актуальним. У безпровідних оптичних каналах передача даних здійснюється вузько направленим оптичним променем, в той час як сигнали які передаються по радіоканалу випромінюються в діапазоні кутів 360 градусів. Вузькі промені оптичних систем роблять неможливим перехоплення сигналів, оскільки для цього необхідно розмістити приймач на шляху поширення сигналу. Оптичні промені простіше контролювати, вони не проходять через стіни і спеціально обладнані вікна. Достатньо вузькі промені світла дають можливість обійти обмеження, властиві радіочастотним системам, і компактно розмістити велику кількість оптичних терміналів на одній території без використання методів розділення. Оптичні канали зв'язку забезпечують високу швидкість передавання.

Безпровідні оптичні канали зв'язку успішно використовуються або знайдуть використання в майбутньому в [3]:

• системах телекомунікації та комп'ютерних мережах;

• системах космічного зв'язку;

• системах зв'язку з підводними човнами;

• в системах спеціального зв'язку типу "точка – точка" між рухомими або стаціонарними абонентами;

• системах охоронної сигналізації активного та пасивного типу;

• лазерних системах моніторингу об'єктів.

Ще однією перспективною областю використання безпровідних оптичних каналів зв'язку є сенсорні мережі. Для зв'язку безпровідний сенсор використовує оптичний трансівер, який

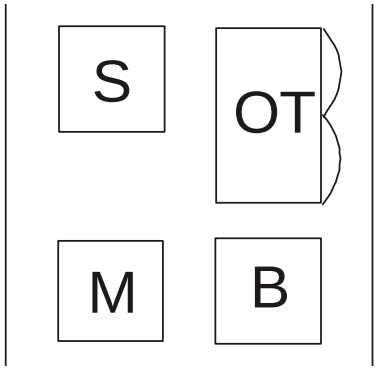

Рис. 2. Структура сенсора з оптичним каналом зв'язку: ОТ – оптичний трансівер

складається з оптичного випромінювача та фотоприймача (рис.2). В якості випромінювача використовується лазерний або інфрачервоний діод.

Для зменшення енергоспоживання безпровідного сенсору розроблена схема передавання даних скануючого типу (рис.3). Дані з мікроконтролера поступають на кероване мінідзеркало (СМ). Мінідзеркало має два стани, що розрізняються напрямом повороту дзеркальної площини навколо осі, яка проходить по діагоналі дзеркала. Залежно від поступаючого сигналу (відповідного 0 або 1) дзеркало приймає одне з двох можливих положень, тобто повертається на деякий кут. З врахуванням положення мінідзеркала відбите світло надходить або на фотоприймач через оптичну систему, або відбивається в сторону на світлопоглинач. Кут повороту дзеркала – це плюс 10° від нормалі для положення "включено" (1) і мінус 10° для "вимкнено" (0). Таким чином, зміною положення мінідзеркала, здійснюється модуляція оптичного випромінювання [4, 5].

Використання методу передавання даних з дистанційним зчитуванням дозволяє значно зменшити витрату електроенергії для передачі даних. Відстань зчитування даних залежить від потужності випромінювача (лазерного діода) і рівна 200 - 400 м.

Для передачі повідомлень багатьом вузлам мережі автором розроблена топологія "точка – багато точок" на основі оптичного каналу зв'язку (рис. 4). Лазерний діод (LD) з широкою діаграмою направленості передає дані на безпровідні сенсори (WS) які з псевдовипадковою затримкою передають дані на фотоприймач (P).

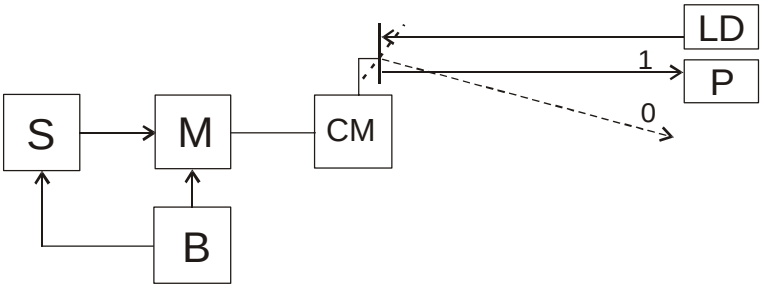

Рис. 3. Структурна схема сенсора з дистанційним зчитуванням даних: LD – лазерний діод; P – фотоприймач; CM – кероване дзеркало

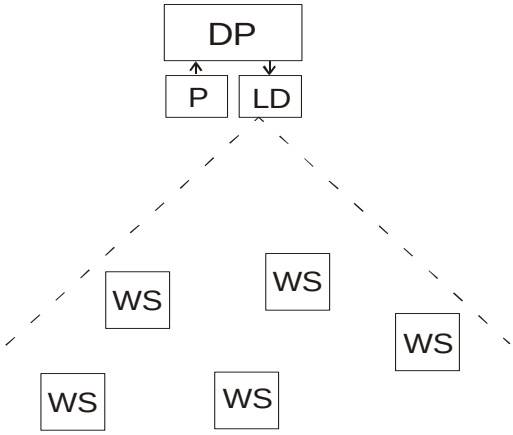

Рис. 4. Топологія мережі точка – багато точок

Безпровідні сенсори обладнані рефлектором з модулятором, який забезпечує передачу даних на базову станцію. Рефлектор це фігура з трьома взаємно - перпендикулярними гранями (дзеркалами), одна з яких міняє своє положення і таким чином здійснює модуляцію сигналу. При опроміненні рефлектора віддаленим лазером модульований сигнал відбивається під кутом 180° [4]. Сенсори мають два джерела живлення: акумулятор та сонячні елементи, які перетворюють випромінювання лазера в електричний струм. Таким чином є можливість додатково заряджати акумулятор при відсутності природного освітлення.

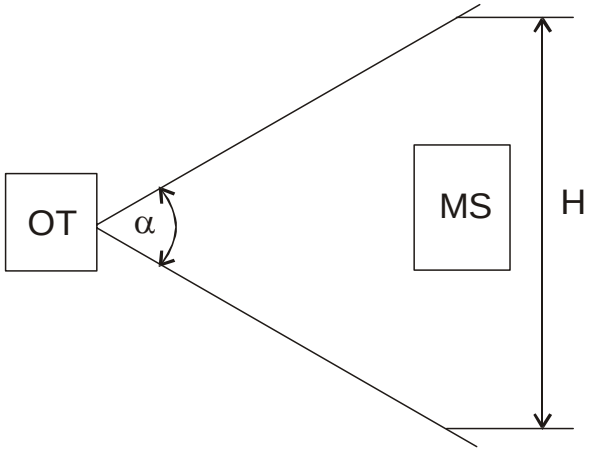

Рис. 5. Зв'язок з рухомим абонентом на основі оптичних променів: MS – рухомий абонент; OT – оптичний трансівер; H – зона зв'язку

Дана архітектура дозволяє організувати безпровідний доступ до ресурсів локальної мережі аналогічно радіомережам, а також підключити до однієї базової станції декілька користувачів з асиметричним трафіком. Швидкість передавання від базової станції до користувача 10-100 Мбіт/с, від користувача до базової станції до 1 Мбіт/с.

Використання оптичних сигналів для зв'язку з рухомими абонентами (рис. 5) забезпечує високу прихованість обміну інформацією. Після входження абонента в зону зв'язку відбувається його аутентифікація, після цього здійснюється обмін даними на високій швидкості (0.1 – 10 Гбіт/с) протягом короткого часу (до 1 с).

Аналіз одержаних результатів

Обсяг інформації, який можна передати рухомому абоненту обчислюється за формулою [6]: $W = \dfrac{2 \cdot C \cdot L \cdot tg\left(\dfrac{\alpha}{2}\right)}{3{,}6 \cdot V}$,

де W – обсяг прийнятої (переданої) інформації,

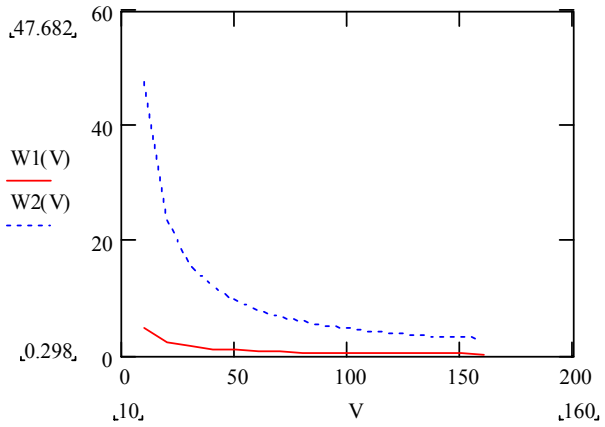

Рис. 6. Залежність обсягу переданої інформації від швидкості руху абонента: $L = 50$ м, $W1(V)$ при $C = 10$ Мбіт/с, $W2(V)$ при $C = 100$ Мбіт/с

Мбіт/с; L – відстань до передавача, м; α – кут розходження оптичного променя; V – швидкість руху абонента, км/год.

З графіку на рис.6 видно, що обсяг прийнятої інформації становить близько 5 Мбіт, при швидкості руху 100 км/год та швидкості передавання 100 Мбіт/с. А так, як сучасні безпровідні оптичні канали зв'язку забезпечують швидкість передавання (0,1 – 10 Гбіт/с), відповідно навіть при високих швидкостях руху можна досягти значних обсягів передачі інформації.

Висновок

Використання розроблених принципів збору даних з сенсорів на основі безпровідного оптичного каналу зв'язку забезпечить підвищення надійності роботи мережі в умовах електромагнітних завад, захист від несанкціонованого доступу до даних в процесі передачі, збільшення тривалості роботи безпровідних сенсорів, а також зменшить вартість реалізації одного пристрою.

Вищеописані властивості роблять безпровідні сенсори з оптичним каналом зв'язку ефективним засобом для збору даних з розподілених об'єктів та організації безпровідних сенсорних мереж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Кудряшов Ю. В., Яцків В. В., Николайчук Я. М., Саченко А. О.* Оптичні лінії – перспективний напрямок розвитку комп'ютерних мереж // Оптико – електронні інформаційно – енергетичні технології. – 2001. – №2. – С. 186 – 191.
2. Sensor Networks Research. http://techresearch.intel.com/articles/Exploratory/1501.htm
3. *Николайчук Я., Кудряшов Ю., Яцків В., Лендюк Т.* Стратегія та перспективи створення в Україні багаторівневих комп'ютерних мереж з відкритими оптичними каналами // Комп'ютинг, 2002. – Т.1, Вип. 2. – С. 17-21.
4. *Яцків В. В.* Проблеми створення комп'ютерних мереж на основі відкритих лазерних каналів зв'язку // Тези міжнародної науково - технічної конференції. "Контроль і управління в складних системах" (КУСС - 2003). – Вінниця: «УНІВЕРСУМ – Вінниця». – 2003. – С. 70.
5. Einblick in das „SMART DUST" - Projekt. http://itmietek.com/indeks.php.
6. *Борисов В. И., Толстых Н. Н., Павлов Р. В.* Лазерные линии в системах безопасности, связи и телекоммуникаций. http://www.wireless.ru/wireless/473.

Yatskiv V.V. **Wireless sensor networks based on optical connection channel**

Яцкив В.В. **Беспроводные сенсорные сети на основе оптического канала связи**

Использование в качестве среды передачи данных беспроводного оптического канала связи позволяет создавать новые эффективные системы сбора и обработки информации о состоянии распределенных объектов. В статье предложены принципы организации сбора данных с распределенных объектов, которые обеспечивают уменьшения габаритов узлов сети, увеличение продолжительности работы от автономного источника питания. Передача данных с использованием оптических сигналов позволяет повысить уровень защиты от электромагнитных помех и несанкционированного доступа к информации.