УДК 621.311
© О.Тимченко[1], М. Зеляновський[2], 2012

МЕТОДИ ТА ПРОТОКОЛИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ВУЗЛІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ В ЧАСІ

Розглядаються методи та протоколи синхронізації вузлів безпровідних сенсорних мереж, їх можливості та методи синхронізації вузлів в часі.

Methods and protocols of synchronization of wireless sensor networks units, possibilities and methods of units synchronization in time are considerating.

1. ВСТУП

Системний аналіз особливостей бездротових мереж без фіксованої структури дозволив встановити, що вузька спеціалізація кожної системи такого типу, призводить до відсутності універсального програмно–апаратного рішення для елементів системи і необхідності індивідуального підходу до проектування мережі та її елементів в кожному окремому випадку, що є неефективним з точки зору впровадження мереж. Необхідність у мінімізації енергоспоживання та у передбаченні помилок елементів через відсутність можливості планування структури мережі, її встановлення, запуску, фізичного доступу до вузлів та централізованого адміністрування призводять до необхідності використання різноманітних методів самоорганізації, синхронізації, а також особливих методів побудови як інфраструктури мережі, так і методів побудови самого вузла мережі.

2. ПРИЗНАЧЕННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ

Синхронізація в часі – це метод забезпечення знання про час у розподіленій системі. Синхронізація як і наявність деякого опорного часового інтервалу є критично необхідною для коректного функціонування вузлів бездротової мережі та всієї мережі в цілому. Синхронізація критична для ряду фундаментальних задач, що покладаються на бездротові сенсорні мережі (БСМ), а саме:

Інтеграція даних – коректне опрацювання зібраних даних можливе за умови однакової шкали часу для кожного з вузлів

[1] Українска академія друкарства

[2] Національний університет „Львівська політехніка”

Керування живленням – правильне планування та тривалість режимів сну та присутності в мережі дозволяє мінімізувати споживання енергії. Правильність такого розкладу залежить від синхронізація між логічно зв'язаними вузлами і дозволяє уникати втрати пакетів.

Диспетчеризація прийомопередачі – протоколи множинного доступу з розділом часу та їм подібні неможливо реалізувати без забезпечення синхронізації. Синхронізація дозволяє мінімізувати колізії пакетів.

Загальні – методи локалізації, захисту інформації, слідкування за переміщенням у БСМ вимагають фіксації часу замірів, здійснених сенсорами; часу надсилання чи отримання пакетів для відкидання прострочених пакетів.

Вузли мережі з автономним живленням вмикають приймач та передавач періодично. Вузли саме з таким типом живлення і складають більшу частину сенсорної мережі. Щоб не витрачати марно свою енергію кожен такий вузол в найкращому випадку повинен знати в який момент передати чи прийняти пакет.

Інколи повної синхронізації досягти неможливо, часом вона і не потрібна, оскільки від одного вузла до іншого може бути достатньо велика кількість маршрутів. Тут маємо на увазі що густота мережі є високою і відповідно ймовірність пропуску даних зменшується, адже кожен вузол має багато сусідів в радіусі дії.

Особливо важливою є синхронізація для мереж з кластерною організацією.

3. МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ

На рис.1 подано поділ методів синхронізації вузлів БСМ.

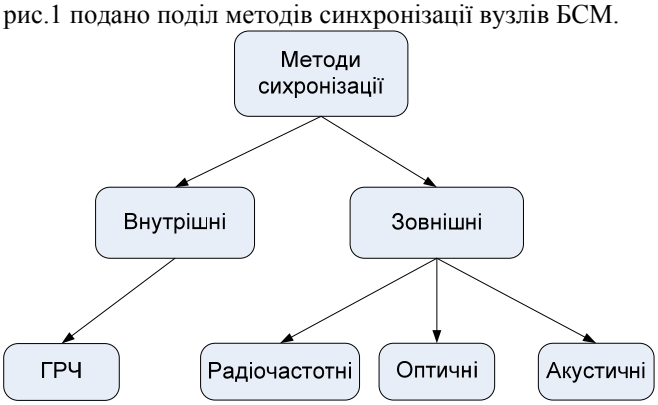


Рис.1. Класифікація методів синхронізації вузлів

Нижче розглядаються можливі способи забезпечення синхронізації між вузлами мережі відповідно до класифікації, поданої на рис.1.

Зовнішні радіочастотні

Періодичний радіосигнал синхронізації з деякого вузла мережі. Таким способом реалізується TDMA у мережах в межах всієї мережі або окремого кластера, коли окремі вузли періодично надсилають сигнал синхронізації до інших вузлів. Недоліки: певна ймовірність недосягнення синхронізації за виділений проміжок часу, якщо інтервал між передачею пакетів достатньо великий.

Тактовий радіосигнал з опорного джерела, що розповсюджується на довгих хвилях (до прикладу станція DCF77, що у Франкфурті, Німеччина транслює на частоті 75,5 КГц на дальність до 2000 км). Недолік – необхідне додаткове обладнання для вузла.

Використання GPS – супутники постійно передають власне положення та час. Недоліки: необхідне додаткове обладнання; необхідна пряма видимість між вузлом та супутником.

Використання пасивних радіосистем, подібних до систем радіочастотної ідентифікації (RFID, Radio Frequency Identification). Недоліки: необхідне додаткове обладнання, поки–що недостатня дальність дії. Варто зазначити що разом із розвитком технології WREL – Wireless Resonant Energy Link (бездротова резонансна передача електроенергії) такий спосіб отримає нові інструменти для реалізації.

Зовнішні оптичні

Лазерні промені – можуть застосовуватися в мережах з однонапрямленою передачею даних.

Інфрачервоні промені – системи на зразок описаних в стандарті IrDA (Infrared Data Association) можуть в деяких режимах роботи вузла служити альтернативним засобом передачі інформації.

Обидва оптичних методи мають наступні недоліки: необхідне додаткове обладнання; необхідна пряма видимість між вузлами, вузький кут діаграми направленості, порівняно високе енергоспоживання.

Зовнішні акустичні

Передача звукового імпульсу на границях діапазону, що сприймається людиною.

Внутрішні

Надточне джерело тактових імпульсів (на зразок годинника реального часу – ГРЧ, RTC, real–time clock) у складі вузла мережі. Але навіть такий спосіб вимагає періодичної синхронізації з іншими вузлами мережі. Недолік – найчастіше додаткова інтегральна схема, оскільки джерело надточних тактових імпульсів не входить до складу мікроконтролерів, що використовуються у автономних вузлах сенсорних мереж.

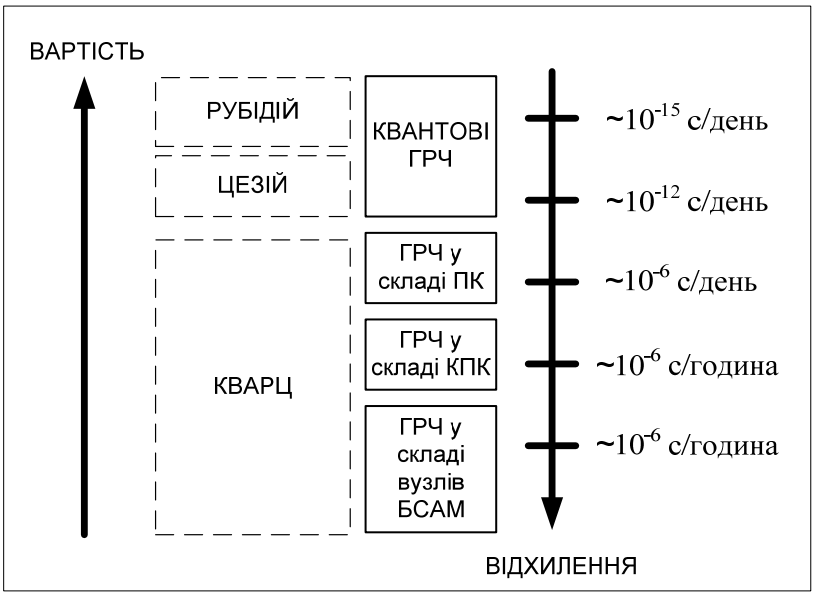


Рис. 2. Похибки для способу синхронізації за допомогою ГРЧ

Додаткові витрати по обладнанню виливаються в додаткові витрати по живленню. Тому деякі способи синхронізації можуть застосовуватися у вузлах з автономним живленням лише в рідкісних випадках.

4. ПРОТОКОЛИ МЕТОДІВ СИНХРОНІЗАЦІЇ:

Існують протоколи синхронізації, такі, що шляхом надсилання службових пакетів дозволяють досягти певного рівня синхронізації між вузлами. В ідеальному випадку будь–який протокол синхронізації повинен працювати оптимально і забезпечувати виконання усіх без винятку вимог, що ставляться до БСМ, включаючи енергоефективність, масштабованість, детермінованість, захищеність, надійність, «витривалість», гнучкість. Складність БСМ не дозволяє оптимізувати протокол для всіх вимог одночасно.

Протоколи синхронізації поділяють:

За напрямленістю:

Ведучий–ведений (Master–Slave): синхронізація можлива лише після організації деревовидної топології мережі та тільки між сусідами однієї ланки

Синхронізація можлива між двома довільними вузлами мережі

За властивостями тактування:

Функціональність синхронізації у вузлі змінюється кожного разу після перебігу процесу синхронізації (зміна такту)

Кожен вузол має незмінне джерело тактування, використовує таблицю перетворення тактів інших вузлів.

За принципом дії:

Приймач–передавач – один з двох вузлів є джерелом тактових імпульсів, інший є його приймачем (рис.3)

Приймач–приймач – опорний вузол надсилає сигнали синхронізації, два інші синхронізуються між собою на основі цих сигналів (рис.4)

Лише приймач – група вузлів може синхронізуватись, отримуючи сигнали синхронізації окремої пари вузлів (рис.3).

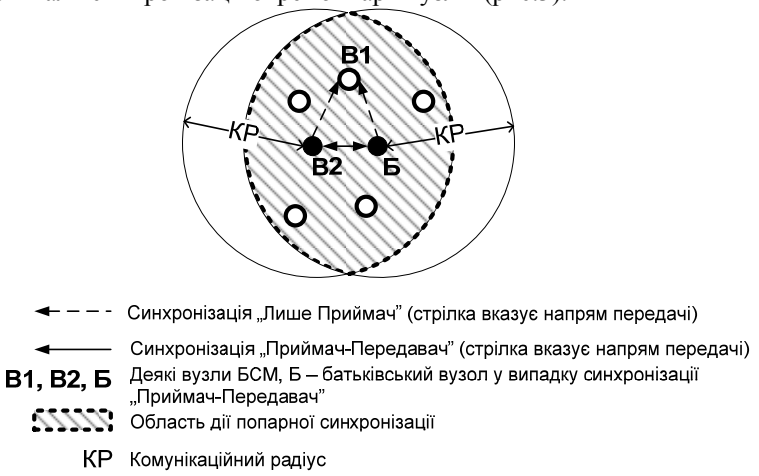


Рис. 3. Синхронізація «Лише приймач» та «Приймач–Передавач»

За ступенем локалізації:

Попарна – протоколи призначені для забезпечення синхронізації між парою вузлів, але поширюються на групи вузлів, що розміщені фізичними сусідами

Timing–Sync Protocol for Sensor Networks (TPSN)

Tiny–Sync and Mini–Sync

Reference Broadcast Synchronization (RBS)

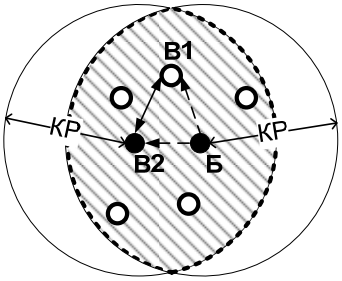
Flooding Time Synchronization Protocol (FTSP)

Широкомовна – протоколи призначені для синхронізації усіх, або більшості вузлів мережі.

Extension of TPSN

Lightweight Time Synchronization (LTS)

Extension of RBS
Extension of FTSP



В1, В2, Б Деякі вузли БСМ, Б – батьківський вузол
Область дії попарної синхронізації
КР Комунікаційний радіус
Тактові сигнали з батьківського вузла (стрілка вказує напрям передачі)
Синхронізація „Приймач-Приймач" (стрілка вказує напрям передачі)

Рис. 4. Синхронізація «Приймач–Приймач»

Pairwise Broadcast Synchronization (PBS)
Time Diffusion Protocol (TDP)
Synchronous and Asynchronous Diffusion Algorithms
Protocols Based on Pulse Transmissions
Адаптивна
Rate–Adaptive Time Synchronization (RATS)
RBS–Based Adaptive Clock Synchronization
Adaptive Multi–Hop Time Synchronization (AMTS).

5. ВИСНОВКИ

Синхронізація негативно впливає на енергоспоживання. Вдалий вибір методу контролю топології мережі дозволяє звести необхідність у синхронізації до мінімуму, використовуючи її лише у кластерах або ж не використовуючи взагалі.

Правильна функціональна декомпозиція в апаратно–програмній платформі дозволить зробити її здатною до розширення та малозатратної модифікації та реалізації довільних методів побудови сенсорної мережі.

1. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. – СПб.: Питер, 2001. – 672 с. 2. Зеляновський М.Ю., Тимченко О.В. Інтелектуальна система для бездротових спеціалізованих сенсорних та мереж персонального радіусу дії: програмно–апаратна платформа вузла бездрото-

вої мережі // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ 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. ІПМЕ 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. 5. Тимченко О.В., Зеляновський М.Ю. Методи і протоколи обміну даними сенсорних мереж // Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.46. – К.: 2008. – С. 176–183.