

РАЗВИТИЕ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОГО ДОСТУПА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ: ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Sayko V. H., Plyushch O. H., Breslavskyy V. O., Lysenko D. O. **Development of new generation broadband systems of wireless access: technical-economic analysis.** Current state and development trends of the market in innovative services provided by new generation broadband systems with wireless access as impacted by technical-economic factors are presented. It is shown that the uncertainties of the mobile telecommunications future are caused by a number of factors, namely, arrival at the market of 3rd, 4th, and 5th generations of mobile networks, as well as steep decrease in profitability for traditional services on the backdrop of the increase in that for OTT applications. As potentially promising approaches, making it possible to significantly reduce future expenses of wireless operators it is proposed to use program-orientated networks and virtualization of network functions. In this case cloud-orientated platforms of radio access on the base of program-oriented facilities and base program-orientated networks will secure transition of calculative capabilities of subscriber units into cloud technologies, as well as utilization of intellectual subscriber units, that can be presented by any devices with interactive screens. Technical approaches for meeting demands for 4th and 5th generation networks and technical-scientific tasks for heterogenic networks efficiency increase are presented.

Keywords: radioaccess technology, subscriber unit, heterogenic wireless network, coverage area, mobile network, LTE architecture

Сайко В. Г., Плющ О. Г., Бреславський В. О., Лисенко Д. О. **Розвиток широкополосних систем безпроводового доступу нового покоління: техніко-економічний аналіз.** Наводяться результати аналізу стану і тенденцій розвитку ринку інноваційних послуг широкополосних систем безпроводового зв'язку нового покоління і вплив на нього техніко-економічних факторів. Розглянуті особливості розвитку ринку мобільних послуг технології M2M, технічні рішення для забезпечення вимог до мереж 4-го і 5-го поколінь, науково-технічні завдання для підвищення ефективності функціонування гетерогенних мереж.

Ключові слова: технології радіодоступу, абонентський пристрій, гетерогенна безпроводова мережа, зона покриття, мобільна мережа, архітектура LTE

Сайко В. Г., Плющ А. Г., Бреславский В. А., Лысенко Д. А. **Развитие широкополосных систем беспроводного доступа нового поколения: технико-экономический анализ.** Приводятся результаты анализа состояния и тенденций развития рынка инновационных услуг широкополосных систем беспроводной связи нового поколения и влияние на него технико-экономических факторов. Рассмотрены особенности технических решений для обеспечения требований до сетей 4-го и 5-го поколений и архитектуры сети LTE, научно-технические задачи для повышения эффективности функционирования гетерогенных сетей.

Ключевые слова: технологии радиодоступа, абонентское устройство, гетерогенная беспроводная сеть, зона покрытия, мобильная сеть, архитектура LTE

1. Вступление. Сегодня значительное ускорение темпов роста мирового рынка телекоммуникационных услуг происходит в первую очередь за счет увеличения спроса на услуги сотовой связи и быстрого развития Интернета. Причинами столь быстрого увеличения темпов роста услуг сотовой связи являются не столько общее увеличение населения в мире и рост его доходов, сколько бурное развитие научно-технического прогресса. Мобильная связь дает импульс к росту всей мировой экономики и способствует формированию новых тенденций ее развития.

Цель статьи – рассмотреть технические и экономические аспекты развития сетей и услуг мобильной связи 4-го и 5-го поколений и их влияния на экономический рост стран.

2. Характеристика состояния широкополосных систем беспроводного доступа.

Особенностью развития современных широкополосных беспроводных сетей есть разнообразие технологий радиодоступа и увеличение числа мультистандартных абонентских устройств, объединенных в единую гетерогенную (неоднородную) беспроводную сеть [1-7]. Такая сеть будет состоять из сегментов разных технологий радиодоступа, зоны покрытия которых накладываются. Это позволит увеличить пропускную способность сети, расширить

зону її покриття, а для користувачів надають послуги по більшій низкій ціні і з найкращим якістю.

Для підвищення ефективності роботи гетерогенних мереж надзвичайно важливі механізми динамічного перерозподілу ресурсів між різними частотними діапазонами, технологіями і територіальними зонами в залежності від часу доби і зони обслуговування. Подібна "еластичність" також буде надзвичайно корисна по мірі того, як навантаження на мережі попередніх поколінь стане зменшуватися, тоді як нові системи LTE (Long Term Evolution) будуть задіяні все більше і більше. Таку задачу допоможуть вирішувати також мобільні ad-hoc мережі (сенсорні, mesh-мережі, мережі MANET).

Ще однією з особливостей розвитку сучасних широкополосних бездротових мереж – впровадження малих сот (фемтосот). Їх називають по-різному, наприклад мікро-, піко- і метросоти [8, 9]. Ці невеликі пристрої встановлюються на стінах будинків, вуличних стовпах і інших міських об'єктах, вписуючись в міський ландшафт. Налаштування і налаштування таких пристроїв зазвичай зводиться до мінімуму, а часто вони взагалі встановлюються за принципом plug-and-play Для їх підключення можуть застосовуватися різні канали, наприклад вже існуючі дротові мережі Ethernet і xDSL або радіорелейні системи нового покоління, які можуть бути вбудовані в самі метросоти. Малих соти діють точечно, надаючи високоскоростні бездротові підключення там, де вони найбільш необхідні. Завдяки більшій якості сигналу в малій соті користувачі отримують канали з більшою пропускну здатністю, що забезпечує високу якість обслуговування. При цьому вони можуть використовуватися для формування вуличних як для хотспотів, наприклад в центрі міста або на вокзалах, так і для покращення якості обслуговування всередині приміщень – в бізнес-центрах, виставочних комплексах і пр. Ще одна область застосування малих сот – точечне обслуговування малих населених пунктів, де побудова макросети економічно нецелесообразно.

Головною стратегією на сьогоднішній день у операторів сотової зв'язі є збільшення темпів зростання доходу за рахунок надання послуг з доданою вартістю, які в свою чергу вимагають збільшення пропускну здатності каналу зв'язі.

Однією з найбільш прагматично розвиваючихся послуг є мобільний Інтернет і частка доходів від мобільного інтернету в структурі доходів послуг неухильно зростає (Рис. 1).

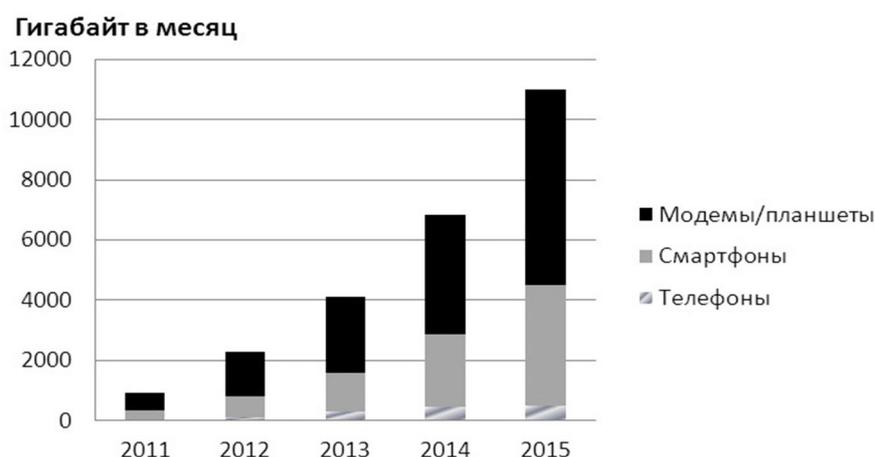


Рис. 1. Ріст об'єму трафіку даних в мережах мобільного зв'язі

Основним джерелом зростання доходів від мобільного інтернету є розвиток мереж третього покоління (3G) і продажі смартфонів, планшетів, USB-модемів і інших пристроїв, які дозволяють отримати доступ до мобільного інтернету.

На сьогоднішній день оператори мобільного зв'язі по всьому світу фіксують різкий зростання об'ємів передаваних даних, який в значній мірі обумовлений зростаючою популярністю смартфонів і планшетних комп'ютерів, які забезпечують зручний доступ до всіх нових програм і послуг. Стан розвитку світового ринку мобільних телекомунікацій характеризується наступними цифрами:

– общее число абонентов мобильной связи на начало 2015 г. оценивалось в 3,9 млрд человек, создающих 6,9 млрд. соединений. Количество широкополосных мобильных соединений – 2,4 млрд.;

– к 2020 г., по прогнозам, общее число абонентов в мире достигнет 6,1 млрд, из них 3,1 млрд – абоненты сетей LTE и 2,3 млрд. – абоненты сетей HSPA;

– общий объем видеотрафика, который будет передан по сетям 3G/4G за пять лет, с 2015 по 2020 г., вырастет до 440 Экзбайт.

3. Широкополосные сети 4-го поколения LTE. Проблема повышения пропускной способности систем сотовой радиосвязи привела к созданию сотовых систем четвертого поколения (4G). В отличие от систем предыдущего третьего поколения (3G), изначально ориентированных только на передачу голосовых данных, системы связи 4G ориентированы на универсальную (пакетную) передачу данных любого типа [10].

Также, для повышения скорости и надёжности передачи информации одновременно большому числу абонентов, в системах 4G применяется технология множественного доступа с ортогональным частотным разделением OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) [10, 11] и пространственно-временная обработка сигналов на многоэлементных приёмно-передающих адаптивных антенных решётках (MIMO, англ. Multiple Input – Multiple Output, что означает систему связи со многими антеннами на передатчике, т.е. на входе канала связи, и многими антеннами на приёмнике, т.е. на выходе канала связи) [8].

В качестве примера MIMO-OFDMA системы связи можно привести развёрнутую универсальную систему наземного радиодоступа E-UTRA (Evolved Universal Terrestrial Radio Access) Release-10/11 [9], известную под названием LTE Advanced (LTE-A), а также сотовую систему радиосвязи WirelessMAN-Advanced (стандарт IEEE 802.16m, известный как WiMAX-Advanced) [8].

Стандарт LTE основан на применении технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Ключевыми характеристиками стандарта являются: возможность передачи данных на больших скоростях (целевое значение 1 Гбит/с для нисходящего направления), возможность работы с абонентами, передвигающимися на скорости до 350 км/ч, возможность масштабирования полосы сигнала (1,4, 3, 5, 15, 15, 20 МГц), с 10 релиза поддерживается агрегация до 5 несущих, что предоставляет возможность создания системы с полосой сигнала в 100 МГц и т.д. [9]. Эти особенности делают стандарт LTE перспективным направлением развития мобильной связи, а исследования данной области актуальными и востребованными (Рис. 2).

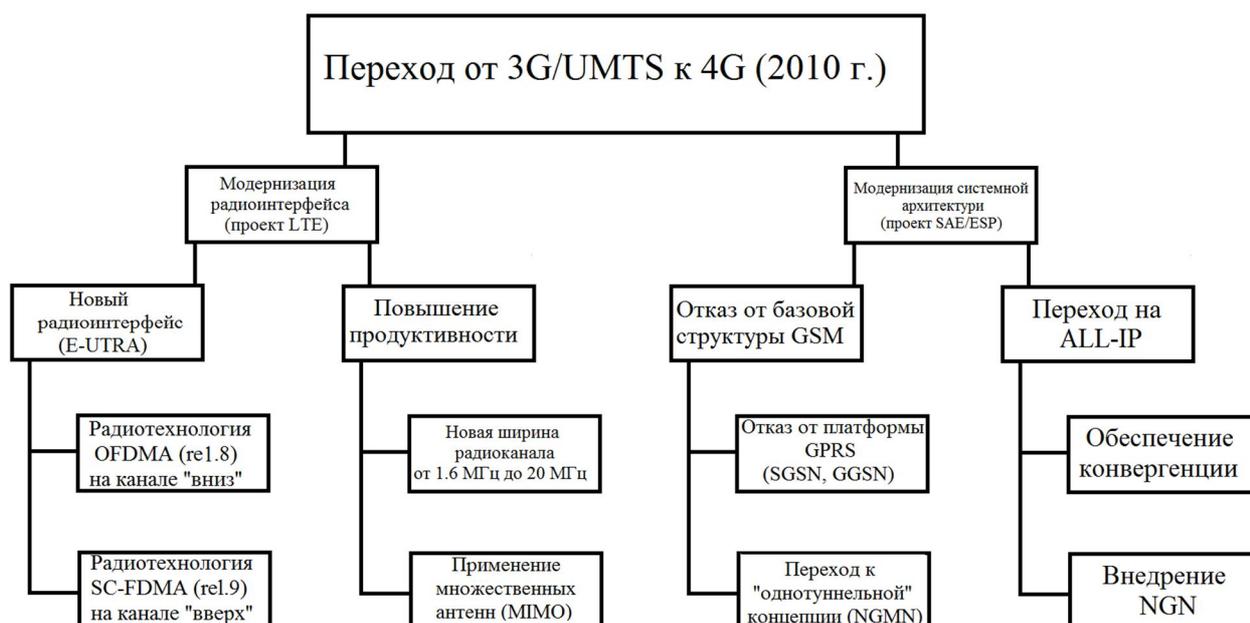


Рис. 2. Технические аспекты перехода от мобильных сетей 3G к сетям 4G

При разработке систем 4-го поколения преследовались следующие цели: **максимально** эффективное использование ограниченного радиочастотного ресурса; **плоская** all-IP архитектура сети, которая существенно снижает стоимость передачи за мегабайт данных; **новый радиointерфейс** с новыми технологиями передачи.

Базовая архитектура состоит из пакетного ядра сети и сети радиодоступа. Такие системы имеют высокие показатели спектральной эффективности [10] и высокоскоростные механизмы адаптации для обеспечения качества передачи видеотрафика (Рис. 3 и Рис. 4).

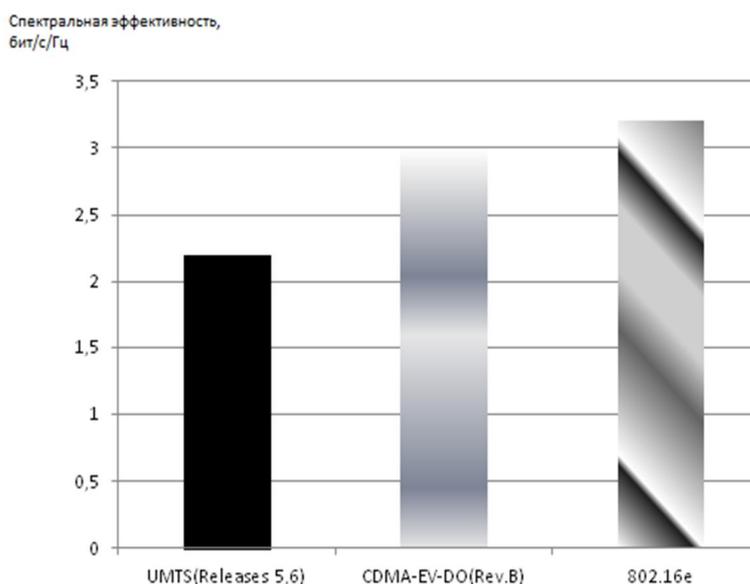


Рис. 3. Спектральная эффективность систем с шириной полосы канала 5 МГц

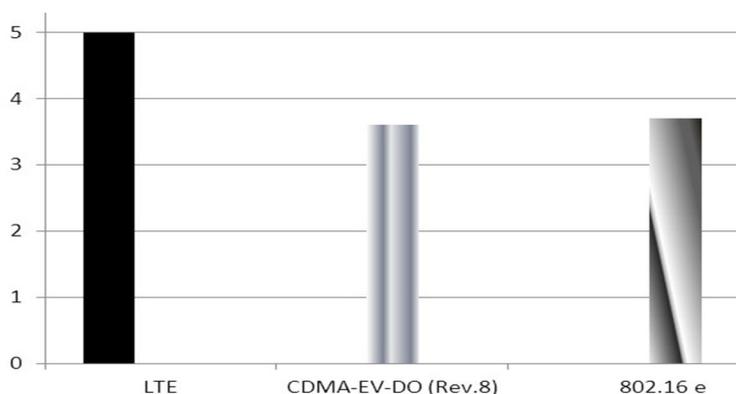


Рис.4. Спектральная эффективность систем с шириной полосы канала 20 МГц

Согласно данным Всемирного мобильного конгресса 2015 года [12] в мире работают 364 коммерческие сети LTE в диапазонах 700 и 800 МГц, 1800 МГц; 2,3 и 3,5 ГГц и к настоящему времени более 30% абонентов LTE на территории США и почти столько же – Китай (Табл. 1, Рис. 5).

Число абонентов в сетях крупнейших операторов LTE

Табл.1.

Позиция	Оператор	Страна	Количество LTE-соединений, млн.
1	China Mobile	Китай	100,0
2	Verizon Wireless	США	67,4
3	AT&T Mobility	США	40,0
4	NTT DoCoMo	Япония	15,9
5	SK Telecom	Южная Корея	16,7
6	Au (KDDI)	Япония	16,2
7	«Большая тройка»	Россия	7,0

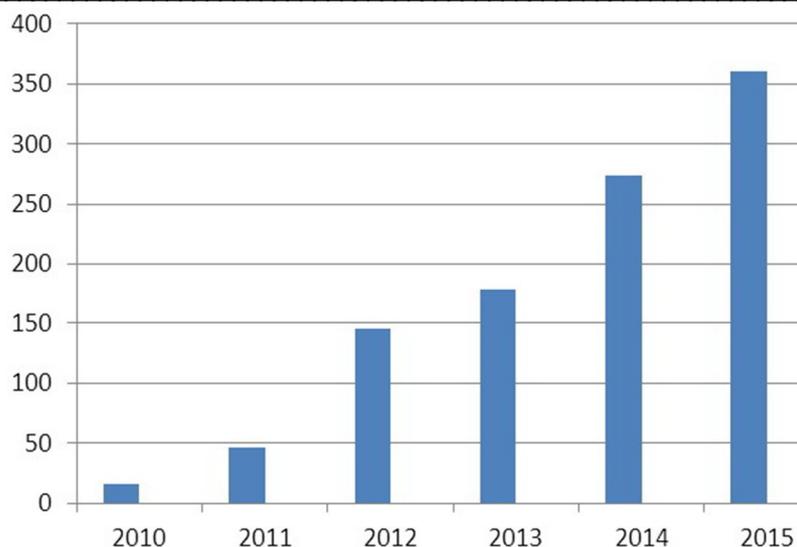


Рис. 5. Динамика роста мобильных сетей LTE

4. Мультисервисные мобильные сети 5-го поколения

В публикациях последнего времени все чаще стали появляются упоминания о системах 5-го поколения. Главным событием в этом плане стала 9-я Всемирная конференция LTE 2013 года [13]. В фокусе этого мероприятия была дискуссия о будущем облике системы 5-го поколения, в ходе которой обсуждались основные требования к сетям, направленные на достижение следующих показателей:

- увеличение в разы максимальной скорости передачи данных;
- обеспечение доступа в сеть Интернет в любой точке на скоростях 1 Гбит/с;
- переход на облачную инфраструктуру;
- обеспечение гарантированного качества для любых видов услуг.

Исходными данными для выработки требований был анализ трафика в современных сетях 4-го поколения и динамики роста M2M-соединений. С учётом растущей массовости (Massive M2M) услуги M2M тоже будут превалировать над базовыми голосовыми услугами в сетях 4G и 5G. Прогнозы показывают, что ежегодные доходы от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг достигнут своего пика в 2017 году – 28 млрд. Евро.

Сейчас объем трафика видеослуж составляет, по оценкам операторов, от 66 до 75% общего объема трафика в сетях 4G, включая 33% на услуги YouTube и 34% - чистое видео, а также видеонаблюдение (Video Surveillance) в сетях M2M. Кроме того, до 2020 г. количество M2M-подключений в сетях мобильных операторов будет расти с показателем CAGR = 45 % и достигнет 2,1 млрд. соединений (Рис. 6).

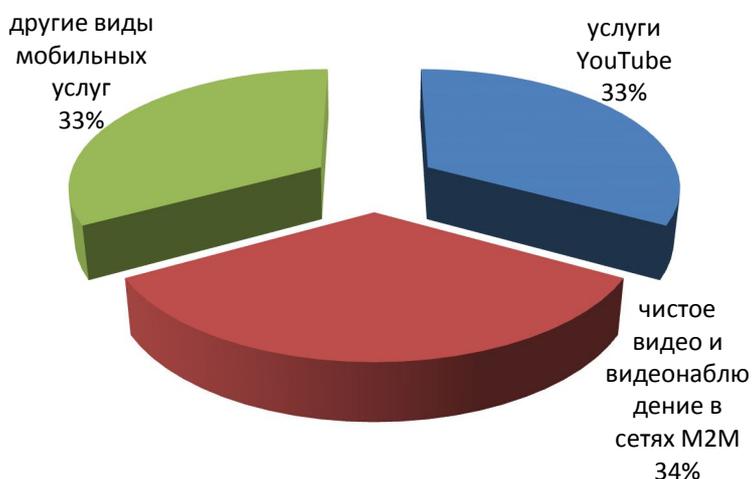


Рис. 6. Распределение общего трафика в сетях 4-го поколения

Повышение спектральной эффективности в сетях 5G в 2-3 раза по сравнению с сетями 4G может быть достигнуто за счет применения неортогональных методов доступа и неортогональных сигналов (Рис. 7).

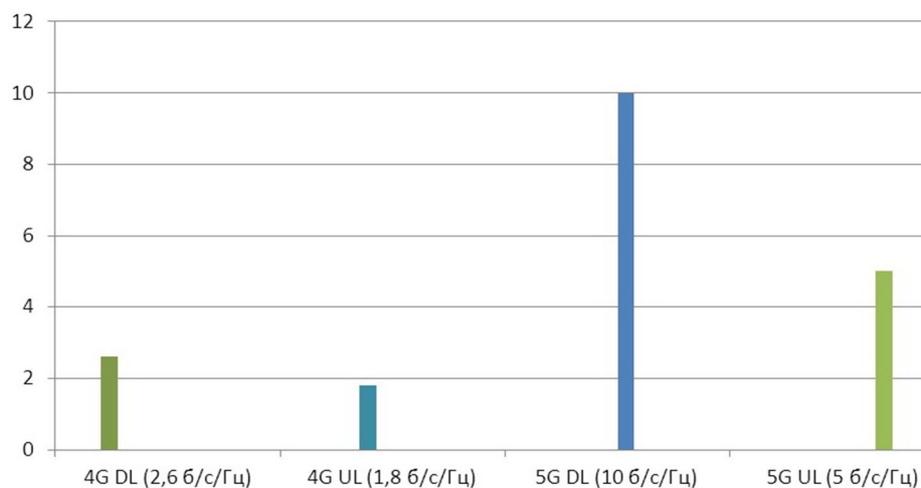


Рис. 7. Спектральная эффективность сетей 4-го и 5-го поколений

В конце сентября 2015 года Европейский союз объявил о достижении важного соглашения с Китаем, которое позволит ускорить разработку и стандартизацию технологий для мобильных сетей пятого поколения. Стороны намерены осуществлять совместные исследования и разработки, а также способствовать скорейшему принятию глобальных стандартов в области 5G-связи. Аналогичные соглашения Европейский союз уже заключил с Японией и Южной Кореей. Еврокомиссия в рамках инициативы Horizon 2020 выделит €700 млн. на исследования в области мобильной связи пятого поколения. По результатам заседания группы высокого уровня Китая также решила вложить €315 млрд инвестиций в Европу. Предполагается, что первые коммерческие сети 5G будут введены в эксплуатацию в 2020 году. Для них уже определена максимальная скорость передачи данных – 20 Гбит/с. Такие системы приведут к появлению видеослужб нового поколения, а также инновационных приложений, работающих в реальном времени.

5. Выводы.

Облачно-ориентированные платформы сетей радиодоступа 4-го и 5-го поколений на основе программно-ориентированных устройств SDR и базовых программно-ориентированных сетей на основе SDN, сделают возможным перенос вычислительных мощностей абонентских устройств в облачные технологии и использовании интеллектуальных абонентских устройств. В области технологий управления машинами наиболее интенсивно инновации внедряются в сферу Интернет вещей и услуг M2M. Одним из направлений развития сетей 5-го поколения станут алгоритмы классификации трафика, что обеспечит поддержку вызовов рынка по динамике изменения спроса на услуги и потребности абонентов.

Несмотря на большое количество различных решений для сетей мобильной связи 4-го и 5-го поколений, нерешенными до сих пор остаются задачи эффективной передачи сигналов в радиоканалах при наличии большого количества интерферирующих сигналов в гетерогенных сетях, конвергенции различных технологий радиодоступа для эффективного предоставления сервисов в гетерогенных сетях, а также задачи моделирования сложных многоуровневых сотовых структур для оптимизации планирования и балансировки нагрузки, с учетом интерференции в гетерогенных сетях.

Литература

1. Информационные материалы электронного издания CellularNews [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.cellular-news.com>.
2. Информационные материалы электронного издания Fiercewireless [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.Fiercewireless.com>.
3. Информационные материалы электронного издания Telecommunications Online [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.TelecommunicationsOnline.com>.
4. Информационные материалы электронного издания Unstrung [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.unstrung.com>.
5. Тихвинский В. О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев. – Москва : Эко-Трендз, 2007. – 400 с.
6. Тихвинский В. О. Подвижная связь третьего поколения: экономика и качество услуг / В. О. Тихвинский, Е. Е. Володина. – Москва : Радио и связь, 2005. – 240 с.
7. Слободянюк П. В. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу : навчальний посібник / П. В. Слободянюк, В. Г. Сайко, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний. – Київ : ДУІКТ, 2012. – 596 с.
8. Сайко В. Г. Системи бездротового цифрового радіозв'язку нового покоління : монографія / В. Г. Сайко. – Київ : ПП «Золоті ворота», 2011. – 300 с.
9. Гольдштейн Б. С. Сети связи пост-NGN / Б. С. Гольдштейн, А. Е. Кучерявый. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. – 160 с.
10. Скрынников В. Г. Радиосистемы UMTS/LTE. Теория и практика / В. Г. Скрынников. – Москва : Издательство «Спорт и Культура – 2000», 2012. – 864 с.
11. Сайко В. Г. Рекурентний спосіб визначення глибини завмирань сигналів в інтерактивній гетерогенній мережі мобільного зв'язку / В. Г. Сайко // Зв'язок. – 2013. – № 3. – С. 54-56.
12. Тихвинский В. О. MWC-15: Поиск границ мобильных инноваций / В. О. Тихвинский // Электросвязь. – 2015. – № 4. – С. 32-34.
13. Тихвинский В. О. LTE World Summit-2013: На пути к 5G / В. О. Тихвинский, В. Я. Архипкин // Электросвязь. – 2013. – № 7. – С. 34-36.

Автори статті

Сайко Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел. +380 (44) 249 25 04. E-mail: vgsaiko@gmail.com.

Плющ Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел. +380(44)249-25-04. E-mail: opliusch@yahoo.com.

Бреславский Вячеслав Александрович, аспирант кафедры радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел. +380(99)9352392. E-mail: port@ukr.net.

Лысенко Дмитрий Александрович, соискатель кафедры радиотехнологий, Государственный университет телекоммуникаций, г. Киев. Тел. +380(67)9590238. E-mail: port@ukr.net.

Дата надходження в редакцію: 22.10.2015 р.

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