

Сорокін Д. В., Бондарчук А.П., Сторчак К.П.

Державний університет телекомунікацій, Київ

Горба Д.Б.

ТОВ УкрКам, Київ

ПРИВАТНІ МЕРЕЖІ НА БАЗІ LTE В ГІРНИЧО-ВИДОБУВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Анотація: Проведено аналіз приватних мереж, що не відносяться до профільних підприємств бездротового зв'язку, але використовують інфраструктуру операторів чи провайдерів телекомунікаційних послуг. Розглянуто питання адаптації та автоматизації використання приватних телекомунікаційних мереж з урахуванням специфіки гірничо-видобувної промисловості. Проведено порівняльний аналіз мереж на базі LTE та Wi-Fi. Пропонується використання технології радіодоступу на базі LTE як технологічної платформи для забезпечення зв'язку на підприємствах гірничо-видобувної промисловості з метою надання нових сервісів з гарантією безпеки в доступі, необхідних потреб в швидкості, масштабованості та доступності мережі для кінцевого користувача.

Ключові слова: технології радіодоступу, приватна мережа на базі LTE, технологія WiFi, абоненти мережі, гірничо-видобувна промисловість, промислові сервіси мережі.

Sorokin D. V., Bondarchuk A.P., Storchak K.P.

State University of Telecommunications, Kyiv

Horba D.B.

UkrKam Ltd., Kyiv

LTE-BASED PRIVATE NETWORKS IN THE MINING INDUSTRY

Annotation: The article is devoted to the analysis of private networks, which are not related to the profile wireless enterprises, but using the infrastructure of operators or telecommunication service providers. The issues of adaptation and automation of the use of private telecommunication networks with consideration of the specifics of the mining industry are considered. A comparative analysis of LTE and Wi-Fi networks carried out. A comparative analysis of networks based on LTE and Wi-Fi is carried out. The following are used as indicators of network efficiency: the frequency spectrum in Ukraine, the ability of the network to provide the necessary service to the specified traffic, coverage, radiation power, power consumption, linearity and productivity, penetration resistance and noise immunity, network security, mobility. Scenarios for the use of private LTE networks in the mining industry are generated. The list of necessary industrial network services is formulated. The regulatory and technical features of the use of private networks based on LTE are considered. It is proposed to use LTE-based radio access technology as a technology platform for providing communications at mining industry enterprises with the aim of providing new services with guaranteed access security, the necessary requirements for speed, scalability and network availability for the end user.

Keywords: radio access technologies, LTE-based private network, WiFi technology, network subscribers, mining industry, industrial network services.

Сорокин Д. В., Бондарчук А.П., Сторчак К.П.

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Горба Д.Б.

ООО УкрКам, Киев

ЧАСТНЫЕ СЕТИ НА БАЗЕ LTE В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: Проведен анализ частных сетей, не относящихся к профильным предприятиям беспроводной связи, но использующих инфраструктуру операторов или провайдеров телекоммуникационных услуг. Рассмотрены вопросы адаптации и автоматизации использования

частных телекоммуникационных сетей с учетом специфики горнодобывающей промышленности. Проведен сравнительный анализ сетей на базе LTE и Wi-Fi. Предлагается использование технологии радиодоступа на базе LTE как технологической платформы для обеспечения связи на предприятиях горнодобывающей промышленности с целью предоставления новых сервисов с гарантией безопасности доступа, необходимых потребностей в скорости, масштабируемости и доступности сети для конечного пользователя.

Ключевые слова: технологии радиодоступа, частная сеть на базе LTE, технология WiFi, абоненты сети, горнодобывающая промышленность, промышленные сервисы сети.

Вступ.

На сьогоднішній день переважна більшість підприємств та організації в Україні та у всьому світі в цілому переходять до розгортання мережі передачі даних за технологією IP або Over IP [1]. Такими підприємствами є як профільні в телекомунікаційній галузі, так і не профільні. До профільних підприємств відносять операторів телекомунікаційних послуг, а саме суб'єктів господарювання, які мають право на здійснення діяльності у сфері телекомунікацій із правом на технічне обслуговування та експлуатацію телекомунікаційних мереж [2]. Зазвичай це оператори і провайдери, що створюють та надають послуги в галузі мобільного чи фіксованого зв'язку. До не профільних підприємств та організацій відносяться усі ті, які потребують і створюють локальні мережі для власного користування. До не профільних підприємств можна віднести банки, державні фінансові установи, підприємства важкої та легкої промисловості, гірничо-збагачувальні, вугільні, паливні підприємства тощо.

Ключовим завданнями профільних підприємств зв'язку на сьогодні є надання готових сервісів кінцевим споживачам, при цьому, немає різниці, чи це клієнти B2B, B2C, чи B2G. В свою чергу, завдання не профільних підприємств полягає в забезпеченні на базі сервісів операторів чи провайдерів необхідних можливостей зв'язку та адаптації сервісів під промислову необхідність.

Саме тому у цій статті фокусується увага на приватних мережах, що не відносяться до профільних підприємств, але можуть частково використовувати інфраструктуру операторів чи провайдерів телекомунікаційних послуг, та, в умовах промислової необхідності, забезпечувати власні потреби в специфічних сервісах.

Досліджуючи інтенсивність телекомунікаційного розвитку у світі і, зокрема, в Україні [3], можна підбити підсумки, що за останні 10-15 років все більше сервісів з'являються і надаються саме в бездротовому доступі, що в свою чергу є каталізатором розвитку нових технологій радіодоступу до кінцевого споживача сервісів. На сьогоднішній день споживачі послуг і сервісів в Україні все ще користуються стандартами мереж 2G і 3G, але все частіше у світі згадують та пропонують нові технології такі як LTE, LTE –Advanced, мережі четвертої, п'ятої та шостої генерації (4G, 5G, 6G). Все це супроводжується достатньо масштабним виробництвом кінцевого клієнтського обладнання, різноманітних гаджетів, розумних смартфонів і пристроїв, що підтримують нові мобільні стандарти 4-5G. Це, в свою чергу, призводить до потреб адаптувати та автоматизувати використання приватних телекомунікаційних мереж під промислові процеси, що допоможе забезпечити автоматизацію виробництва, зменшити промислові ризики, а подекуди і збереження людського життя в тих сферах та галузях економіки, де телекомунікаційна сфера на перший погляд не є засобом вирішення основних проблем.

Основна частина.

В Україні акцент технологій фокусується саме LTE. Розберемо чому не віддається перевага технологіям Wi-Fi та Wi-Max, на яких вже збудовано радіодоступ до промислових сервісів та які значний час використовуються на підприємствах. В світі і в Україні зокрема вже не можемо уявити корпоративну мережу без використання обладнання радіодоступу до опорної корпоративної мережі. Пропонується розглянути питання технології радіодоступу в комплексі, а саме як можливість технологічної платформи, що може забезпечувати надання нових сервісів,

при цьому гарантувати безпеку в доступі, задовольняти потреби в швидкості і масштабованості сигналу та доступність мережі для кінцевого користувача – абонента.

Щоб зробити певні висновки стосовно використання технології в приватних мережах пропонується провести порівняння технологій LTE и WiFi за деякими ключовими факторами.

1) Частотний спектр в Україні.

LTE має ліцензоване використання (ексклюзивне використання). Це забезпечує гарантовану якість сервісу та ціну за ліцензування, але при цьому відсутність державного інструменту для використання в приватних мережах.

WiFi має не ліцензоване використання (спільне використання). Це не гарантує якість сервісу. При цьому, WiFi є безкоштовним для використання в приватних мережах, питання спільного використання частково врегульовано державними нормативними актами.

В розвинутих країнах світу (США, Канаді та деяких країн ЄС) при використанні частот в стандарті 900 МГц, для приватних мереж що, використовують технологію LTE, технологія і спектр не ліцензується, що обумовлює розвиток технологічних рішень на платформі LTE.

2) Здатність мережі забезпечити необхідний сервіс заданому трафіку.

LTE забезпечує сервіси QoS; QCI; GBR. Для QoS досягається якість обслуговування із затримкою 5 мс.; QCI надають сервіси в реальному часі за протоколом UDP/IP; GBR надають виділені канали з гарантованою швидкістю передачі. WiFi забезпечує лише QoS якість обслуговування із затримкою 50 мс.

Таким чином, технологія LTE передбачає меншу швидкість при наданні сервісу, але гарантовану пропускну можливість клієнтського каналу.

3) Покриття території.

LTE надає БС в діапазоні 1800-2600 МГц на відстань 1,5-3 км. WiFi – БС в діапазоні 2,4-5 МГц на відстань 150-350м. В розвинутих країнах світу (США, Канаді та деяких країн ЄС) використовуються частоти в смузі 700 - 900 МГц в стандарті LTE, що дозволяє збільшити площу покриття, а також є вільні діапазони для використання технології LTE в діапазоні 5-6ГГц.

4) Потужність випромінювання.

Для LTE потужність випромінювання складає 23 dBm, в той же час для WiFi – це від 3 до 20 dBm. При цьому, потужність випромінювання в LTE, може змінюватись апаратно або при використанні певного класу антен.

5) Потужність споживання живлення.

Для LTE потужність споживання живлення становить 5-80Вт, для WiFi – 1,8Вт. Потужність споживання в LTE може бути різною в залежності від кількості кінцевих абонентів, від кількості радіоблоків та антен, що встановлено на БС.

6) Лінійність та продуктивність.

LTE дозволяє забезпечити підтримку біля 200 активних клієнтів, точна кількість залежить від ширини каналу, що надає сервіс. Кількість активних клієнтів WiFi обмежено кількістю каналів (13-14), крім того, обмежено кількість одночасних підключень клієнтських пристроїв. В стандарті LTE кожному клієнту виділяється свій канал що задовольняє потребу в постійному доступі до мережі та сервісів.

7) Проникнення та перешкоди.

В LTE застосовані нові методи модуляції: OFDM на downlink і SC-FDMA на uplink. OFDM – це механізм мультиплексування (ущільнення), який має високу ефективність використання радіочастотного спектру, яка пояснюється майже прямокутною формою огинаючого спектра при великій кількості піднесучої, проста та апаратна реалізація: базові операції реалізуються методами цифрової обробки, добре протистоїть міжсимвольним перешкодам і інтерференції між піднесучими - як наслідок - лояльність до багатопроменевого розповсюдження. OFDM може бути застосовано в різних схем модуляції для кожної піднесучої, що дозволяє адаптивно варіювати завадостійкість і швидкості передачі інформації. SC-FDMA - це множинний доступ з частотним поділом каналів з однією несучою частотою.

Ефективна пропускну здатність мереж WiFi будь-яких типів приблизно дорівнює половині пікової швидкості передачі даних. При цьому, на мережу впливає безліч факторів: це сусідні

WiFi станції, погода, відстані, розташування, тип використовуваних антен, інтенсивність використання бездротових каналів і кількість одночасно підключених клієнтів, перепони на шляху сигналу тощо.

8) Безпека.

LTE використовує багаторівневу схему ідентифікації абонента через IMSI: захист абонентів; захист переданих повідомлень; шифрування повідомлень; аутентифікація абонента, і мережі. У WiFi застосовуються методи обмеження доступу, аутентифікації та шифрування фільтрація фізичного MAC-адресу і використання режиму прихованого ідентифікатора SSID, або відкрита аутентифікація, або аутентифікація с загальним ключем.

Складна процедура автентифікація абонента в мережі LTE мінімізує ризики несанкціонованого доступу до мережі. Аналіз IMSI - це процес визначення приналежності абонента до будь-якої мережі, а також перевірка того, чи дозволено абоненту цієї мережі користуватися послугами тієї мережі, в якій він знаходиться

9) Мобільність.

LTE швидко розгортається та легко масштабується і має різні варіанти розгортання. При цьому, LTE має різні варіанти розгортання (indoor, outdoor, RAN-sharing). WiFi також швидко розгортається та масштабується, але має обмежену кількість каналів та радіус к доступу до мережі.

Окремо хотілося б виділити проблему безпеки доступу та збереження інформації при використанні приватних мереж з радіодоступом. При інтенсивній інтеграції сучасних промислових мереж, локальних комп'ютерних мереж в мережі загального користування, масштабованість яких досягається завдяки радіодоступу, збільшуються ризики доступності в мережі недобросовісних користувачів або злочинно-спрямованих осіб, дії яких спрямовані на шкоду або цілеспрямоване заволодіння конфіденційною інформацією. Саме тому, радіодоступ повинен забезпечувати безпеку в доступі, легку ідентифікацію і завчасну відмову в доступі абонентських пристроїв, що не відповідають критеріям безпеки.

З впровадженням в Україні нового стандарту LTE (4G) пройшло вже майже 2,5 роки, а країни які запровадили цей стандарт ще раніше мають більше 5 років досвіду. За весь час використання стандарту LTE в Україні кінцевим споживачем сервісу залишаються клієнти мобільних операторів, а це говорить про те, що технологія є локалізованою у рамках використання фахових та профільних підприємств, що надають телекомунікаційні послуги. Сьогодні технологія LTE в Україні використовується виключно операторами мобільного зв'язку і зовсім не використовується в приватних мережах LTE не профільними підприємствами. Аналізуючи міжнародний досвід в проектах з розгортання приватних мереж LTE не телекомунікаційними підприємствами, що мають на меті використовувати мережу LTE в операційних потребах підприємства для автоматизації промислової необхідності і безпеки, можна однозначно стверджувати, що міжнародний досвід майже відсутній, а досвід який є – це переважно використання обладнання LTE на поверхні землі.

При використанні та розгортанні промисловими підприємствами приватних мереж LTE, зокрема, в гірничо-видобувній промисловості, може бути розглянуто декілька сценаріїв:

1. Використання мережі LTE загального використання (мобільні оператори що надають сервіси voice та передачу даних) з використанням приватної програмно-апаратної платформи, додатків, для забезпечення промислових сервісів.

2. Використання–оренда ресурсів та/або платформи додатків для мережі підприємства у мобільних операторів з метою формування промислових сервісів.

3. Промислове підприємство, що має у власності свої програмно-апаратні платформи та додатки включно з ядром мережі, що може управляти своїми абонентами та віртуальними базовими станціями, при взаємодії з оператором мобільного чи фіксованого зв'язку, для використання інфраструктури з метою масштабування та підключення віддалених ділянок приватної мережі.

4. Спільне використання підсистеми базових станцій мобільних операторів, при цьому підприємства мають власне ядро мережі та програмно-апаратні платформи, додатки.

5. Повне самостійне будівництво приватної мережі LTE з власними платформами, додатками, ядром мережі і підсистемою базових станцій.

Усі вказані сценарії повинні забезпечити підприємства такими необхідними промисловими сервісами як:

- передача голосу;
- передача даних;
- забезпечення системи сигналізації та оповіщення;
- забезпечення обліку рухомої техніки і матеріальних засобів;
- забезпечення сервісів телеметрії;
- забезпечення сервісів відео-нагляду;
- забезпечення системою безпеки та аварійної сигналізації;
- забезпечення оперативного групового зв'язку (голос і відео);
- забезпечення управління безпілотними апаратами та машинами;
- забезпечення передачі геолокації співробітників і техніки.

На сьогодні в світі представлено широка лінійка обладнання базових станцій LTE, що працює на поверхні землі і практично зовсім відсутнє сертифіковане обладнання, що може працювати в особливих умовах під землею. Говорячи про відсутність міжнародних сертифікатів на базову станцію, мається на увазі активне обладнання eNB, що може бути використане при розгортанні мережі LTE під землею (аналіз обладнання та можливі технологічні рішення, ґрунтується на підставі специфікації обладнання, що працює і використовується в Україні та в світі, таких виробників як Ericsson, Huawei, Nokia)[6,7,8]. Під особливими умовами під землею слід розуміти такі, як безпека використання обладнання в умовах підвищеної температури навколишнього середовища, повністю або часткова відсутня вентиляція, можливість роботи в середовищі з іскро-займанням пилу чи газів. Це вимагає сертифікації обладнання за міжнародним європейським стандартом АТЕХ (АТЕХ - директива Європейського Союзу, що описує вимоги до обладнання та роботи в потенційно вибухонебезпечному середовищі) [9]. Слід зауважити, що перешкодою щодо розгортання приватної мережі LTE в Україні є нормативна і регулятивна база, що практично ніяк не регулює використання частотного ресурсу в приватному секторі, і, в результаті, не забезпечує можливості надання сервісу в стандарті LTE для задоволення власних потреб підприємств. До регуляторного питання в Україні також відноситься і більш загальна проблема – фрагментований діапазон в частотній смузі 800-900 МГц., що унеможливує постачання та використання обладнання в цьому діапазоні в стандарті LTE на території України.

Висновки.

Зважаючи на затребуваність в приватних мережах нової генерації LTE в гірничодобувній промисловості, приватна мережа LTE дозволить об'єднати M2M-пристрої в закриту локальну мережу всередині компанії. Переваги приватних LTE-мереж в порівнянні з WiFi полягають у підвищеній надійності та безпеці, а також більш низькому рівні затримки сигналів, що є однією з ключових вимог гірничодобувних промислових процесів. У перспективі, аналогічним чином непрофільними підприємствами бездротового зв'язку можуть бути запропоновані приватні мережі 5G, оскільки сучасні тенденції розвитку телекомунікаційних мереж демонструють, що це стане основним вектором впровадження 5G, зважаючи на те, що саме в B2B-сегменті набагато більше інноваційних сценаріїв використання, ніж в B2C-ринку, для якого ключовим є лише показник підвищеної пропускної здатності абонентського каналу передачі даних.

Список використаної літератури

1. Колюбякин В. Беспроводные мультисервисные сети/ В. Колюбякин// Теле-Спутник. - №12. – 2016. – С. 20-24.
2. Закон України «Про телекомунікації», редакція від 16.07.2019 1280-IV.

3. Горбатий І.В. Дослідження технічної ефективності радіоканалів телекомунікаційних мереж // Електронне наукове фахове видання «Проблеми телекомунікацій», Харків. – 2016. – с.44-52.
4. Осипчук С. А. Повышение информационной эффективности беспроводных систем передачи на основе перераспределения ресурсов канала связи: дис. канд. техн. наук / Осипчук С. А., 2015.
5. Rappaport S. Millimeter Wave Wireless Communications for 5G Cellular: It will work! // IEEE Access. – Vol.1. – 2013 – P. 335 – 349.
6. Ericsson manual: Radio_2203_datasheet&description, 2019.
7. Nokia manual: flexi_zone_micro_bts_product_description (Flexi Zone Mini-Macro BTS _FW2EA), 2019.
8. Huawei manual: 3900_SeriesBaseStationProduct_Documentation_V100R013C10_09_2019.
9. Директива 2014/34/EU ATEX (ATmosphères EXplosibles).

References

1. Koliubiakin V. Wireless multiservice networks, *Tele-Sputnik* 12 (2016), 20-24.
2. Law of Ukraine «About telecommunications», revision from 16.07.2019 1280-IV.
3. Horbatiy I.V. Research of technical efficiency of radio channels of telecommunication networks, *Electronic Scientific Professional Edition - Journal «Problems of telecommunications»* (2016), 44-52.
4. Osypchuk S.A. *Improving information efficiency of wireless transmission systems based on the redistribution of communication channel resources*, PhD thesis (2015).
5. Rappaport S. Millimeter Wave Wireless Communications for 5G Cellular: It will work! *IEEE Access* (2013), Vol.1, 335 – 349.
6. Ericsson manual: Radio_2203_datasheet&description (2019).
7. Nokia manual: flexi_zone_micro_bts_product_description (Flexi Zone Mini-Macro BTS _FW2EA) (2019).
8. Huawei manual: 3900_SeriesBaseStationProduct_Documentation_V100R013C10_09_2019.
9. Directive 2014/34/EU ATEX (ATmosphères EXplosibles).

Автори статті (Authors of the article)

Сорокін Денис Володимирович – аспірант (Sorokin Denys Volodymyrovych – postgraduate student).
Phone: +380 (63) 282 68 13. E-mail: deny.sorokin@gmail.com.

Сторчак Каміла Павлівна – д.т.н., завідувач кафедри інформаційних систем та технологій (Storchack Kamila Pavlivna – D.Sc. in Technics, Head of the Department of Information Systems and Technologies). Phone.: +38(044) 249 25 42. E-mail: kpstorchak@ukr.net.

Бондарчук Андрій Петрович – д.т.н., директор інституту інформаційних технологій (Bondarchuk Andrii Petrovych – D.Sc. in Technics, Director of the Institute of Information Technologies). Phone.: +380 (97) 408 61 31. E-mail: 0-99@i.ua.

Горба Дмитро Брониславович – технічний директор ТОВ УкрКам (Horba Dmytro Bronyslavovych - Technical Director of UkrKam Ltd.). Phone.: +380 (67) 220 63 47. E-mail: Boa9966@gmail.com.

Дата надходження
в редакцію: 20.04.2019 р.

Рецензент:
д.т.н., проф. Климаш М.М.
*Національний університет «Львівська
політехніка», Україна*