

УДК 004.056

Валуйський С.В.,

К.т.н. старший викладач;

Шилов В.О.,

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут";

Гуйда О.Г.,

старший викладач

Академія муніципального управління

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПРОТОКОЛІВ МЕРЕЖЕВОГО РІВНЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

Анотація. У науковій статті розглядаються та досліджуються переваги та недоліки двох протоколів мережевого рівня, що є найбільш використовуваними у безпроводових сенсорних мережах. Протягом довгого часу один з цих протоколів – ZigBee, був найбільш поширеним стандартом для комунікації всередині безпроводових сенсорних мереж. Найбільшою проблемою для даного стандарту залишалась складність комунікації з зовнішніми мережами інших стандартів. Проте після появи протоколу 6LoWPAN, при розробці якого був вибраний орієнтир на упрощення комунікації безпроводових сенсорних мереж з іншими зовнішніми мережами, у ZigBee з'явився конкурент на мережевому рівні.

Ключові слова: безпроводові сенсорні мережі, протокол ZigBee, протокол 6LoWPAN.

Валуйський С.В.,

К.т.н., старший преподаватель;

Шилов В.А.,

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт";

Гуйда А.Г.,

старший преподаватель

Академия муниципального управления

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРОТОКОЛОВ СЕТЕВОГО УРОВНЯ, КОТОРЫЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЯХ

Аннотация. В научной статье рассматриваются и исследуются преимущества и недостатки двух протоколов сетевого уровня, которые наиболее часто используются в беспроводных сенсорных сетях. В течение долгого времени один из этих протоколов - ZigBee, был наиболее распространенным стандартом для коммуникации внутри беспроводных сенсорных сетей. Самой большой проблемой для данного стандарта оставалась сложность коммуникации с внешними сетями других стандартов. Однако после появления протокола 6LoWPAN, при разработке которого был избран ориентир на упрощение коммуникации беспроводных сенсорных сетей с другими внешними сетями, у ZigBee появился конкурент на сетевой уровне.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, протокол ZigBee, протокол 6LoWPAN.

**Valujskiy S.V.,
Shylov V.O.,**
National Technical University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic Institute";
Guyda A.G.,
Academy of Municipal Administration

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF NETWORK LAYER PROTOCOLS USED IN WIRELESS SENSOR NETWORKS

Annotation. In this paper review and examine of advantages and disadvantages of two the most used in wireless sensor networks network layer protocols is present. For a long time one of these protocols - ZigBee, was the most common standard for communication in wireless sensor networks. The biggest challenge for this standard has remained in difficulty of communication with external networks of other standards. However, after the appearance of the 6LoWPAN protocol, while development of which direction for simplification of intercommunication between wireless sensor networks and networks of other standards was chosen, ZigBee has a competitor on the network layer.

Keywords: wireless sensor network protocol ZigBee, protocol 6LoWPAN.

Вступ. Стандарт IEEE 802.15.4 був розроблений робочою групою IEEE (англ. – Institute of Electrical and Electronics Engineers), як набір правил для комунікацій в безпроводових персональних мережах на фізичному рівні та рівні управління доступом. Стандарт орієнтований на низьку вартість, низьку швидкість зв'язку між пристроями (а відміну від багатьох більш орієнтованих на користувача мереж). Акцент робився на дуже низьку вартість зв'язку з найближчими пристроями, зовсім без (або з невеликою) базовою структурою, з метою експлуатації на досі небувалому низькому рівні енергії. На базі даного стандарту було розроблено декілька протоколів мережевого рівня, найбільш популярним з яких став протокол ZigBee розроблений групою компаній ZigBee Alliance. Пізніше, робочою групою IETF (англ. - Internet Engineering Task Force) був спроектований стандарт взаємодії 6LoWPAN (англ. – IPv6 over Low power WPAN) на базі мережевого протоколу IPv6 (англ. – Internet Protocol version 6).

Аналіз досліджень і публікацій. При описанні стандартів зв'язку в безпроводових сенсорних мережах розробники зіштовхнулися з викликом – опис набору правил для комунікації має бути простим та “легковісним” для підтримки автономності прийомопередавачів, які мають бути невеликими за розмірами та живитися від акумуляторів. Тому першим загальновикористовуваним мережевим протоколом в сенсорних мережах став ZigBee [1], суть роботи якого є доволі простою та дозволяє збільшувати автономність роботи системи. Проте разом з простотою постає питання про обмеженість цього протоколу, особливо з токи зору комунікації з зовнішніми мережами та з точки зору захисту інформації. Тому паралельно з впровадженням ZigBee мереж на практиці – почалась

розробка інших протоколів, які могли би зменшити вплив вищевказаних недоліків. Стандарт 6LoWPAN і став результатом даних розробок, проте, подолавши недоліки, що характеризували протокол ZigBee, він набув своїх, адже логіка взаємодії пристроїв в мережі стала більш складною, а тому дані пристрої втратили в своїй автономності.

Постановка завдання. На фізичному та каналному рівні моделі OSI (англ. – Open systems interconnection basic reference model), який відповідає рівню доступу до середовища передачі в стеку TCP/IP (англ. – Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) в безпроводових сенсорних мережах використовується стандарт IEEE 802.15.4. Проте вище каналного рівня для користувача постає питання, який з мережевих протоколів слід обрати для оптимальної роботи мережі згідно різних критеріїв. Завданням статті є порівняння двох протоколів мережевого рівня, ZigBee та 6LoWPAN, відповідність яких стеку протоколів TCP/IP представлена на рис. 1.

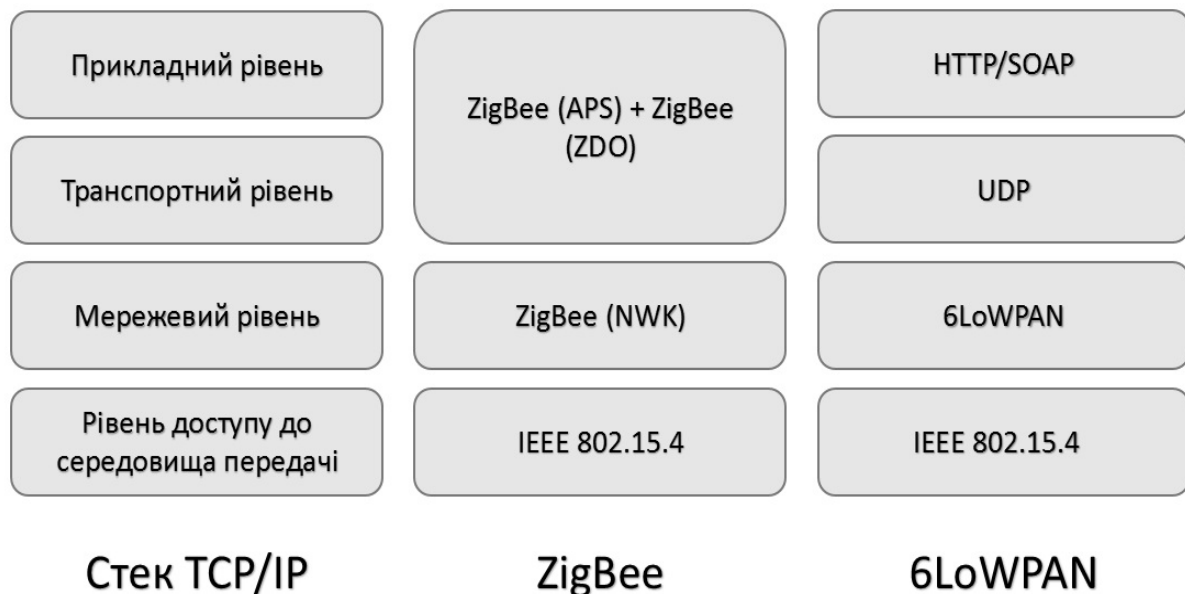


Рисунок 1 – Протоколи, що використовуються в безпроводових сенсорних мережах

Виклад основного матеріалу

Протокол ZigBee.

При розробці протоколу ZigBee були вирішені наступні задачі:

- просторова масштабованість – кількість вузлів мережі можливо збільшувати до 64 тисяч;
- функціональна масштабованість – одна мережа може використовуватись в кількох системах управління одночасно і їх кількість можливо легко збільшувати без зміни програмного забезпечення й перенастроювання маршрутизаторів та координатора мережі;

- легкість встановлення та налагодження – пристрої в мережі самостійно повідомляють про сервіси, які вони надають, і через координатора знаходять пристрої, з якими будуть взаємодіяти для виконання цільових завдань;
- живучість мережі – при втраті зв'язку з вузлами мережі, вона самостійно переналаштовується, змінюючи структуру та маршрутизацію;
- відкритість для реалізації інтеграторами власних протоколів та технологій на базі сервісів ZigBee.

Опираючись на стандарт IEEE 802.15.4 ZigBee альянс розробив специфікацію, що регламентує мережевий рівень (NWK) та структуру прикладного рівня. Прикладний рівень складається з рівня підтримки додатків (APS), об'єктів ZigBee пристроїв (ZDO) і визначених виробником об'єктів.

Згідно специфікації, мережа ZigBee включає в себе три типи пристроїв: координатор ZigBee, маршрутизатор ZigBee та кінцевий пристрій ZigBee. З'єднання не менше ніж двох пристроїв, один з яких є координатором ZigBee – це мережа ZigBee.

Обов'язки мережевого шару NWK включають в себе механізми, використовувані для:

- підключення до мережі і відключення від неї;
- застосування засобів безпеки для кадрів;
- маршрутизації кадрів до адреси призначення;
- виявлення та обслуговування маршрутів між пристроями;
- виявлення найближчих сусідів;
- зберігання необхідної інформації про сусідів.

NWK рівень ZigBee координатора також відповідальний за ініціалізацію нової мережі і призначення адрес знову підключились пристроям.

Основне призначення підрівня підтримки додатків APS – забезпечити зв'язок мережевого рівня NWK з об'єктами додатків, його обов'язки включають в себе:

- обслуговування таблиць зв'язку, визначених як можливість зіставити два пристрої;
- передачу повідомлень між прикордонними пристроями;
- визначення групової адреси, доставку і фільтрацію групових повідомлень;
- зіставлення 64 бітного IEEE адреси і 16 бітного NWK адреси;
- фрагментацію, збірку і забезпечення надійного транспортування даних.

Підрівень ZigBee пристроїв надає найпростіший набір функціональних можливостей для забезпечення інтерфейсу між об'єктами

додатків, профілями пристроїв і підрівня APS. Обов'язки підрівня ZDO включають в себе:

- визначення ролі пристрою в мережі (координатор або кінцевий пристрій);
- ініціалізацію та/або відповідь на запит зв'язку;
- управління сервісами безпеки;
- виявлення пристроїв у мережі та визначення, які сервіси вони надають.

Мережевий рівень ZigBee підтримує типи архітектури: зірка, дерево та комірчасту архітектуру, представлені на рис. 2.

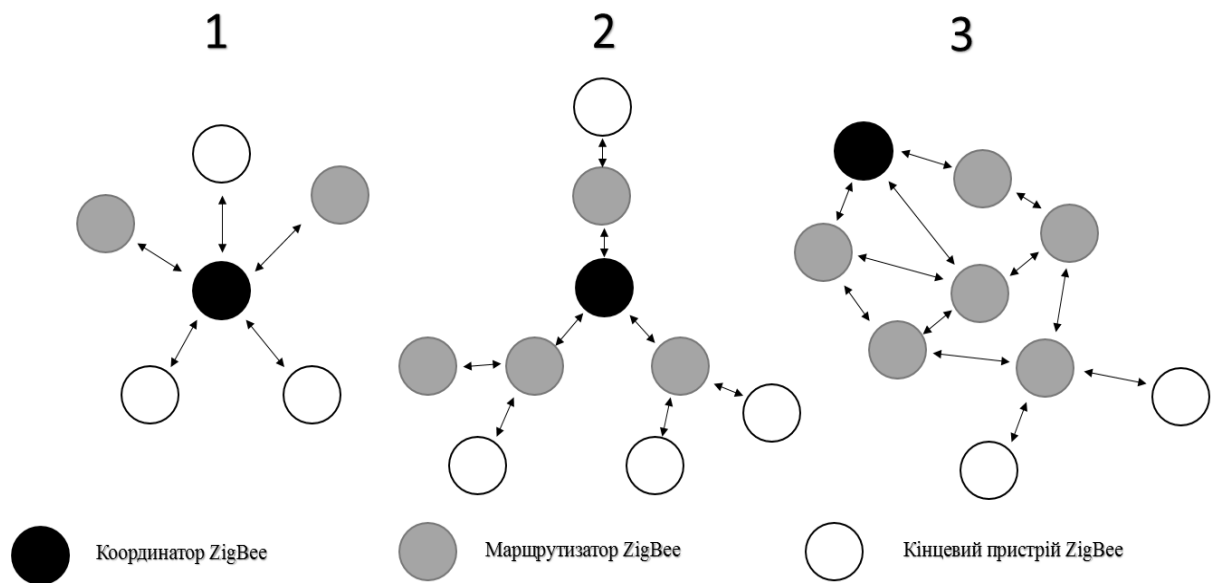


Рисунок 2 – Типи архітектур мережі ZigBee

1. Архітектура типу “зірка”.
2. Архітектура типу “дерево”.
3. Комірчаста архітектура.

ZigBee мережі є мережами, що самоорганізуються, тобто після включення координатора та вибору первинних налаштувань всі інші пристрої можуть підключатися самостійно.

В залежності від архітектури мережі можуть використовуватись наступні способи маршрутизації:

1. Ієрархічна маршрутизація при архітектурі типу дерево. В корені такого дерева знаходиться координатор, до якого підключені маршрутизатори та кінцеві пристрої. До маршрутизаторів в свою чергу також можуть бути підключені кінцеві пристрої. Пакети від кінцевих пристроїв передаються по гілкам дерева до маршрутизаторів та координатора і навпаки.

2. Для комірчастої архітектури використовується комірчаста маршрутизація. В якій кінцеві пристрої, які не мають таблиць маршрутизації, передають пакети батьківським маршрутизаторам, які, в

свою чергу, передають пакети згідно побудованих таблиць маршрутизації. Якщо маршрут не знайдено у власній таблиці маршрутизації, то маршрутизатор передає ширококомовний сигнал, маршрутизатори, що в свою чергу каскадно розсилають ширококомовний сигнал. В результаті початковий маршрутизатор отримує інформацію про маршрути по яким може відіслати вхідний пакет та записує в таблицю маршрут з найменшою вартістю. Вартість може визначатися як просто за кількістю ретрансляцій, так і за більш складними показниками, наприклад, по сумі параметрів якості зв'язку LQI(англ. – Link Quality Indication).

Існують і інші способи маршрутизації (групова маршрутизація, маршрутизація типу багато до одного), які були додані внаслідок виявлення нестабільності великих мереж з комірчастою маршрутизацією.

Кожний пристрій на мережевому рівні має лічильник помилок для всіх вихідних з'єднань. Якщо лічильник перевищує певний рівень – дане з'єднання помічається як недостовірне і пристрій ініціалізує процедуру відновлення маршруту. Дана властивість в сенсорних мережах носить назву «самоусунення неполадок» (self-healing).

Для взаємодії ZigBee мережі з іншими мережами (GSM мережами, мережами стандартів IEEE 802.11 a/b/g, проводовими мережами TCP/IP) – необхідно використовувати спеціальні шлюзи, що є найбільшим недоліком даного протоколу.

Найбільшою перевагою мережі ZigBee є те, що кінцеві пристрої ZigBee можуть переходити в сплячий режим, що суттєво збільшує автономність їх роботи. Поки кінцевий пристрій знаходиться в сплячому режимі – він не може приймати пакети, проте ці пакети не будуть втрачені, а будуть зберігатися на батьківському маршрутизаторі доки кінцевий пристрій не включиться і не відповість маршрутизатору позитивно на переданий пакет.

Протокол 6LoWPAN.

Метою розробки стандарту 6LoWPAN було знаходження можливості передачі IP пакетів по каналам IEEE 802.15.4, для того щоб спростити комунікацію сенсорної мережі з зовнішніми.

Кожний вузол в такій мережі має IPv6 адресу, що надає наступні переваги:

- в одній мережі можуть використовуватися пристрої різних виробників, які здатні також взаємодіяти з комп'ютерами та іншим мережевим обладнанням;
- кожен вузол в мережі стає доступним із зовнішніх мереж по IPv6 адресі, що виключає необхідність в додаткових шлюзах для кожної з мереж. Необхідність в різноманітних адаптерах для роботи з додатками також зникає.

Проте використання IPv6 адресації має також і недоліки. Адреси і заголовки використовувані в IPv6 можуть виявитися більшими, ніж

стандартизовано в IEEE 802.15.4. В такому випадку пакети можуть розбиватися на більш дрібні, проте залишається недолік з кількістю службової інформації відносно корисної (окрім великого заголовку з адресою, додається службова інформація фрагментації – для можливості відтворення інформації після прийому). Для комунікації пристроїв всередині сенсорної мережі стандартні IPv6 заголовки можуть стискатися лише до каналної адреси пристрою (що робить заголовок навіть меншим, ніж в ZigBee протоколі), проте для зв'язку з зовнішніми пристроями – все-одно необхідно включати в пакет повний заголовок.

Істотною перевагою 6LoWPAN є захист даних. Для з'єднання мережі ZigBee з зовнішніми пристроями необхідним є шлюз, для якого потрібно розробляти спеціалізоване програмне забезпечення для захисту інформації. Часто, такі шлюзи розміщують за фаєрволами, для їх захисту. В мережі 6LoWPAN можливо перевикористовувати методи захисту, які працюють в звичайних IP мережах.

Енергетичну ефективність протоколу 6LoWPAN можливо порівняти з протоколом ZigBee лише при передачі інформації в межах сенсорної мережі, при використанні стискання. При передачі в зовнішні мережі – використання повної IPv6 адресації приводить до менш енергоефективного режиму роботи.

Висновки. В даній статті були приведені характеристики та порівняння двох протоколів мережевого рівня, що є найбільш поширеними в безпроводових сенсорних мережах.

Розглянуті протоколи мають свої переваги та недоліки. Протокол 6LoWPAN, поборовши проблеми, які існували в існуючому ZigBee протоколі, здобув свої негативні якості через необхідність в збільшенні службової інформації, що призвели до погіршення у автономності пристроїв мережі. ZigBee протокол є гарним вибором з точки зору автономної роботи пристроїв та їх взаємодії в межах сенсорної мережі, проте поступається з точки зору взаємодії з зовнішніми мережами та зі сторони захисту інформації, що передається.

Використані джерела інформації:

1. IEEE 802.15.4-2003 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
2. А.В. Прокопьев. Перспективы использования протокола 6LoWPAN в сетях IEEE 802.15.4. "ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ", №1, 2009.
3. E. N. Callaway. Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols. CRC Press, 2004.
4. David E. Culler, Jonathan Hui: 6LoWPAN Tutorial. IP on IEEE 802.15.4 Low-Power Wireless Networks. Arch-Rock, 2011.
5. A. Ananda, Mun Choon Chan, Wei Tsang Ooi. Mobile Wireless and Sensor Networks Technology Applications and Future Directions. John Wiley & Sons; 2006.

References:

1. IEEE 802.15.4-2003 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).
2. A.V. Prokop'ev. Perspektivy ispol'zovanija protokola 6LoWPAN v setjah IEEE 802.15.4. "JELEKTROSVJAZ", №1, 2009.
3. E. H. Callaway. Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols. CRC Press, 2004.
4. David E. Culler, Jonathan Hui: 6LoWPAN Tutorial. IP on IEEE 802.15.4 Low-Power Wireless Networks. Arch-Rock, 2011.
5. A. Ananda, Mun Choon Chan, Wei Tsang Ooi. Mobile Wireless and Sensor Networks Technology Applications and Future Directions. John Wiley & Sons; 2006.

Рецензент: Лисенко О.І.