

ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

INSTRUMENT-MAKING AND INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

УДК 004.7:004.9

М.Карпінський¹, докт. техн. наук; М.Мікульські²; В.Карпінський³

¹*Університет в Бельску-Бялей (Польща)*

²*Вища державна професійна школа в Новому Сончі (Польща)*

³*Тернопільський національний економічний університет*

ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ У ВИМІРЮВАЛЬНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМАХ: МЕТОДИ, СТАНДАРТИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАСОБІВ

Проаналізовано методи передавання даних у вимірювально-керуючих системах. Висвітлено особливості та переваги застосування у цих системах безпроводових мереж, що функціонують на підставі сучасних стандартів. Проведено класифікацію засобів, яка може бути використана для ефективного поєднання безпроводових мереж і вимірювально-керуючих систем.

M.Karpinskyu, M.Mikulski, V.Karpinskyi

TRANSMISSION OF DATA IN MEASURE AND MANAGE SYSTEMS: METHODS, STANDARDS AND CLASSIFICATION OF FACILITIES

The methods of transmission of data are analysed in the measure and manage systems. Features and advantages of application in these systems of wireless networks are reflected, which function on the basis of modern standards. Classification of facilities, which can be used for effective combinations of wireless networks, measure and manage systems is conducted.

Класифікація вимірювальних систем

Вимірювальну систему можна представити набором функціональних вузлів, що утворюють єдину організаційну цілісність та охоплюють спільне керування, та призначену для реалізації конкретної мети. В залежності від реалізованих функцій і призначення вимірювальні системи можна поділити на [1]:

- дослідницькі системи – імplementовані з метою верифікації наукових гіпотез і використовувані, наприклад, в електроніці, фізиці, механіці, медицині, хімії, біології;
- вимірювально-діагностичні системи – призначені для виявлення та локалізації ушкоджень в досліджуваних об'єктах;
- вимірювально-керуючі (вимірювально-контрольні) системи (ВКС) – до їх складу входять вимірювальні давачі та регулятори, а генерована чутливим елементом інформація про стан контрольованого об'єкту впливає на уставки регуляторів.

Інший поділ вимірювальних систем, що класифікує їх з точки зору зони дії, дозволяє виділити [2]:

- локальні вимірювальні системи – функціонують в межах одного приміщення;

• розподілені вимірювальні системи – своїм покриттям охоплюють більше, ніж одне приміщення або в яких відстань між приладами системи є більша, ніж довжина інтерфейсного кабеля.

В кожній, включно вимірювальній, комунікаційній системі дані можуть передаватись послідовно чи паралельно. Для послідовної комунікації дані передаються біт по біту. Такий спосіб передавання даних у вигляді послідовності бітів породжує необхідність впровадження відповідних контрольних і коректувальних процедур з метою поділу бітів на слова. Паралельна ж комунікація передбачає одночасне передавання даних у формі n-бітових слів, приміром 4 чи 32-бітових. За способом передавання даних розрізняємо вимірювальні системи з послідовним і паралельним інтерфейсами. В табл.1 наведені деякі характеристики послідовної та паралельної комунікації у використовуваних вимірювальних інтерфейсах, виходячи з їх придатності у вимірювальних системах.

Таблиця 1 – Порівняння послідовного та паралельного передавання даних у вимірювальних системах

Характеристика Вид зв'язку	Швидкість передавання	Охоплення трансляції	Вид носія	
			проводовий	безпроводовий
Послідовний зв'язок	менша ($\leq 2,5$ Мбайт/с)	значне	так	так
Паралельний зв'язок	більша (≤ 40 Мбайт/с)	обмежене	так	ні

Іншим критерієм щодо класифікації систем зв'язку є їх поділ на системи з синхронним та асинхронним передаванням. В перших системах всі пристрої синхронізовані за допомогою спільного тактового генератора чи годинника (наприклад, за допомогою: циклічно передаваних визначених рамок, сигналу визначеної частоти), а передавання інформації може здійснюватися лише у строго визначених моментах часу. В асинхронних системах відсутні чітко задані моменти часу, що визначають передавання.

Інтерфейси, комп'ютерні та телекомунікаційні мережі у вимірювальних системах

Вимірювальні системи функціонують на базі як комунікаційних стандартів, що розробляються строго на їх потреби, так і комунікаційних протоколів, які передбачено для інших застосувань, наприклад, для мереж LAN (*Local Area Network*), мереж стаціонарного телефонного зв'язку, мереж мобільного зв'язку. До найпоширеніших інтерфейсів вимірювальних систем належать:

- послідовні: RS-232, RS-449, RS-530, CAN (*Controller Area Network*),
- паралельні: IEEE-488,
- PROFIBUS (*Proces Field Bus*),
- FieldPoint,
- MicroLAN.

Для створення вимірювально-керуючих систем, які загалом є розподіленими системами, з вище наведених стандартів використовуються PROFIBUS чи FieldPoint. Однак щораз істотнішого значення в цій галузі набувають адаптовані для потреб ВКС комунікаційні системи, які первинно передбачалися для інших застосувань. Найважливіші з них будуть представлені нижче.

Дедалі частіше для будови вимірювальних систем використовуються комунікаційні рішення, що запозичені з комп'ютерних мереж чи телеінформатики та телекомунікації. Це належить в однаковій мірі як до проводових, так і до безпроводових технологій.

За просторовим охопленням комп'ютерні мережі поділяються на локальні та глобальні, причому у вимірювальних системах знаходять застосування передусім

мережі LAN [3]. Найпопулярнішим стандартом локальних мереж є стандарт Ethernet. Розроблений у 1976 році цей стандарт дочекався багато версій та імплементацій з метою збільшення пропускної здатності та зони дії, наприклад, FastEthernet, GigabitEthernet, 10 Gigabit Ethernet. Носієм передавання використовується: концентричний кабель, вита пара (екранована, неекранована), оптоволоконний кабель. Сучасні системи локальних мереж стандарту Ethernet характеризуються довжиною одного сегмента від 100 м з використанням витвої пари до 40 км і з застосуванням оптоволоконного кабелю та забезпечують передавання зі швидкістю від 10 Мб/сек до 10 Гб/сек.

Будуючи вимірювальну систему на підставі локальної комп'ютерної мережі, можна створити такі її варіанти [2]:

- ієрархічна вимірювальна система. Вона може складатися, наприклад, з двох рівнів (рис.1). Нижчий рівень утворюють вимірювальні підсистеми, в яких контролером використано комп'ютер PC. Вища сходинка в ієрархії системи організована за допомогою мережі LAN, до якої під'єднані комп'ютери-контролери підсистем і контролер системи. В такій системі мережа LAN застосовується для зв'язку між комп'ютерами, які обмінюються між собою даними та розпорядженнями;



Рисунок 1 – Ієрархічна вимірювальна система в мережі Ethernet

- система з інтерфейсом LAN. В цю систему входять пристрої (контролер, вимірювальні засоби), обладнані інтерфейсом Ethernet. Тоді для побудови вимірювальної системи достатньо створити мережу LAN, елементами якої будуть згадані пристрої. У системах цього типу на вимірювальному приладі заінстальоване програмне забезпечення сервера WWW, тоді як на контролері системи – програмне забезпечення клієнта. Сервер WWW використовується для надання доступу до вимірювальних даних;

- система з перетворювачами (надалі – конвертерами) інтерфейсів. В таких системах засоби вимірювань під'єднуються до первинної шини, наприклад, IEEE-488 або RS232C (рис. 2). Конвертер інтерфейсів об'єднує вимірювальні магістралі з мережею LAN, в якій міститься контролер вимірювальної системи.

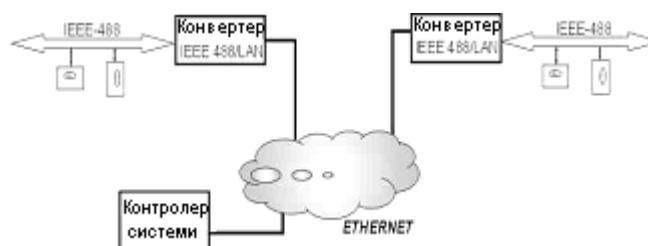


Рисунок 2 – Вимірювальна система з контролерами IEEE-488/LAN в мережі Ethernet

Існує низка ситуацій, коли елементи ВКС знаходяться на значних відстанях від себе, наприклад, системи моніторингу та керування мережі водопостачання міст. Тоді для передавання даних вимірювання можна використати такі розв'язання:

- власна комунікаційна інфраструктура з використанням провідних носіїв (мідні кабелі, наприклад, типу XzTKMXrw, оптоволоконні кабелі) – однак таке розв'язання є досить дороге та практично можливе лише для випадку будови нових систем технічної інфраструктури, коли створення комунікаційної платформи може відбуватися в погодженні з реалізацією відповідної інвестиції;

- власна комунікаційна інфраструктура з використанням радіомодемів – смуги частот, в яких функціонують радіомодеми, є ліцензовані та вимагають відповідних дозволів на використання частоти. Радіомодеми загалом обладнані послідовним інтерфейсом RS232 або RS485, який з'єднує його з ВКС. Такий підхід є без сумніву економічнішим від попереднього (кошти встановлення і конфігурування пристроїв та оплати за використання частоти), однак для нерівнинного, горбистого рельєфу місцевості необхідно створювати мережу ретрансляційних пристроїв. Крім цього, для великої кількості об'єктів можуть з'явитися взаємно наведені станціями завади;

- вимірювальна система з передаванням даних в телефонній мережі PSTN (*Public Switched Telephone Network*) або наданням телекомунікаційними операторами послуг передавання даних. Тоді пристрій генерування даних DTE (*Data Terminal Equipment*) зв'язується з віддаленим пристроєм DTE за допомогою засобів, що виконують функцію DCE (*Data Communication Equipment*)–модемів, через комунікаційну мережу оператора;

- вимірювальна система на підставі мобільного зв'язку GSM (*Global System for Mobile Telecommunication*) – надає можливість мобільності елементам системи. При цьому вимірювальну чи керуючу інформацію можна передавати:

- a) за допомогою SMS (*Short Message Service*) чи MMS (*Multimedia Message Service*). Тоді існує впевненість доставки даних до адресата, але не можна передбачити моменту їх надходження та прочитання. З цієї причини такий підхід можна рекомендувати для нескладних вимірювальних систем, однак він не надається для систем реального часу;

- b) з комутацією каналів SDT (*Switched Data Transfer*), HSCD (*High Speed Circuits Switched Data*). Його характерна риса – передаванню даних передують з'єднання розмовних каналів, що використовуються для згаданого передавання. Для способу HSCD можна з'єднати навіть 4 розмовні канали в межах однієї лінії. Передавання з комутацією каналів неекономічне, оскільки після з'єднання каналів зв'язку розпочинається нарахування оплати оператором мережі незалежно від того, передається інформація чи ні. Можна досягти таких швидкостей передавання: 9,6 Кбіт/с для SDT, 14,4- 57,6 Кбіт/с для HSCD;

- c) з комутацією пакетів із застосуванням технології GPRS (*General Radio Packed Service*). В цьому режимі користувачі (елементи вимірювальної системи) мають постійний доступ до трансляційної мережі, тоді як оплата залежить від обсягу передаваних даних, а не від тривалості їх передавання. Дані можуть передаватися із швидкістю 115,2 Кбіт/с. Іншим покращеним методом цифрової модуляції, доступним в мережах GSM, є EDGE (*Enhanced Data Rate for GSM Evolution*), завдяки чому можливе передавання даних зі швидкістю від 384 Кбіт/с до 1 Мбіт/с;

- вимірювальна система з проникнутими з галузі ІТ (*Information Technology*) розв'язаннями. Зустрічаються технічні рішення, в яких дані вимірювань передаються до серверів баз даних за посередництвом мережі Інтернет і візуалізуються за допомогою сервера WWW. Клієнт після зареєстрування до системи отримує доступ до поданих графічно даних вимірювань та їх аналізу. Наведений сценарій надається в більшій мірі до систем діагностики чи моніторингу, ніж до ВКС [4].

Безпроводове передавання вимірювальних даних на короткі та середні відстані

Велика популярність безпроводової трансляції у зв'язку короткого чи середнього обсягу зумовила, що частина безпроводових стандартів знайшла застосування у

вимірювальних системах. Це стосується таких стандартів як IEEE-802.11b/802.11g, HiperLAN, Bluetooth, HomeRF. Однак не розроблялися вони з думкою про ВКС, і тому виявилось, що їм притаманна низка обмежень для розв'язання задач вимірювання. Більшість безпроводових стандартів оптимізовано з точки зору отримання максимальної бітової швидкодії чи забезпечення параметрів QoS (*Quality of Service*), що зумовило їх ускладнення та досить відчутне споживання потужності засобами. Цей останній аспект має істотне значення для безпроводових вимірювальних систем, беручи до уваги факт, що чутливі вимірювальні перетворювачі часто монтуються у важкодоступних місцях і ставиться вимога їх нечастої заміни. Неабияке значення відіграє також вартість засобів. З метою усунення перелічених обмежень розроблено стандарт 802.15.4 та базований на ньому ZigBee, що є набором комунікаційних протоколів, запропонованих організацією ZigBee Alliance. Порівняння деяких характеристик зазначених стандартів безпроводового зв'язку наведено на рис. 3 [5].

Специфікація IEEE 802.15.4 охарактеризовує стандарт безпроводового передавання даних в мережах WPAN (*Wireless Personal Area Network*) з низькою швидкістю та надзвичайно малою споживаною потужністю. Нормативний документ IEEE 802.15.4 визначає два рівні: фізичний і MAC.

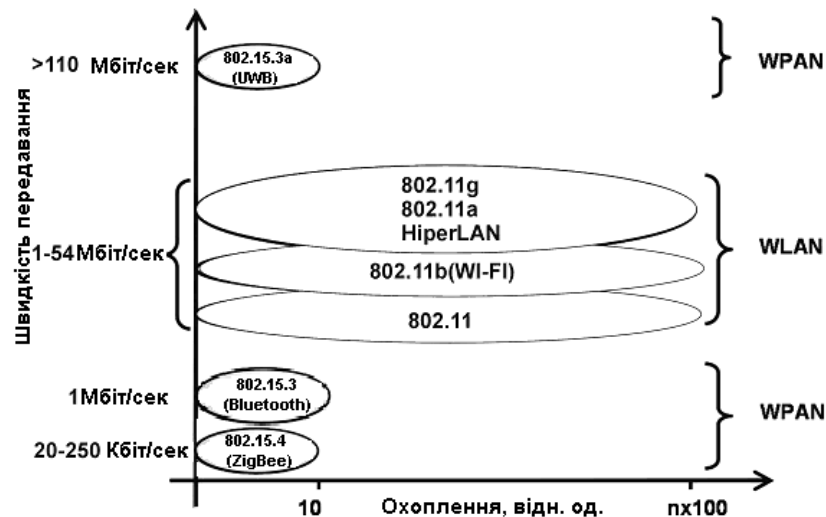


Рисунок 3 – Порівняння стандартів безпроводових мереж

Пристрій ZigBee функціонує у смугах:

- 868,0 ... 868,6 МГц зі швидкодією передавання даних 20 Кбіт/с (Європа),
- 902 ... 928 МГц зі швидкодією передавання даних 40 Кбіт/с (США),
- 2400,0 ... 2483,5 МГц зі швидкодією передавання даних 250 Кбіт/с – всесвітня смуга частот ISM (*Industry Science Medicine*).

Слід відзначити, що наведені частоти належать до неліцензованих смуг. Класифікація пристроїв ZigBee залежно від заімплементованих функцій є така:

1) пристрої зі всіма системними функціями FFD (*Full Function Device*), яким притаманне:

- 1.1) функціонування у довільній топології,
- 1.2) може бути координатором, в тому числі PAN (*Personal Area Network*),
- 1.3) з'єднуватися з кожним іншим пристроєм;

2) пристрої з обмеженими системними функціями RFD (*Reduced Function Device*), що:

- 2.1) можуть функціонувати лише в топології,
- 2.2) не можуть бути координатором мережі,

2.3) можуть зв'язуватися лише з координатором мережі,

2.4) характеризуються досить нескладною будовою.

Мережа IEEE 802.15.4/ZigBee вимагає застосування щонайменше одного пристрою FFD з функцією координатора. Стандартом передбачено такі топології: зірка, дерево, сітка (рис. 4). Адресація пристроїв виконується за допомогою повних (64 біт) або скорочених (16 біт) адрес [6].

За можливістю заощадження енергії можна виділити такі види передавання даних в мережі ZigBee [4]:

- безпосереднє передавання даних. Належить до всіх можливих способів передавання даних – з пристрою RFD до координатора з координатора до пристрою RFD, або між засобами FFD. В залежності від того, чи координатор здійснює синхронізацію праці мережі за допомогою рамки мітки (*Beacon*), використовуються для змагання за суму частот на MAC методи CSMA/CA або s-CSMA/CA;

- посереднє передавання даних. Застосовується винятково для передавання даних від координатора до підпорядкованих йому пристроїв. В цьому режимі рамки даних утримуються координатором в списку транзакції, очікуючи на передавання до відповідного пристрою. Пристрій довідується про очікуваний на нього пакет шляхом перевірки рамок мітки, отриманих від координатора;

- передавання даних з гарантованою часовою щільною (*GTS - Guaranteed Time Slot*). Тоді не використовуються методи CSMA/CA. Цей вид використовується для передавання даних між координатором і звичайним пристроєм та навпаки. Такий режим передавання даних зводиться до одного з методів забезпечення QoS.

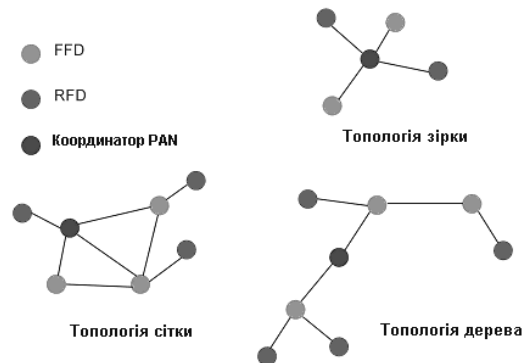


Рисунок 4 – Топології мережі ZigBee

Одним з головних джерел успіху стандарту ZigBee є низьке споживання потужності пристроями, дія яких опирається на специфікацію 802.15.4. Основний спосіб ощадного споживання потужності ґрунтується на передаванні даних базованих на міткових рамках. В режимі безпосереднього передавання даних із задіяною опцією *BatteryLifeExtension* приймальний рамку *beacon* пристрій вимикається після часу *macBattLifeExtPeriods* (зазвичай 6) IFS (*Inter Frame Space*). Для конфігурації за замовчуванням це зумовлює, що пристрій ZigBee чи координатор при відсутності передавання даних вмикається лише на час, що відповідає 1/64 суперрамки. В режимі посереднього передавання даних пристрій може перейти до стану низького споживання потужності, попередньо впевнившись, що відсутній пакет, очікуючий передавання до пристрою, – після аналізу прийнятої рамки мітки. Крім згаданих підходів важливими для зменшення споживаної потужності є: короткий час засипання та піднесення приймач-передавача (*transceiver*), а також малий час запізнення (*backoff*) доступу для методу CSMA/CA.

До істотного аспекту кожного виду передавання даних, особливо безпроводового, належить їх захист. В залежності від потреб 802.15.4 передбачає три рівні безпеки передавання даних:

- для випадку неістотної безпеки передаваної інформації чи достатності захисту її на вищих рівнях пристрій може вибрати режим роботи без захисту;
- для уникнення неавторизованого доступу до даних пристрою останній може створити список контролю доступу (ACL - *Access Control List*). На цьому рівні не імплементуються жодні криптографічні алгоритми;
- шифрування передаваних даних, зокрема за допомогою симетричного криптографічного алгоритму AES (*Advanced Encryption Standard*).

Висновки. Отримані результати дозволяють вибрати певний конкретний метод передавання даних у ВКС. Перспективним вбачається використання вбудованих безпроводових мереж, зокрема стандарту ZigBee, що і становитиме подальші шляхи досліджень в системах промислової автоматички.

Література

1. Adamowicz K., Winiecki W. Struktura i organizacja systemów pomiarowych // Materiały Szkoły - Konferencji „Metrologia Wspomagana Komputerowo”. – Zegrze k/Warszawy. – 1993.
2. Nawrocki W. Rozproszone Systemy Pomiarowe. – Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. – 2006.
3. Woźniak J., Nowicki K. Sieci LAN, MAN, WAN – protokoły komunikacyjne. – Kraków: Wydawnictwo Postępu Telekomunikacji. – 2000.
4. Michta E. Systemy Pomiarowo-Sterujące Nowej Generacji // Prace Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej METROL. – Zielona Góra: METROL. – 2004.
5. Zheng J., Lee M.J. Will 802.15.4 Make Ubiquitous Networking a Reality?: A Discussion on a Potential Low Power, Low Bit Rate Standard // IEEE Communications Magazine. – 2004.
6. Marandin D. ZigBee Tutorial // www.ifn.et.tu-dresden.de/~marandin/ZigBee.

Одержано 14.06.2007 р.

УДК 628.979; 621.384

Л.Костик

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПРОМІНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ЗА ПАРАМЕТРАМИ ПРИЙМАЧА

Проведено аналіз процесів поглинання і перетворення випромінювання, яке використовується в оптичних технологіях. Дано оціночну характеристику продуктивності світлотехнічної установки акумулюючої дії. На прикладі світлокультури рослин подано методику порівняльного аналізу ефективності опромінювальних установок з різними джерелами випромінювання. Показано, що найвищу ефективність мають установки з опромінювальними пристроями, які оснащені натрієвими та галогенними дуговими лампами як постійного, так і змінного опромінювання.

L.Kostyk

OPTIMIZATION OF IRRADIATING SYSTEM POWER EFFICIENCY ON TO PARAMETERS OF RECEIVER

The analysis of processes of absorption and transformation of radiation which is used in optical technologies is conducted. Evaluation description of productivity of irradiating system power of accumulated action is given. On the example of lightculture plants the method of comparative analysis of power efficiency of irradiating system is given with different light sources. It is rotined that the greatest efficiency have irradiating system with the irradiating devices which are equipped by sodiums and halogens arc lamps of both constant and variable irradiation.