

- для мережі з додатковими маршрутами передавання трафіку знайдено одне й те саме $\tau \approx 0,198$ с затримки пакетів для різних маршрутів доставляння трафіку між заданими парами вузлів;
- для мережі, в якій немає додаткових маршрутів передавання трафіку, значення часу затримки пакетів $\tau \approx 0,299$ с.

3. Згідно з вузловим тензорним методом при розв'язанні задачі маршрутизації для мережі з додатковими маршрутами передавання трафіку та різною завантаженістю знайдено однакові значення часу затримки пакетів як для основного, так і для додаткового маршруту.

Література

1. **Воробієнко, П. П.** Телекомунікаційні та інформаційні мережі: [підруч. для вищ. навч. закл.] / П. П. Воробієнко, Л. А. Нікітюк, П. В. Резніченко.— К: САММІТ-КНИГА, 2010.— 640 с.
2. **Захватов, М.** Построение виртуальных частных сетей (VPN) на базе технологии MPLS / М. Захватов.— Cisco Systems, 2007.— С. 4–18.
3. **Евсеева, О. Ю.** Обзор технологических и теоретических решений в области маршрутизации на основе качества обслуживания [Електронний ресурс] / О. Ю. Евсеева, С. В. Гаркуша // Проблеми телекомунікацій.— 2012.— № 3 (8).— С. 24–46.— Режим доступу: http://pt.journal.kh.ua/2012/3/1/123_evseeva_review.pdf.
4. **Лемешко, А. В.** Результаты исследования тензорной модели многопутевой маршрутизации с обеспечением качества обслуживания в телекоммуникационных сетях / А. В. Лемешко, О. Ю. Евсеева, С. В. Гаркуша // Вест. Южно-Уральск. гос. ун-та.— Т. 13, № 4.— 2013.— С. 38–54.— (Сер. «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»).
5. **Стрелковская, И. В.** Решение задач управления трафиком в сетях MPLS-TE с использованием тензорных моделей / И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская, Г. Г. Смаглюк // Цифрові технології: зб. наук. праць.— 2010.— Вип. 8.— С. 57–65.
6. **Стрелковская, И. В.** Использование тензорного метода при расчете ТКС, представленной узловой сетью [Електронний ресурс] / И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская // Проблеми телекомунікацій.— 2010.— № 1 (1).— С. 68–75.— Режим доступу: http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_strelkovskaya_tensor.pdf
7. **Дискретна математика:** [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / [И. В. Стрелковська, А. Г. Буслаєв, О. М. Харсун та ін.].— Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2010.— 196 с.
8. **Зыков, А. А.** Основы теории графов / А. А. Зыков.— М.: Наука, 1987.— 384 с.
9. **Стрелковська, І. В.** Рішення задач маршрутизації для різних структур мереж за допомогою вузлового тензорного методу / І. В. Стрелковська, В. В. Андріяш: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених «Інфокомунікації — сучасність та майбутнє», (Одеса, 17–18 жовтня 2013 р.). Ч. I: зб. тез.— Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2013.— С. 161–165.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **Л. Н. Беркман**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

И. В. Стрелковская, И. Н. Соловская

МАРШРУТИЗАЦИЯ В СЕТИ MPLS-TE С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ ПЕРЕДАЧИ ТРАФИКА

Предложено применение узлового тензорного метода для решения задачи маршрутизации в сети MPLS-TE с использованием дополнительных направлений передачи трафика. Осуществлен выбор дополнительного направления маршрутизации трафика по критерию минимального времени доставки пакетов, обеспечивающий сбалансированную загрузку и отказоустойчивость сети.

Ключевые слова: узловой тензорный метод; многопутевая маршрутизация трафика; дополнительное направление маршрутизации; время задержки пакетов.

I. V. Strelkovska, I. M. Solovska

THE ROUTING IN MPLS-TE NETWORK WITH ADDITIONAL TRAFFIC DIRECTIONS

In this paper to use the node tensor method in order to solve the problem of routing in MPLS-TE network with additional traffic directions use. The choice of the additional transmission rout accordingly the minimum of packets delay time criterion keeping networks loading balance and noise protection is made.

Keywords: node tensor method; multipathes traffic routing; additional rout; packets delay.

УДК 621.396.662.072.078

В. Г. САЙКО, доктор техн. наук, професор;

А. Г. ПЛЮЩ, канд. техн. наук;

В. А. БРЕСЛАВСКИЙ, аспирант;

Д. А. ЛИСЕНКО, соискатель,

Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Анализ состояния и перспектив развития рынка услуг широкополосных систем беспроводного доступа

Приведены результаты анализа состояния и тенденций развития рынка инновационных услуг широкополосных систем беспроводной связи нового поколения, а также особенностей развития рынка мобильных услуг на основе технологии M2M.

Важной особенностью развития современных широкополосных беспроводных сетей является разнообразие используемых технологий радиодоступа и увеличение числа мультистандартных абонентских устройств, позволяющих интегрировать различные технологии в единую сеть, формируя таким образом гетерогенную (неоднородную) беспроводную сеть [4–6].

Указанная сеть будет состоять из сегментов всевозможных технологий радиодоступа, зоны покрытия которых накладываются одна на другую (рис. 1). Это позволит не только увеличить пропускную способность сети и расширить зону ее покрытия, но и предоставлять пользователям услуги по более низкой цене и с наилучшим качеством. Каждая гетерогенная сеть будет состоять из конвергентной опорной сети и нескольких сетей беспроводного доступа для предоставления услуг на IP основе (в том числе голоса, видео, мультимедиа и данных) и обеспечения роуминга между различными сетями операторов.

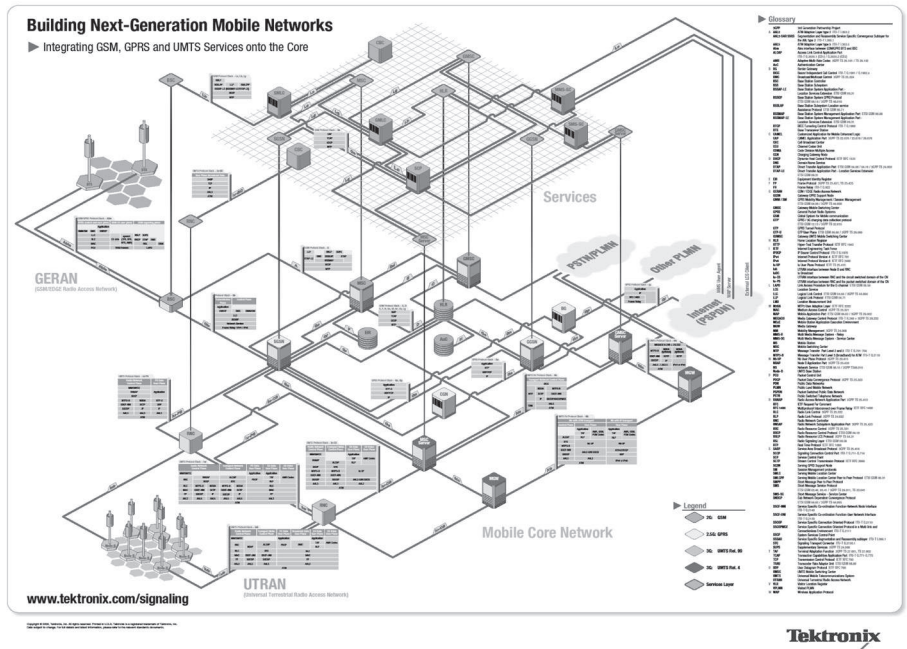


Рис. 1. Современная гетерогенная широкополосная беспроводная сеть

Для повышения эффективности работы гетерогенных сетей чрезвычайно важны механизмы динамического перераспределения ресурсов — между различными частотными диапазонами, технологиями и территориальными зонами. Например, нагрузка изменяется, как известно, в зависимости от времени суток и зоны обслуживания. Соответственно ресурсы желательно перераспределять между контроллерами, обслуживающими разные зоны. Подобная «эластичность» также будет чрезвычайно полезна по мере того, как нагрузка на сети предыдущих поколений, например 2G, станет снижаться, тогда как новые системы (LTE) будут задействованы все больше и больше. Такую задачу помогут также решать мобильные ad-hoc сети (сенсорные сети, mesh-сети, сети MANET).

Сегодня значительное ускорение темпов роста мирового рынка телекоммуникационных услуг происходит в первую очередь за счет повышения спроса на услуги сотовой связи и стремительного развития интернета.

Причинами небывалых темпов возрастания рынка услуг сотовой связи являются не столько общее увеличение численности населения в мире и рост его доходов, сколько серьезные социально-экономические изменения общества. При этом мобильная связь дает мощный импульс всей мировой экономики.

Общая характеристика развития рынка услуг широкополосных систем беспроводного доступа

Главной стратегией современных операторов сотовой связи является увеличение темпов роста дохода за счет предоставления услуг с добавленной стоимостью, что, в свою очередь, требует увеличения пропускной способности канала связи.

Уже сегодня мобильный доступ, используемый в основном как дополнение к фиксированному доступу к глобальной сети, находит все больший спрос, а снижение цен на мобильный интернет делает использование мобильного доступа все более привлекательным для пользователя. Процесс полностью аналогичен тому, в результате которого мобильная связь дополнила стационарную и со временем заняла свою рыночную нишу [1–6].

Наиболее стремительно развивается ныне мобильный интернет, и доля доходов от предоставления таких услуг в структуре ИТ-рынка неуклонно растет (рис. 2).

Операторы мобильной связи по всему миру фиксируют резкий рост объемов передаваемых данных, который во многом обусловлен набирающей

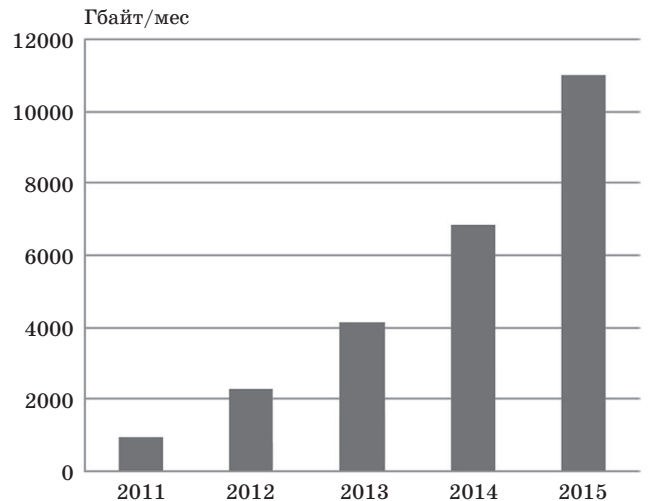


Рис. 2. Рост трафика данных в сетях мобильной связи

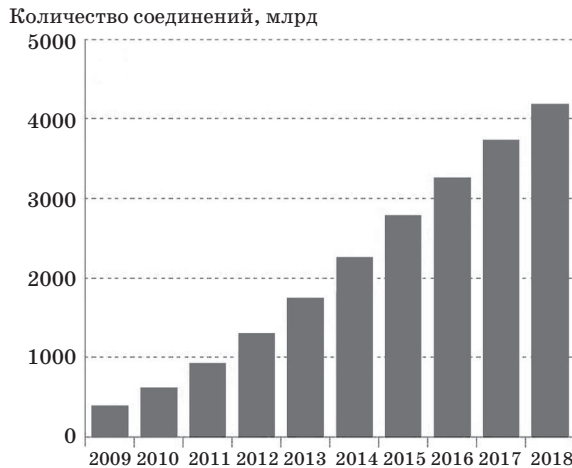


Рис. 3. Динаміка підключення через смартфони, ПК, мобільні роутери та планшети (2009–2018 роки)



Рис. 4. Динаміка підключення до мереж фіксованого (крива 1) і мобільного (крива 2) широкополосного доступу (2009–2018 роки)

Темпи продаж настільних і портативних комп'ютерів в порівнянні з темпами продаж смартфонів і планшетів ілюструє рис. 5.

Отже, що в силу розвитку великих сенсорних екранів і новітніх технологій побудови мобільних сайтів оператори фіксованого широкополосного доступу втратили одне з своїх переваг — забезпечення зручної і швидкої роботи Web-додатків на настільних комп'ютерах. Крім того, мобільний інтернет став володарем найважливіших мобільних додатків — спеціальних програмних продуктів для планшетів і інших інтелектуальних пристроїв, які дали можливість з великими зручностями отримувати доступ до інформації, ніж це дозволяють Web-додатки.

Впровадження широкополосних мереж безпроводного доступу виступає в той же час фактором економічного розвитку країни:

- збільшується кількість користувачів на одну тисячу населення, що сприяє створенню багатьох нових робочих місць;
- з приростом на 10% проникнення широкополосних мереж безпроводного доступу ВВП країни зростає на 1%;
- з удвоєнням швидкості передачі даних в широкополосних мережах безпроводного доступу ВВП збільшується на 0,3%;
- з приростом на 1% проникнення широкополосних мереж безпроводного доступу кількість реєстрацій нового бізнесу збільшується на 3,5%.

Вклад мобільної зв'язки в світову економіку досяг 3,6% загального світового ВВП; вкладення в галузь в 2014 році склали 336 млрд дол. При цьому було створено 10,5 млн робочих місць.

Згідно оцінці американських економістів, надання додаткових частот для розвитку мобільних систем зв'язки в США дозволить створити 150 тис. робочих місць і до 2021 року за рахунок додаткових податків принесе в казну 4,5 млрд дол.

При цьому доходи від мобільної реклами в 2015 році досягнуть в США 24 млрд дол.

обороту популярністю смартфонів і планшетних комп'ютерів, забезпечують зручний доступ до всіх нових додатків і сервісів (рис. 3).

Трафік даних в мобільних мережах за п'ять років (2010–2015) зріс в 30 разів. У багатьох країнах світу кількість абонентів мобільного доступу вже перевищило кількість абонентів фіксованого доступу. Динаміка розвитку мобільного і фіксованого широкополосного доступу представлена на рис. 4.

Відзначена тенденція обумовлена, в першу чергу, зростанням мобілізації абонентів за рахунок розвитку ринку смартфонів, планшетів, а в другу чергу, зміною підходу постачальників інтернет-сервісів до розробки онлайн-додатків для абонентів.

Мірові темпи продаж, млн шт.

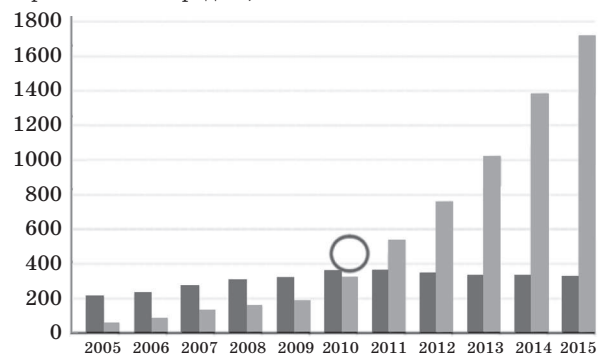


Рис. 5. Темпи продаж настільних і портативних комп'ютерів в порівнянні з продажами смартфонів і планшетів в період 2005–2015 років (кружочком позначено момент, з якого продажі смартфонів і планшетів перевищили продажі настільних комп'ютерів і ноутбуків)

Состояние мирового рынка мобильных телекоммуникаций

1. Общее число абонентов мобильной связи на начало 2015 года оценивалось в 3,9 млрд человек, создающих 6,9 млрд соединений. Количество широкополосных мобильных соединений — 2,4 млрд.

2. К 2020 году, 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.

3. Общий объем видеотрафика, который будет передан по сетям 3G/4G за пять лет (2015–2020 гг.) достигнет 440 экзабайт.

Особенности развития рынка мобильных услуг на базе технологии M2M

Исследовательская компания MachinaResearch опубликовала прогноз развития рынка услуг M2M, согласно которому в мире в 2020 г. в сегменте коммунальных услуг число устройств, подключенных по технологии M2M, увеличится до 1,5 млрд штук, а доходы составят **24 млрд евро**.

Поэтому, по мнению аналитиков данной компании, операторы сетей подвижной связи должны направлять все свои усилия на установление прямых отношений с коммунальными компаниями, выступая в роли системных интеграторов или сторонних поставщиков услуг, предлагая им различные услуги, например контроль над устройствами и их обслуживание, а не только услуги по пропуску трафика. Это позволит операторам сетей подвижной связи предоставлять коммунальным компаниям услуги из конца в конец.

Согласно прогнозам аналитиков компании, в 2020 году доходы от услуг по пропуску трафика составят всего 5% общих доходов от коммунальных услуг, или **1,2 млрд евро**. На настоящий момент времени в мире в сегменте коммунальных услуг насчитывается **100 млн устройств**, подключенных по технологии M2M, которые приносят доход в размере 4 млрд евро, из которых, в свою очередь, 1%, или 50 млн евро, приходится на услуги по пропуску трафика, генерируемого в сетях подвижной связи.

Прогнозы, сделанные компанией MachinaResearch, показывают, что ежегодные доходы от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг достигнут своего пика в 2017 году — **28 млрд евро**. Затем будет наблюдаться тенденция снижения доходов. Динамика доходов от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг представлена на рис. 6.

Ежегодные доходы, млрд евро

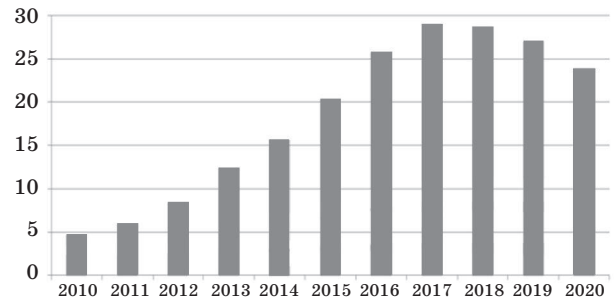


Рис. 6. Динамика доходов от оказания услуг M2M в сегменте коммунальных услуг в течение 2010–2020 годов

Литература

1. Тихвинский, В. О. Управление и качество услуг в сетях GPRS/UMTS / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев. — М.: Эко-Трендз, 2007. — 400 с.
2. Тихвинский, В. О. Подвижная связь третьего поколения: экономика и качество услуг / В. О. Тихвинский, Е. Е. Володина. — М.: Радио и связь, 2005.
3. Теорія і практика управління використанням радіочастотного ресурсу: навч. посібник / [П. В. Слободянюк, В. Г. Сайко, Т. М. Наритник, В. Г. Благодарний]. — К.: ДУІКТ, 2012. — 596 с.
4. Сайко, В. Г. Спосіб адаптивного вибору режимів роботи засобів радіозв'язку нового покоління / В. Г. Сайко // Наук. записки УНДІЗ. — 2012. — № 2(22). — С. 16–20.
5. Николаев, В. Системы широкополосного радиодоступа 4-го поколения: выбор сигнально-кодовых конструкций / В. Николаев, А. Гармонов, Ю. Лебедев // Первая миля. — 2010. — № 5–6. — С. 56–59.
6. Сайко, В. Г. Системы бездротового цифрового радіозв'язку нового покоління: монографія / В. Г. Сайко. — К.: ПП «Золоті ворота», 2011. — 300 с.

Рецензент: доктор техн. наук, профессор **Б. Ю. Жураковский**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

В. Г. Сайко, О. Г. Плющ, В. А. Бреславський, Д. О. Лисенко

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ РИНКУ ПОСЛУГ ШИРОКОСМУГОВИХ СИСТЕМ БЕЗПРОВОДОВОГО ДОСТУПУ

Наведено результати аналізу стану й тенденцій розвитку ринку інноваційних послуг широкосмугових систем безпроводового зв'язку нового покоління, а також особливостей розвитку ринку мобільних послуг на основі технології M2M.

V Sayko, O. Pliusch, V. Breslavskyy, D. Lysenko

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF THE MARKET OF BROADBAND WIRELESS ACCESS SERVICES

The results of analysis of the current state and development trends of the market of innovative new generation broadband services of wireless access and the impact of technical factors are elucidated. Peculiarities of the market of mobile services based on M2M technology are presented.