

УДК 621.396.4

Гринкевич Г.О., к.т.н.; Жебка В.В., к.т.н.; Василенко В.В., к.т.н.; Березовська Ю.В.

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ САМООРГАНІЗОВАНИХ МЕРЕЖ

Grynkevych G.O., Zhebka V.V., Vasylenko V.V., Berezovska Y.V. Features of independent self-organized networks.

We consider the wireless self-organizing networks that are widely used in various areas. It is noted that the introduction and use of wireless self-organized networks can increase the demand for the frequency spectrum, which in the conditions of the introduction of the latest technologies is limited. To improve the efficiency of the radio frequency spectrum, it is recommended to use self-organizing networks. To improve spectrum efficiency, cognitive radio can be used which, based on radio information, can switch to the most appropriate technology and frequency to provide a specific service in wireless networks, which will increase the productivity of wireless self-organized networks.

Keywords: wireless self-organizing networks, frequency spectrum, cognitive radio, efficiency, technology, networks

Гринкевич Г.О., Жебка В.В., Василенко В.В., Березовська Ю.В. Особливості безпроводових самоорганізованих мереж.

Розглянуто безпроводові самоорганізовані мережі, що мають широке використання в різноманітних областях. Досліджено та встановлено, що з активним використанням безпроводових мереж у різноманітних галузях виникає дефіцит частотного спектру. Для підвищення ефективності використання радіочастотного спектру рекомендовано використовувати само організовані мережі.

Ключові слова: безпроводові самоорганізовані мережі, частотний спектр, когнітивне радіо, ефективність, технологія, мережі

Гринкевич А.А., Жебка В.В., Василенко В.В., Березовская Ю.В. Особенности беспроводных самоорганизующихся сетей.

Рассмотрены беспроводные самоорганизующиеся сети, имеющие широкое использование в различных областях. Исследовано и установлено, что с активным использованием беспроводных сетей в различных областях возникает дефицит частотного спектра. Для повышения эффективности радиочастотного спектра рекомендовано использовать самоорганизующиеся сети.

Ключевые слова: беспроводные самоорганизующиеся сети, частотный спектр, когнитивное радио, эффективность, технология, сети

Вступ

Постановка проблеми. Сучасні технології відкривають перед людством величезні можливості, використання яких дозволяє спростити вирішення завдань у різних галузях. Однією з таких перспективних технологій є безпроводовий зв'язок [1].

З кожним днем зростає кількість та масштабованість пристроїв, що використовуються в самоорганізованих мережах, удосконалюються методи маршрутизації інформаційних потоків у самоорганізованих мережах за допомогою різних методів: шляхом покращення часових параметрів маршрутизації та передавання інформації в умовах різкого зростання динаміки потоків та нестабільності рівня шумів у радіоканалах сучасних безпроводових мереж і все це робиться саме у поточному часі для задоволення потреб дуже вимогливих сучасних користувачів інформаційно-комунікаційних послуг. в інформаційно-телекомунікаційній сфері в реальному часі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні безпроводові сенсорні мережі WSNs (Wireless Sensor Networks) мають широке використання в різноманітних областях, таких, як: екологічний моніторинг, «розумні» домашні системи, пожежні датчики безпеки, додатки моніторингу здоров'я тощо. Одним з важливих етапів при розробці безпроводових сенсорних мереж є вибір способу організації передавання інформації між сенсорним вузлом і шлюзами або базовими станціями. Але також ще існує і багато інших завдань, пов'язаних із розробкою ефективних алгоритмів кластеризації для безпроводових самоорганізованих

безпроводових мереж (MANET, WSN, WMN, VANET), стійких до відмов, які також потребують своєчасного розв'язання. Для безпроводових мереж з досить високою щільністю, як правило, використовується кластеризація, тому також важливою складовою виглядає розробка методики розміщення сенсорних вузлів, для забезпечення необхідної зони покриття таких мереж. Окрім того достатньо очевидним є той факт, що функціонування кластеризованих безпроводових самоорганізованих мереж значною мірою залежить від алгоритму вибору головного вузла, який повинен забезпечити якомога більш максимальну тривалість безперебійного функціонування мережі в цілому.

Питаннями щодо підвищення ефективності функціонування самоорганізованих мереж займаються вітчизняні та іноземні науковці: В.Б. Толубко, Л.Н. Беркман, С.В. Козелков, Д.В. Агеев, О.І. Лисенко, В.І. Новіков, М.М. Климаш, А.П. Бондарчук, S. Marsland, J. Shapiro, U. Nehmzow, S.P. Luttrell, S. Hamalainen, H. Sanneck, C. Sartori, Yi Zhi Yao Ingo Viering, Krzysztof Kordybach, Paolo Zanier, та багато інших.

У даних роботах науковців розкриті питання принципів, методів та засобів самоорганізації сучасних перенавантажених телекомунікаційних мережах, при цьому значну увагу зосереджено на питаннях підвищення ефективності самоорганізованих мереж з точки зору щільності радіопокриття, удосконалення систем керування та маршрутизації інформаційних потоків, проте не у повній мірі досліджено методи скорочення тривалості пошуку маршрутів у вищезгаданих самоорганізованих мережах.

Мета даної статті полягає в наглядному відображенні актуальності задач створення самоорганізованих безпроводових мереж, що мають здатність до самовлаштування і вдосконалення критеріїв якості функціонування мережі та можливостей до їх ефективного використання у повсякденному житті.

Виклад основного матеріалу дослідження

Кожного дня йде освоєння нових та перспективних технологій у сфері телекомунікацій. За найближчими прогнозами до 2021 року трафік від безпроводових та мобільних пристроїв становитиме більше 63 відсотків загального трафіку IP; кількість пристроїв, підключених до IP-мереж буде в три рази перевищувати глобальне населення. Саме такі дані наведені компанії Cisco, у звіті «Наочний індекс розвитку мережевих технологій: прогноз і методологія на період 2016-2021 рр.» (Cisco Visual Networking Index™ (VNI) Forecast and Methodology, 2016-2021) [2].

При побудові безпроводових мереж як правило використовуються наступні архітектури:

- розподілена (самоорганізована), при якій використовуються такі точки доступу, що дозволяють координувати і застосувати такі політики безпеки, які взмозі забезпечити мобільність користувачів.

- централізована мережа, при якій центральним елементом є контролер, що здійснює управління трафіком безпроводових точок доступу, з одночасною аутентифікацією користувачів і забезпеченням дотримання політик безпеки, які застосовуються.

Перевагами першої з вказаних архітектур, є: простота розгортання, низька вартість в порівнянні з централізованою архітектурою, потреба мінімального контролю з сторони ІТ-спеціалістів.

Цілком зрозумілим для мереж з централізованою архітектурою є ієрархічна структура мережі, в якій існує один або кілька центральних вузлів, що здійснюють обробку та перенаправлення даних від вузла-джерела до вузла-отримувача і управління мережею в цілому. Типовими прикладами таких мереж є мережі WiFi, BlueTooth.

Мережі без чітко вираженої інфраструктури (тобто мережі з розподіленою архітектурою) складаються з однотипних вузлів, кожен з яких має досить розвинене програмно-апаратне забезпечення, що дозволяє організувати передачу даних від вузла-джерела до вузла-отримувача при наявності технічної можливості для обміну даними. Передача даних від

одного вузла такої мережі до іншого може проходити через ряд проміжних вузлів у випадку, якщо вузол-джерело не має прямого зв'язку з вузлом-одержувачем повідомлення.

У даній роботі розглядаються безпроводові саморганізовані мережі, тобто з розподіленою архітектурою.

Самоорганізована мережа (SON – self-organised network) це безпроводова мережа, для якої характерно:

- відсутність визначеної структури розміщення вузлів (динамічно мінлива структура мережі);
- розподіл функцій між вузлами, у тому числі при появі нового вузла чи виходу з ладу існуючого вузла;
- адаптація до зміни її параметрів: кількості користувачів, рівня сигналу, рівня зовнішніх перешкод тощо;
- висока швидкість розгортання (масштабування).

Навіть з такого дуже скороченого огляду особливостей побудови мережі проглядаються її значно більша гнучкість, здатність протистояти різноманітним руйнівним впливам і завадам як у радіо діапазоні так і в адміністративному просторі.

Далі розглянемо види self-organised network.

MANET мережа – безпроводова мережа з самоорганізованою архітектурою, вона складається з сукупності мобільних пристроїв, кожен з яких до того ж може довільно змінювати своє місцезнаходження.

MANET мережа реалізує маршрутизацію з декількома переходами – це такий тип зв'язку в радіосистемах, у яких зона покриття мережі більша, ніж радіус дії кожного з одиночних вузлів. Таким чином, для передачі інформації до конкретного приймаючого вузла, вузол може використовувати інші вузли.

Перевагами MANET мереж над централізованими безпроводовими мережами:

- 1) можливість передачі даних на великі відстані без збільшення потужності передавача;
- 2) стійкість до змін (і, прямо кажучи, руйнувань) інфраструктури мережі;
- 3) можливість швидкої реконфігурації і відновлення діяльності в умовах непридатного електромагнітного середовища.

Технологія MANET стає все більш популярною при використанні у військово-промисловому комплексі.[3]. Мережа MANET часто використовується при проведенні різних форм бойових дій та пошукових операцій у місцях стихійних лих, при цьому важлива швидкість і простота встановлення зв'язку. Радіостанції Streamcaster здатні підтримувати до 380 вузлів MANET в одній мережі. Це дозволяє ефективно транслювати сигнали від одного вузла до іншого в автоматичному режимі, що знижує будь-яку залежність від сигналів GPS та супутникового зв'язку в цілому. Радіостанція Streamcaster 4200 також через додатковий зовнішній роз'єм може підключатися до пристроїв Wi-Fi та GPS.

Відповідно до поточних потреб, пов'язаних з виконанням бойових завдань у всіх сценаріях C2D2E (Communications Degraded/ Communications Denied Environment), на ринку з'являється все більше і більше спеціалізованих комунікаційних MANET-платформ, доступних для військових сил [4].

Безпроводова сенсорна мережа (WSN) – це мережа, яка утворена великою кількістю вузлів датчиків, де кожен вузол оснащений датчиком для виявлення фізичних явищ, таких як світло, тепло, тиск і т.д.

Потужність вузлів сенсорної мережі, як правило, забезпечується акумуляторами, тому дальність передачі вузлів WSN невелика. Дальність передачі може складати від 800 до 1 000 метрів за межами приміщення при відкритому середовищі з прямою видимістю. Мережа датчиків для розширення охоплення мережі використовує режим багатокрокової передачі, тобто кожен вузол сенсорної мережі є одночасно передавачем і приймачем [5].

Для передачі даних в WSN розроблено комплект протоколів і розширень, які увійшли в стандарт IEEE 802.15.4. Згідно з визначенням IEEE 802.15.4 - це стандарт для низькошвидкісних приватних радіомереж - Low Rate Wireless Personal Area Network (LR-

WPAN), які забезпечують безпроводовий зв'язок в різних додатках з обмеженим енергоспоживанням, обмеженою пропускну здатністю, при передачі інформації на невеликі відстані.

На сьогодні вже загально прийнятим вважається, що основними перевагами LR-WPAN є:

- простота встановлення;
- надійна передача даних;
- низька в порівнянні з аналогами ціна;
- тривалий час роботи від батареї.

Відповідно до стандарту WSN складається з декількох компонентів. Основними компонентами є два типи пристроїв [6]:

- FFD-пристрої (full function device), які можуть бути в якості:

- PAN-координатора (personal area network coordinator). Найбільш дорогий тип пристроїв, оскільки він повинен містити всю інформацію про мережеві з'єднання, мати великий обсяг пам'яті і високу продуктивність;

- координатор, може реалізовувати функції ретранслятора, моста, маршрутизатора і шлюзу;

- кінцевий пристрій.

- RFD-пристрої (reduced function device), які можуть виступати тільки в ролі кінцевого пристрою та взаємодіяти тільки з FFD-пристроями. Застосовуються в простих додатках, таких як управління світлом. RFD-пристроєм не потрібно передавати великий обсяг інформації і вони можуть комунікувати лише з одним FFD-пристроєм в певний момент часу.

Вибраний вид мережної топології залежить від вимог. Стандарт IEEE 802.15.4 в LR-WPAN мережах передбачає застосування двох видів топологій [7]:

- топологія «зірка» (star topology) При топології «зірка» зв'язок здійснюється між кількома пристроями і єдиним центральним контролером (PAN-координатором).;

- топологія з децентралізованим управлінням (peer to-peer topology). При даній топології пристрій мережі може взаємодіяти з іншими пристроями на відстані, на якій можливо здійснити передачу інформації. Така топологія дозволяє створювати більш складні конфігурації мереж.

Таким чином, є всі підстави вважати, що мережі WSN – це революційний метод збору та трансляції інформації з метою створення інформаційно-комунікаційних систем, які значно поліпшать надійність і ефективність мережевої інфраструктури.

Безпроводові mesh-мережі (WMN) являють собою однорангову багаторівневу мережу з стільниковою топологією, вузли якої автоматично встановлюють та підтримують мережеві з'єднання.

WMN забезпечує високу мобільність (у випадку недоступності або перевантаженості одного з вузлів мережі топологія мережі автоматично реконфігурується), має низьку вартість, забезпечує просте підключення до мережі нових користувачів тощо.

Існуючі в наш час WMN мережі побудовані з використанням найбільш поширеного безпроводового стандарту IEEE 802.11. У WMN всі вузли формально рівноправні, проте практично завжди є вузол, через який здійснюється обмін даних мережі із зовнішнім середовищем. Такий вузол називається базовою станцією .

У WMN мережах як стандарт використано підхід до обміну даними за допомогою кадрів. Станції (вузли) передають повідомлення у призначені їм часові інтервали або отримують доступ до каналів довільним способом . Кожний вузол має унікальну 48-розрядну MAC-адресу. Для того, щоб ідентифікувати кожен вузол в мережі, їм присвоюється 16-розрядний мережевий ідентифікатор. Кожний вузол зберігає інформацію про своїх сусідів (вузлів, які можуть створити з цим вузлом безпосереднє з'єднання) і відповідно до заданої періодичності транслює її в мережу. На основі сукупності такої інформації від всіх вузлів мережі здійснюється передача даних.

У мережах WMN використовуються однорівнева, ієрархічна та змішана архітектури [8]. Однорівнева архітектура є найбільш простою, таким чином, основною її перевагою є висока

швидкість її розгортання. Основним недоліком вузлів в умовах мобільності є жорсткі вимоги щодо їх енергоспоживання. Використовуючи однорівневу архітектуру всі пристрої в мережі мають однакові можливості, вони координуються для забезпечення передавання даних.

Ієрархічній архітектура mesh-мереж передбачає використання клієнтських вузлів на нижньому рівні. Такі вузли здатні обмінюватися даними з ядром мережі – маршрутизаторами, які не змінюють своє місцезнаходження. Маршрутизатори мають зовнішній інтерфейс для з'єднання з Інтернетом, що називаються шлюзами.

Недоліком цієї топології порівняно з однорівневою є потреба достатньо жорсткого як у просторі так і в часі планування мережі.

При змішаній архітектурі для обміну інформацією в мережі використовуються інші види безпроводових мереж: WiMAX, супутникові системи тощо.

Таким чином, враховуючи можливість збільшення площі зони покриття і щільності вузлів в режимі їх самоконфігурації, а також збільшення стійкості до втрати окремих вузлів, використання WMN має величезний потенціал у різних сферах.

Мережа VANET – це вид самоорганізованих безпроводових мереж, які дають змогу підвищити ефективність та безпеку дорожнього руху шляхом використання автомобілів в якості вузлів зв'язку для визначення позиціонування і переміщення транспортних засобів, що включені в мережу.

VANET – це безпроводова мережа, що складається з вузлів – транспортних засобів, що володіють можливістю обміну даних між собою. Завдяки цьому може забезпечуватися безпека дорожнього руху. Мережі VANET можуть надати інформацію про місцезнаходження свого автомобіля як GPS / ГЛОНАСС і будь-якого іншого, а також затори та їх чисельні оцінки.

У частині доповнень щодо забезпечення підвищеного комфорту можна виділити наступні: інформація про поточний трафік на дорогах, погода, можливості прийому повідомлень, ігри в режимі on-line, інформація від придорожньої мережі про готелі, станції заправки, меню в ресторанах тощо.

Основне завдання VANET – це забезпечення комфортного пересування учасників дорожнього руху, підвищення їх безпеки, захист транспортних засобів.

Зараз це стало вже беззаперечним фактом, що у зв'язку з активним та масовим використанням різноманітних безпроводових мереж у різноманітних галузях виникає дефіцит частотного спектру. Тобто для підвищення ефективності використання спектру можна використовувати когнітивне радіо, яке являє собою радіосистему, що вирішує такі основні завдання: виявлення невикористаних у конкретний момент часу спектральних діапазонів; аналіз параметрів радіоканалу, оцінка каналної інформації; контроль випромінюваної потужності та динамічне управління спектром. Отже, когнітивне радіо на основі інформації про радіопростір зможе перемикатися на найбільш підходящу технологію і частоту для надання певної послуги у безпроводових мережах, що дозволить збільшити продуктивність таких мереж.

Висновки

Проведений аналіз показує, що впровадження та використання безпроводових самоорганізованих мереж, призводить до збільшення попиту на частотний спектр, що призводить до перевантаження телекомунікаційної інфраструктури.

Певним ефективним рішенням цього складного питання є запропонована у статті можливість використання само організованих безпроводових мереж, які завдяки регулярному виявленню прогалів у використанні спектральних діапазонів, оцінки каналної інформації та контролю випромінюваної потужності – створюють можливості для реального збільшення результативного трафіку в інформаційних мережах, що в умовах впровадження новітніх технологій є актуальною науково-прикладною задачею.

Список використаної літератури

1. Девяткин Е.Е. Основные направления развития информационно-коммуникационных технологий в Европе / Е.Е. Девяткин, Е.Е. Володина, А.М. Суходольский, Т.А. Суходольская // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2012 – № 2. – С. 11-22.
2. White paper: Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2016-2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/dm/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>.
3. Интернет Вещей: Беспроводные сенсорные сети, 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/IEC_WP_Internet_of_Things_Wireless_Sensor_Networks_Ru_LR.pdf.
4. Смурыгин И.М. Концепция организации беспроводных сенсорных сетей и их применение. / И.М. Смурыгин // Молодежный научно-технический вестник / ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», 2012 – № 9 – С. 31-40.
5. Gutierrez Jose A. Low-Rate Wireless Personal Area Networks: Enabling Wireless Sensors with IEEE 802.15.4 / Jose A. Gutierrez, Edgar H. Callaway, Barret L. Raymond – USA, 2004 – P. 3-21.
6. . Баобков В.Ю. Сотовые системы мобильной радиосвязи: учеб. пособие (/ В. Ю. Баобков, И. А. Цикин. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2013. — С. 327-332.
7. Su X. A comparative survey of routing protocol for vehicular sensor networks, in Proceedings of the IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Information Security (WCNIS'10), 2013 – P. 311-316.
8. Иваненко В.А. Анализ протоколов передачи данных от узлов в беспроводных сенсорных сетях / В.А. Иваненко// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – 2/10 (50). – С. 9-12.

Автори статті

Гринкевич Ганна Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри телекомунікаційних систем та мереж, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Жебка Вікторія Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Василенко Володимир Вікторович - кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Березовська Юлія Володимирівна - аспірант кафедри інформаційної та кібернетичної безпеки, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Authors of the article

Grynkevych Ganna Alexandrovna - candidate of Science (technic), associate professor, associate professor of Department of Telecommunication Systems and Networks, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Zhebka Viktoriia Viktorivna - candidate of Science (technic), associate professor of Department of Software engineering, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine

Vasylenko Volodymyr Vyktorovych - candidate of Science (technic), associate professor of Department of Computer Science, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Berezovska Yuliia Volodymyryvna - postgraduate student at the Department of Information and Cyber Security, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію: 18.10.2018 р.

Рецензент: д.т.н., проф. О.В. Лемешко