

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ СЕНСОРНОЇ САМООРГАНІЗОВАНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ У КРИЗОВИХ СИТУАЦІЯХ

Комарова Л. О. Use of wireless sensor networks for monitoring and management in crisis situations. The paper proposed the use of wireless sensor networks for monitoring and management in crisis situations. The ability of self-organization and self-reproduction (mesh) topology, security, high noise immunity, low power consumption and no need of obtaining the frequency resolution make LTE a suitable basis for wireless infrastructure positioning systems in real time (RTLS). LTE network due to the formation of the OFDM signal provides increased bandwidth and have a further advantage in reducing the delay and implement two-way video transmission in real time in a crisis situation.

The main characteristics of LTE parameters are given. Expediency of using satellite system for centralized management of wireless core network is shown. The usage of quadcopters as mobile base station during hostilities is proposed and proved. Such quadcopters can also be used for other purposes, such as investigation. Thus, they extend the range of the LTE core network, creating an additional layer architecture that represented as self-organized mesh-network.

Keywords: LTE, self-organization, sensor, crisis situation, quadcopter, monitoring, wireless sensor network, positioning system

Комарова Л. О. Застосування безпроводової сенсорної самоорганізованої мережі для моніторингу та управління у кризових ситуаціях. У статті запропоновано використання безпроводових сенсорних мереж для моніторингу та управління у кризових ситуаціях. Здатність до самоорганізації та самовідтворення, mesh-топологія, захищеність, висока завадостійкість, низьке енергоспоживання і відсутність необхідності отримання частотного дозволу роблять LTE мережі відповідною основою для безпроводової інфраструктури систем позиціонування в реальному часі. Саме LTE мережі завдяки формуванню сигналу OFDM забезпечують підвищену пропускну здатність та мають додаткові переваги, що полягають у зниженні затримки та реалізації двосторонньої передачі відео у реальному часі у кризовій ситуації.

Ключові слова: LTE мережа, самоорганізація, сенсор, кризова ситуація, квадрокоптер, моніторинг, безпроводова сенсорна мережа, система позиціонування

Комарова Л. А. Применение беспроводной сенсорной саморганизованной сети для мониторинга и управления в кризисных ситуациях. В статье предложено использование беспроводных сенсорных сетей для мониторинга и управления в кризисных ситуациях. Способность к самоорганизации и самовоспроизводству, mesh-топология, защищенность, высокая помехоустойчивость, низкое энергопотребление и отсутствие необходимости получения частотного разрешения делают LTE сети подходящей основой для беспроводной инфраструктуры систем позиционирования в режиме реального времени. Именно LTE сети благодаря формированию сигнала OFDM обеспечивают повышенную пропускную способность и имеют дополнительные преимущества, заключающиеся в снижении задержки и реализации двусторонней передачи видео в реальном времени в кризисной ситуации.

Ключевые слова: сеть LTE, самоорганизация, сенсор, кризисная ситуация, квадрокоптер, мониторинг, беспроводная сенсорная сеть, система позиционирования

Вступ. Інтелектуальні пристрої з розширеними можливостями обробки інформації ставлять вимоги до систем мобільного зв'язку щодо можливості передавання високошвидкісних потоків даних між будь-якими двома мобільними чи стаціонарними терміналами.

У цій роботі запропоновано використання безпроводових сенсорних самоорганізованих мереж, що складаються з множини безпроводових сенсорних вузлів, розподілених у просторі та призначених для моніторингу та управління характеристиками навколишнього середовища або об'єктами, розташованими у ньому, для збору інформації про фізичні об'єкти або

процеси, включаючи появу певних подій; перетворення інформації, отриманої внаслідок спостереження за фізичним об'єктом, у форму, яка може бути використана для зберігання інформації і її подальшим перетворенням в умовах кризових ситуацій. Ця концепція передбачає використання технології віртуалізації мережевих функцій для створення мобільного ядра системи LTE, яка може бути спряженою з базовою станцією [1-5]. Для розширення зони покриття запропонована концепція коміркової мережі, в основі якої лежить самоорганізована бездротова мережа та математична модель функціонування такої мережі. Здатність до самоорганізації та самовідтворення, (mesh-) топологія, захищеність, висока завадостійкість, низьке енергоспоживання і відсутність необхідності отримання частотного дозволу роблять ZigBee-мережі відповідною основою для бездротової інфраструктури систем позиціонування в режимі реального часу (RTLS).

Огляд останніх досліджень та постановка наукової задачі. Сьогодні використовуються різноманітні електронні пристрої, які допомагають виконувати свої завдання управління і досягати поставлених цілей. Для координації роботи підрозділів спеціального призначення (МО, МНС тощо) необхідно забезпечити надійний зв'язок та можливість обміну миттєвими повідомленнями упродовж всієї тривалості операції по ліквідації наслідків кризової ситуації. Для встановлення безпроводового каналу в режимі реального часу між цими пристроями і базою необхідно використовувати технологію, яка забезпечує високу якість потоку (мінімальну затримку, джиттер, втрату пакетів) та надійність.

Виклад основного матеріалу. Технічні засоби за рахунок інтелектуальних алгоритмів, засобів керування та прийняття рішень можуть самостійно і ефективно виконувати складні завдання. Для забезпечення такого обміну інформацією у реальному часі, необхідно використовувати інформаційно-телекомунікаційні системи (ІТС), які повинні володіти наступними функціональними характеристиками:

Безпека – вся інформація, яка передається між мобільними пристроями, повинна бути зашифрованою. Канал зв'язку повинен бути захищеним від атак з використанням алгоритмів динамічного шифрування у тому числі з використанням різних методів, які можуть бути обрані динамічно залежно від ситуації.

Надійність – система зв'язку має бути стійкою до збоїв, які можуть виникнути через помилки в програмному забезпеченні або фізичне пошкодження.

Висока продуктивність – основні системи зв'язку повинні володіти високопродуктивними обчислювальними ресурсами для того, щоб встановити з'єднання між двома або більше пристроями і обробляти високошвидкісні потоки даних в реальному часі.

Оскільки система зв'язку може бути мобільною, тобто базові станції та їх контролери можуть бути встановлені на спеціальній платформі, що пересувається, система управління повинна включати в себе спеціальні алгоритми для управління рухомими елементами. Така система управління є частиною ядра системи зв'язку.

У даний час концепція NFV (Network Function Virtualization) все частіше використовується в ІТС. NFV дозволяє створити ядро системи довільної продуктивності і динамічно масштабувати його в залежності від вимог у масштабі реального часу. Для забезпечення мобільності ядра використовуються спеціалізовані компактні фізичні сервери, на яких встановлюється програмне забезпечення. Такі ядра вже реалізовані багатьма телекомунікаційними компаніями, серед яких Alcatel-Lucent. Використання NFV зосереджується на віртуалізації таких мережевих функцій як мережеві екрани, мережеві маршрутизатори, прикордонні контролери (використовуються в мережах передачі голосових даних VoIP), пристрої надання контенту та інших спеціалізованих мережевих додатків.

NFV може використовуватися для віртуалізації мережевих функцій як у фіксованих, так і у мобільних мережах.

Для того, щоб забезпечити повну мобільність спеціальних підрозділів і підтримувати зв'язок між усіма учасниками блоку у роботі запропонована централізована система мобільного зв'язку заснована на стандарті LTE. LTE, який зазвичай називають 4G LTE, є стандартом безпроводового зв'язку і дозволяє здійснювати високошвидкісну передачу даних з використанням комунікаційних мереж між портативними пристроями зв'язку, такими як смартфони, планшетні і портативні комп'ютери.

Найновіші LTE мережі забезпечують підвищену пропускну здатність (Табл. 1), та мають додаткові переваги, що полягають у зниженні затримки та реалізації двосторонньої передачі відео у реальному часі.

Характеристика параметрів системи LTE

Табл. 1

Параметри	Вимоги
Максимальні швидкості передачі	DL: 100Mbps UP:50Mbps (для 20MHz)
Підтримка мобільності	До 500 км/год., але працює і для з'єднань з низькою рухливістю: відл 0 до 15 км/год.
Затримка системи управління	<100 мс
Затримка в площині сервісів	<5 мс
Потужність площини управління	>200 користувачів на комірку (для спектру 5MHz)
Покриття (розмір комірки)	5-100 км. з незначним затуханням сигналу після 30 км.
Гнучкість спектру	1.25,2.5,5,10,15,20MHz

LTE є системою з високим рівнем відмовостійкості, що дозволяє мережі, навіть у випадку втрати одного з вузлів системи, продовжувати нормальний процес функціонування. LTE технології підтримують автоматичне відновлення після відмови одного з вузлів за рахунок перемикавання на резерв. Крім того, спеціальні підрозділи можуть швидко і легко масштабувати інфраструктуру LTE, підключивши додаткові компоненти та розширити ємності системи відповідно до вимог конкретної ситуації.

Сьогодні підрозділи спеціального призначення (МНС, МО тощо) володіють інформаційно-телекомунікаційними технологіями, що постійно вдосконалюються. Сучасні комерційні технології мобільних мереж забезпечують високу пропускну здатність у порівнянні з технологією JTRS. Створення LTE мережі, яка підходить для використання у кризових ситуаціях, перетворюється у відносно легку задачу, враховуючи широкий спектр можливостей та технологій, що існують на сучасному ринку.

Для спеціального застосування при виникненні кризової ситуації LTE мережа складається з трьох основних рівнів: розширений рівень пристрій-пристрій, самоорганізована мережа

доступу на основі мобільних eNodeB, віртуалізоване ядро базової мережі. Віртуалізоване ядро EPC (Evolved Packet Core). У запропонованій архітектурі ядро системи зв'язку реалізоване у форму віртуальних функцій мережі (VNF). У випадку LTE віртуалізація охоплює P-GW, S-GW і MME. Ці функції реалізуються на основі спеціалізованого апаратного шлюзу. Однією з найвідоміших реалізацій є пристрій компанії Alcatel-Lucent (7750 SR Mobile Gateway), який реалізує функції (P-GW) шлюзу пакетної передачі, Radio Service (GPRS), вузла підтримки (GGSN) та S-GW. PGW/GGSN функції для надання сервісу: створення та закриття каналів; аналіз пакетів та їх фільтрація (визначення відповідного каналу в залежності від типу сервісу); дотримання політики надання сервісу; облік використання сервісів та звітність.

SGW має вирішальне значення для мобільності користувача. Так само як і PGW, він маршрутизує пакети даних користувача через відповідні сервісні канали. SGW також реалізує мобільність, гарантуючи, що пакети будуть доставлені без розривів з'єднання, навіть якщо користувач змінює місце розташування. Така модель може бути використана для створення повністю мобільного спеціального (військового) підрозділу. Для цього мобільну систему слід помістити в контейнер з високим ступенем захисту від фізичних ушкоджень та радіо впливу, який має запасне джерело живлення та забезпечений можливістю швидкої заміни джерел. Такий вузол може бути встановлений на рухомій платформі і, таким чином, може переміщатися разом з підрозділом. Таким чином, кожна мобільна станція може встановити зв'язок з іншою мобільною станцією цього ж або сусіднього підрозділу протягом короткого інтервалу часу.

У парі з кожним шлюзом встановлюється базова станція. Це дозволяє мінімізувати затримку передачі сигналізаційної інформації. Шлюзи можуть спілкуватися один з одним, використовуючи радіо інтерфейс, створюючи тим самим бездротову опорну мережу. Якщо відстань між двома шлюзами досить незначна, тоді для зв'язку між шлюзами використовується радіо інтерфейс. З ростом відстані між шлюзами може бути використаний інший інтерфейс іншої бездротової технології.

Для централізованого управління безпроводової опорною мережею використовується супутникова система. З використанням супутників мережа може бути динамічно налаштована. Такий спосіб керування вимагає високого рівня безпеки. Однією з основних переваг такого способу керування є те, що шлюз може бути вимкнений дистанційно, при цьому вся секретна інформація може бути знищена. Ще однією перевагою є те, що для підвищення безпеки зв'язку між шлюзами, супутник може динамічно передавати ключі безпеки.

Базова станція може покрити лише обмежену область. У ході військових дій, не виключено, що всі мобільні термінали не будуть знаходитися в області ні однієї базової станції. Ось чому в цій статті пропонується використовувати квадрокоптери у ролі мобільної базової станції. Кожен квадрокоптер може взаємодіяти з основною базовою станцією, використовуючи захищений канал LTE. Крім того, квадрокоптери можуть спілкуватися один з одним і, таким чином, організовуватися в локальну безпроводну мережу. У зв'язку з цим, навіть коли мобільний термінал знаходиться досить далеко найближчої базової станції, він все ще може встановити з'єднання з ядром по ланцюжку, що утворений з квадрокоптерів. Такі квадрокоптери можуть бути також використані для інших цілей, наприклад, розвідки. Таким чином, вони розширюють зону дії основної мережі LTE, формуючи додатковий шар архітектури, що представлений самоорганізованою mesh-мережею.

Mesh-мережа передбачає використання специфічних методів функціонування. Її особливість у тому, що архітектура, яка самоорганізовується, повинна реалізувати наступні функції зв'язку: створення інформаційних зон, які охоплюють великі площі, масштабованість мережі (збільшення зони покриття) в режимі самоорганізації, використання бездротових

транспортних каналів для підключення точки доступу в режимі "всі зі всіма", стійкість мережі до збоїв окремих елементів.

Організація мереж відповідно до mesh-структури дозволяє маршрутизувати дані, голос та сигналізацію між її вузлами. Мережа забезпечує відповідну реакцію на зміну власної конфігурації та здійснює вибір оптимального шляху передачі даних у разі виникнення проблеми (відмови вузла чи мережевого шляху) для досягнення пакетами вузла-адресата.

Висновок. Постійне вдосконалення інформаційно-телекомунікаційних технологій забезпечують високу пропускну здатність, а властивості LTE мережі надають широкий спектр можливостей для використання у кризових ситуаціях. Саме LTE мережі завдяки формуванню сигналу OFDM забезпечують підвищену пропускну здатність та мають додаткові переваги, що полягають у зниженні затримки та реалізації двосторонньої передачі відео у реальному часі у кризовій ситуації.

Література

1. Толубко В. Б. Багатокритеріальна оптимізація параметрів програмно-конфігурованих мереж / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова, Є. В. Орлов // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – № 4. – С. 5-12.
2. Беркман Л. Н. Метод забезпечення вірогідності передавання інформації системи управління в критичному режимі / Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова // Зв'язок. – 2014. – №1. – С.3-7.
3. Даник Ю. Г. Формування методологічних основ створення оперативно-тактичних та тактичних безпілотних авіаційних комплексів сухопутних військ / Ю. Г. Даник, Л. О. Комарова, М. Ю. Яковлев, І. В. Матала // Збірник наукових праць Житомирського військового інституту імені С. П. Корольова Національного авіаційного університету. – 2013. – № 6. – С. 13- 20.
4. Бобало Ю. Я. Моніторинг об'єктів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації: монографія / Ю. Я. Бобало, Ю. Г. Даник, Л. О. Комарова, О. О. Лук'янов, В. М. Максимович, О. О. Писарчук, В. В. Ріппенбейн, Р. Т. Смук, В. С. Стогній, Ю. Б. Сторонський, Б. М. Стрихалюк // – Львів: 2015. Видавництво Української академії друкарства. – 360 с.
5. Dargie W. Fundamentals of Wireless Sensor Networks. Theory and Practice. Wiley Series on Wireless Communications and Mobile Computing / Walteneus Dargie, Christian Poelabauer. – 2010 John Wiley & Sons Ltd. – 311 с.

Автор статті

Комарова Лариса Олексіївна – доктор технічних наук, проректор з післядипломної освіти, заочного та дистанційного навчання, міжнародних зв'язків та науково-педагогічної роботи з іноземними студентами. Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 44 249 25 39. E-mail : lacosta_k@ukr.net

Дата надходження в редакцію: 22.10.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л. О. Беркман