

УДК 621.391.3

**Торошанко Я. І.**, канд. техн. наук, с. н. с. (Тел.: +380 44 249 29 13. E-mail: toroshanko@ukr.net)

**Грушевська В. П.**, викладач (Тел.: +380 44 249 25 92. E-mail: vp.grushevskaya@yandex.ua)

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

**Шматко В. С.**, інженер (Тел.: +380 63 304 06 30. E-mail: kkz@ukr.net)

**Височіненко М. С.**, магістр (Тел.: +380 67 139 45 11. E-mail: vysochinenko\_m@ukr.net)

(Державний заклад «Київський коледж зв'язку»)

## КЛЮЧОВІ ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗПРОВОДОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ТА МЕТОДИ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

**Торошанко Я. І., Грушевська В. П., Шматко В. С., Височіненко М. С. Ключові параметри ефективності безпроводових телекомунікаційних мереж та методи їх ідентифікації.** Проведено аналіз методів отримання поточної інформації про характеристики мережного і термінального обладнання каналів передачі. Розглянуто новий напрям аналізу, орієнтований на ідентифікацію каналів передачі та ключових параметрів ефективності безпроводових телекомунікаційних мереж. Наведені огляд і систематизація методів вимірювання і контролю характеристик каналів дозволяють виявити основні напрями досліджень в цій області. Найбільш перспективними є повністю суміщені методи вимірювання і контролю характеристик каналів передачі. Ці методи базуються на поєднанні вимірювального і інформаційного сигналів в каналі як за часом, так і за спектром.

**Ключові слова:** телекомунікаційна мережа, ключові параметри ефективності, ідентифікація, вимірювання, контроль, канал зв'язку

**Торошанко Я. И., Грушевская В. П., Шматко В. С., Высочиненко М. С., Ключевые параметры эффективности беспроводных телекоммуникационных сетей и методы их идентификации.** Проведен анализ методов получения текущей информации о характеристиках сетевого и терминального оборудования каналов передачи. Рассмотрено новое направление анализа, ориентированное на идентификацию каналов передачи и ключевых параметров эффективности беспроводных телекоммуникационных сетей. Приведены обзор и систематизация методов измерения и контроля характеристик каналов позволяют определить основные направления исследований в этой области. Наиболее перспективными являются полностью совмещенные методы измерения и контроля характеристик каналов передачи. Эти методы базируются на сочетании измерительного и информационного сигналов в канале как по времени, так и по спектру.

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, ключевые параметры эффективности, идентификация, измерение, контроль, канал связи

**Toroshanko Ya. I., Hrushevs'ka V. P., Shmatko V. S., Vysochinenko M. S., Wireless telecommunication networks key performance indicators and methods of their identification.** The methods of receipt of current information about descriptions of transmission network and terminal equipment are analysed. New direction of analysis, oriented to authentication of transmission channel and efficiency key performance indicators of wireless telecommunication network, is considered. A review and systematization of measuring and control methods of channels descriptions allow to find out basic research directions in this area. The most perspective methods of measuring and control of transmission channels descriptions are fully combined. These methods are based on combination of measuring and informative signals in a channel both at times and on a spectrum.

**Keywords:** telecommunication network, key performance indicators, authentication, measuring, control, transmission channel

**Постановка задачі.** Отримання інформації про різні характеристики фізичних каналів передачі телекомунікаційних мереж практично необхідне для поточного контролю якості систем передачі. В [1, 2] визначені загальні задачі моніторингу та аналізу параметрів систем передачі інформації, окреслені шляхи оптимізації сучасних телекомунікаційних мереж.

Вирішальний вплив на якість передачі інформації по каналах передачі мають такі характеристики мереж, як затримка, число втрачених пакетів, продуктивність мережі і пов'язані з ними передавальна, пропускна спроможність та інтегральна характеристика якості сервісу. На практиці найбільший інтерес представляють затримка доставки та число втрачених пакетів як ключові чинники впливу на якість сервісу.

Окремою задачею для отримання і обробки інформації про сигнали та завади у каналах обміну є розробка методів ідентифікації параметрів каналів передачі. Розробка таких методів базується на використанні положень теорії інформації та статистичної теорії ідентифікації.

**Захист даних в безпроводових мережах.** Окреме і дуже важливе місце у переліку ключових параметрів ефективності безпроводових мереж займають безпека передачі та захист даних. У зв'язку з принциповою відкритістю каналів зв'язку безпроводових мереж підтримання цих параметрів на належному рівні є нагальною проблемою.

Розглянемо проблеми безпеки безпроводових мереж на прикладі сегменту *SOHO* (від англ. *Small office/home office* – “малий офіс/домашній офіс”). *SOHO* відноситься до категорії бізнесу, який включає від 1 до 10 працюючих. Концепція віддаленої роботи з'явилася на початку 70-х років ХХ століття. Починаючи з середини 1990-х років, сукупність таких чинників, як персональні комп'ютери, цифрові технології передачі даних, прихід провайдерів з обладнанням останньої милі, а також цифровий голосовий зв'язок, створили можливість для ефективної колективної роботи без обов'язкової присутності всіх працівників в одній будівлі офісу. Децентралізація зменшує накладні витрати і потенційно забезпечує вищу продуктивність, особливе у великих містах, де непродуктивний час на переміщення від будинку до робочого місця і назад досягає іноді 2-3 годин в день.

Потреба в передачі великих об'ємів різномірних даних примусила компанії принципово змінити схеми побудови мереж – особливо в сегменті *SOHO*, де чисельність співробітників, а відповідно мережних користувачів, складає декілька десятків (до 100) осіб. Для захисту таких мереж зазвичай використовуються наступні технології.

*WPA* і *WPA 2 (WLAN IEEE 802.11x Protected Access)* – є оновленими програмами сертифікації пристроїв безпроводового зв'язку. Технологія *WPA* прийшла на заміну технології захисту безпроводових мереж *WEP*. Плюсами *WPA* є посилена безпека даних і посилений контроль доступу до безпроводових мереж. Важливою характеристикою є сумісність між безліччю безпроводових пристроїв як на апаратному рівні, так і на програмному.

На даний момент *WPA* і *WPA 2* розробляються і просуваються організацією *Wi-Fi Alliance*. *WPA* має спрощений режим, який одержав назву *Pre-Shared Key (WPA -PSK)*. При застосуванні режиму *PSK* необхідно ввести один пароль для кожного окремого вузла безпроводової мережі (безпроводові маршрутизатори, точки доступу, мости, клієнтські адаптери). Якщо паролі співпадають із записами в базі, користувач отримає дозвіл на доступ в мережу.

*Wired Equivalent Privacy (WEP)* – алгоритм для забезпечення безпеки мереж *WLAN IEEE 802.11x*. Використовується для забезпечення конфіденційності і захисту даних, що передаються авторизованими користувачами від прослуховування у безпроводовій мережі. Існує два різновиди *WEP*: *WEP-40* і *WEP-104*, що розрізняються тільки довжиною ключа. В даний час технологія *WEP* є застарілою, оскільки її зламування може бути здійснено всього

за декілька хвилин. Проте, вона продовжує широко використовуватися. Для забезпечення належного рівня безпеки в мережах *WLAN IEEE 802.11x* рекомендується використовувати *WPA*. *WEP* часто неправильно називають *Wireless Encryption Protocol*.

*RADIUS* (англ. *Remote Authentication in Dial-In User Service*) – протокол аутентифікації, авторизації і збору даних про використані ресурси, розроблений для передачі даних між центральною платформою та термінальним обладнанням.

**Контроль характеристик мережного обладнання.** У літературі знайшли відображення різні методи отримання поточної інформації про характеристики мережних і термінальних та вузлів каналів передачі. Традиційними є операції вимірювання і допускового контролю [3, 4]. Відносно новим є напрям, орієнтований на ідентифікацію каналів передачі [5, 6]. Всі три напрями мають спільність, що обумовлена загальною метою дій, які здійснюються над каналом – отримання інформації про його характеристики. Відмінності полягають в засобах, а також в можливій повноті досягнення цієї мети.

Слід зазначити, що відмінності між вимірюванням, контролем і ідентифікацією часто є умовними. Так ряд методів вимірювання може трактуватися також в сенсі контролю та ідентифікації [7]. Використовуване стосовно каналів передачі поняття ідентифікації декілька відрізняється від поширеного у області автоматичного управління [6] тим, що не потребує, у обов'язковому порядку, настройки моделі об'єкту в безпосередній формі за допомогою алгоритмів цілеспрямованого перебору коефіцієнтів моделі.

Для визначення стану справ в області оцінювання ключових параметрів ефективності безпроводових телекомунікаційних мереж проаналізуємо основні принципи їх побудови, мережні топології та структури.

На Рис. 1 показано архітектуру мережі, типову для більшості невеликих компаній, чий профіль діяльності не лежить в галузі телекомунікаційних або комп'ютерних інформаційних технологій. Точка доступу й безпроводові сегменти знаходяться в одній внутрішній мережі з проводовими сегментами. Для захисту може використовуватися *WPA* або *WPA2 (IEEE 802.11i)* у режимі *Pre Shared Key*, але, як правило, з міркувань простоти застосування використовується *WEP*. Це найбільш дешеве рішення, потребує мінімум налаштувань, однак воно є найменш безпечним.

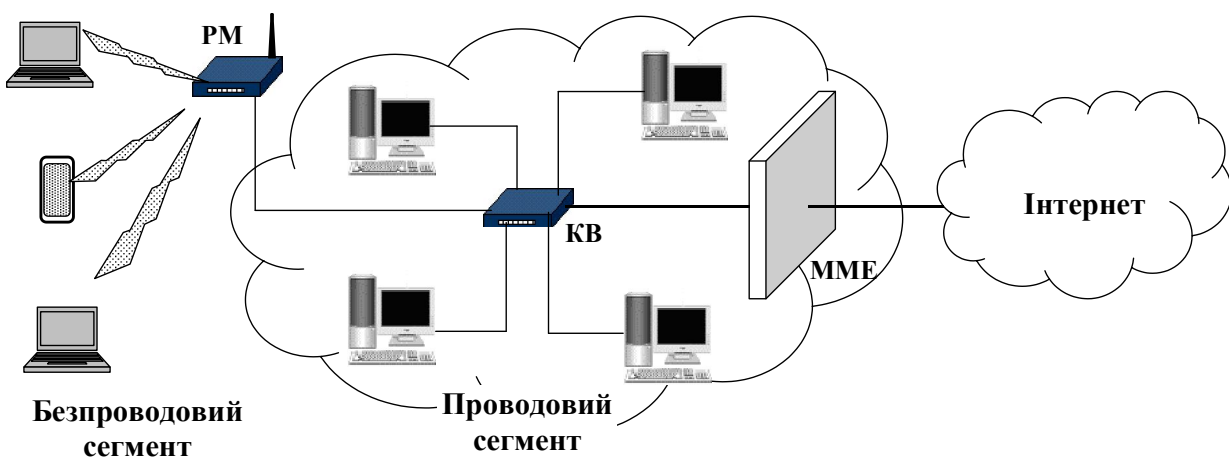


Рис. 1. Типова архітектура мережі з безпроводовим сегментом  
PM – радіомодем; KV – комутаційний вузол; MME – міжмережний екран (брандмауер)

На Рис. 2 показано архітектуру мережі з проводовим та безпроводовим сегментами, рознесеними в різні підмережі, та з фільтрацією транзитного трафіку. Реалізація такої архітектури потребує установки додаткового обладнання (шлюз або ММЕ). Захищеність мережі в цілому значно вище, однак захист безпроводового сегменту залишається на рівні мережі, схему якої зображено на Рис. 1.

На Рис. 3 зображено схему мережі з системою захисту безпроводового сегменту, яка реалізується на основі сервера аутентифікації (*RADIUS*). Рівень захисту безпроводового сегменту – максимальний. Представлена схема потребує встановлення й налаштування додаткового обладнання, що не завжди є тривіальною задачею.

В схемі, зображеній на Рис. 4, використовується віддалений сервер авторизації (власний або зовнішньої компанії). Управління та контроль доступу здійснюється через віртуальну приватну мережу (*VPN – Virtual Private Network*). Спосіб є зручним для сумісного використання єдиної бази даних різними безпроводовими мережами. Існує велика кількість компаній, які надають подібні послуги.

Рішення *WLAN IEEE802.11x* найчастіше зводяться до побудови з'єднань типу "точка-точка" або "центр-точки"; у кожній з цих схем існує безліч різновидів реалізацій.

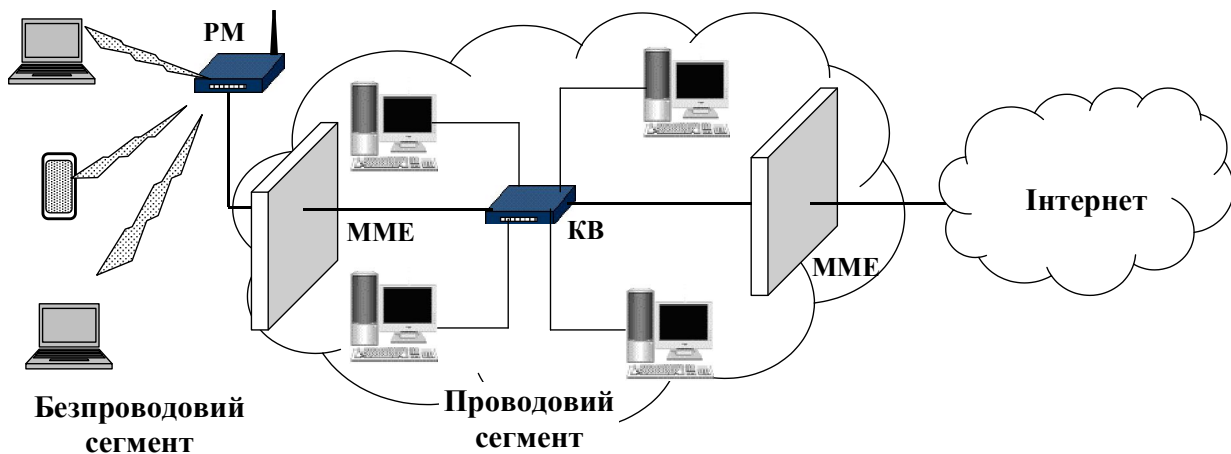


Рис. 2. Архітектура мережі з рознесеними проводовим та безпроводовим сегментами

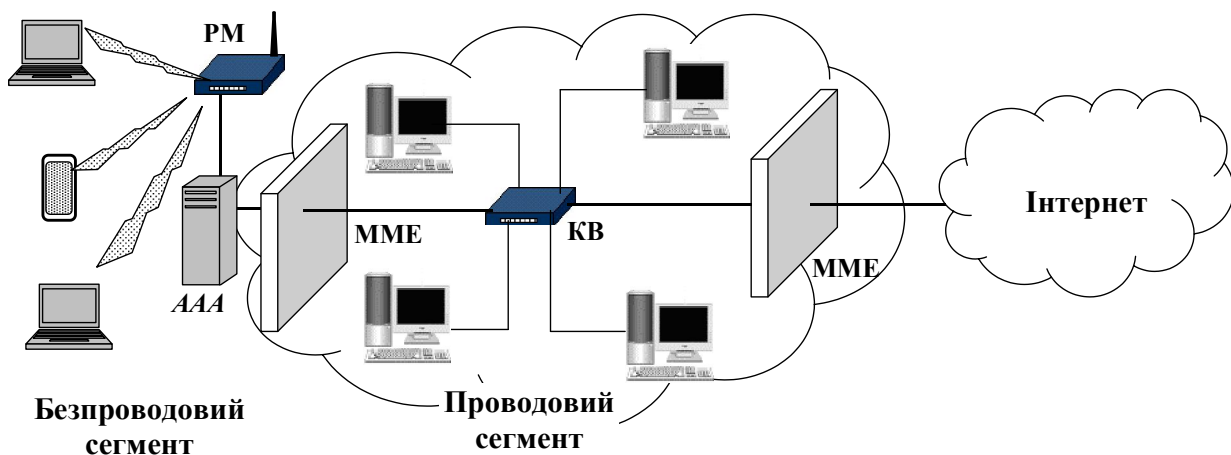


Рис. 3. Схема мережі з системою захисту безпроводового сегменту на основі сервера аутентифікації

AAA – Authentication, Authorization, Accounting – протокол опису процесу надання доступу і контролю за ним

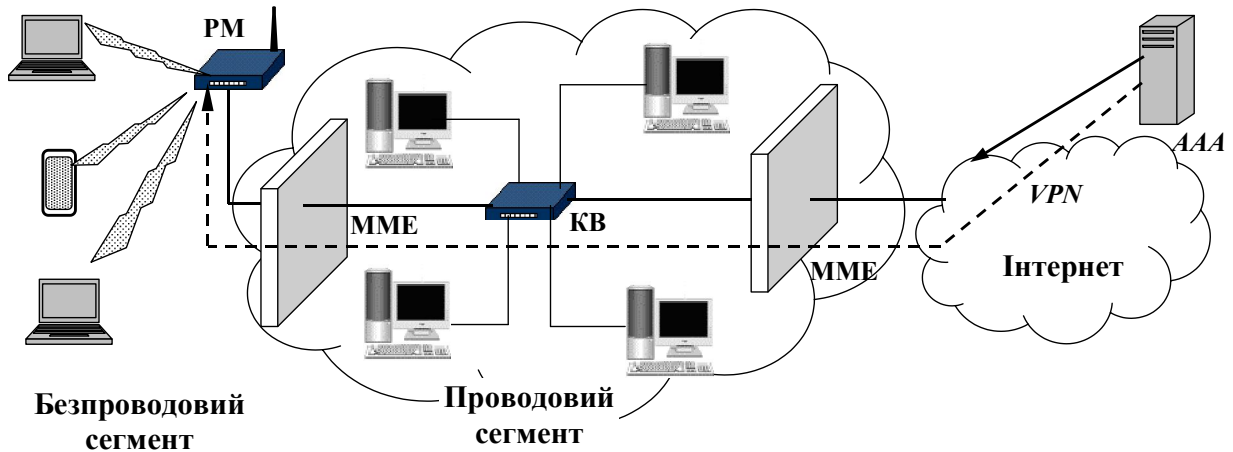


Рис. 4. Схема мережі з віддаленою системою захисту безпроводового сегменту

**Обговорення результатів. Задачі подальших досліджень.** Розглянута класифікація принципів побудови безпроводових мереж та складених мереж (проводових телекомунікаційних транспортних мереж з включенням безпроводових сегментів, що грають роль мереж доступу). Слід зазначити, що в більшості робіт, орієнтованих на оцінювання ключових параметрів ефективності мереж, передбачається низький рівень вимірювального сигналу, порівняний з природним рівнем шуму каналу в точці підключення. Проте, у ряді робіт пропонується використовувати сигнали вищого рівня. Але, при цьому, виводити їх з каналу на приймальній стороні шляхом компенсації або за допомогою режекторних фільтрів [8, 9]. Погрішності визначення характеристик каналів передачі, завантажених інформаційними сигналами, розглядаються в обмеженому числі робіт [10...12].

Питання завадостійкості робочих і вимірювальних сигналів, додаткового завантаження каналу вимірювальним сигналом розглядалися в [13]. Визначення системної функції за спостереженнями вхідного і вихідного сигналів або тільки вихідного при певних апріорних відомостях про вхідний сигнал є одним з напрямів теорії ідентифікації [7, 14...16].

Методи теорії ідентифікації використовуються для визначення моделей різноманітних систем управління [7], для визначення характеристик каналів передачі [17...19]. Наведені огляд і систематизація методів вимірювання і контролю характеристик каналів дозволяють виявити основні напрями досліджень в цій області. Найперспективнішими слід рахувати повністю суміщені методи вимірювання і контролю характеристик каналів передачі, тобто методи, які припускають поєднання вимірювального і інформаційного сигналів в каналі, як за часом, так і по спектру.

Проте, багато питань теорії і практики аналізу і контролю ключових характеристик мережного обладнання та каналів передачі залишаються відкритими, або недостатньо вивченими.

## Література

1. Виноградов Н. А. Исследование характеристик полезной пропускной способности в условиях меняющейся нагрузки // Н. А. Виноградов, Н. Н. Лесная, А. С. Савченко, Е. В. Колесник // Проблемы информатизації та управління. – 2009. – Вип. 4. – С. 28-31.

2. Горошанко Я. І. Задачі моніторингу та аналізу параметрів телекомунікаційних мереж / Я. І. Горошанко., А. О. Булаковська, М. С. Височіненко, В. С. Шматко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №3. – С. 62-69.
3. Kreher R. UMTS Performance Measurement: A Practical Guide to KPIs for the UTRAN Environment. – John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, 2006. – 227 PP.
4. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – [4-е изд.]. – Санкт-Петербург : Питер, 2010. – 944 с.
5. Бестугин А. Р. Контроль и диагностирование телекоммуникационных сетей / А. Р. Бестугин, А. Ф. Богданова, Г. В. Стогов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2003. – 174 с.
6. Захаров, Г. П. Проектирование и техническая эксплуатация сетей передачи данных / Г. П. Захаров, М. Н. Архипов. – Москва : Радио и связь, 1989. – 360 с.
7. Сэйдж Э., Мелса Дж. Идентификация систем управления / Э. Сэйдж, Дж. Мелса ; пер. с англ. – Москва: Наука, 1974. – 248 с.
8. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. – Москва : Советское радио, 1977. – 608 с.
9. Сокол Ш. Прогнозирование состояний дискретного канала / Ш.Сокол. – Ленинград : ЛЭИС, 1985. – 17 с.
10. Блох Э. Л. Построение и анализ систем передачи информации. Сборник статей / Э. Л. Блох. – Москва : Наука, 1980. – 140 с.
11. Бигелоу С. Сети: поиск неисправностей, поддержка и восстановление / С. Бигелоу ; пер. с англ. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 1200 с.
12. Прокис Дж. Цифровая связь / Дж. Прокис ; пер. с англ. под ред Д. Д. Кловского. – Москва : Радио и связь, 2000. – 800 с.
13. Крук Б. И. , Телекоммуникационные системы и сети : учебное пособие. В 3 томах. Том 1 – Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов; под ред. проф. В. П. Шувалова. – [3-е изд.]. – Москва : Горячая линия –Телеком, 2003. – 647 с.
14. Идентифицируемые модели [Электронный ресурс] \ \ – Режим доступа : <http://www.sardismusic.com/topics/t5r4part3.html>
15. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1975. – 683 с.
16. Гроп Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп ; пер. с англ. – Москва : Мир, 1979. – 302 с.
17. Амиантов И. Н. Избранные вопросы статистической теории связи / И. Н. Амиантов. – Москва : Советское радио, 1971. – 416 с.
18. Уилсон Э. Мониторинг и анализ сетей. Методы выявления неисправностей / Э. Уилсон. – Москва: Лори, 2002. – 363 с.
19. Амирханов Э. А. Применение системы ключевых показателей эффективности для оценивания параметров компьютерных сетей // Э. А. Амирханов, С. В. Водопьянов, В. А. Заруцкий, Е. А. Зубарева – Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, №4. – С. 82 – 86.