

ОПТИМАЛЬНА АДАПТАЦІЯ РАДІОКАНАЛІВ СИСТЕМ WiMAX

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуті способи підвищення захисту інформації що базуються на можливостях фізичного рівня та дозволяють істотно покращити характеристики безпеки систем зв'язку при порівняно невеликих витратах. Одним з найважливіших напрямків в області захисту інформації (ЗІ) є адаптивна безпека мережі.

Ключові слова: WiMAX, фізичний канал передачі мультимедійних даних, протокол захисту інформації, OFDM, базова станція, MIMO

Abstract

Ways to increase the protection of information based on the capabilities of the physical level and significantly improve the security characteristics of the communication system when comparing low costs. One of the most important areas in the field of information security (CI) is adaptive network security.

Keywords: WiMAX, physical media channel, information security protocol, OFDM, base station, MIMO

Вступ

Захист інформації, переданих по мережі, важливий не тільки для різних структур, організацій, а й для звичайного користувача. Це пов'язано з тим, що користувачі все більше передають через мережу свої конфіденційні дані, розголошення яких було б вкрай не бажано для них. Також існує задача підключення до мережі абонентів, у яких немає можливості підключатися за допомогою традиційних кабельних ліній зв'язку. Одним з варіантів підключення до мережі Інтернет є технологія бездротового доступу WiMAX, завдання якої полягає в тому, щоб забезпечити доступ до послуг інформаційних і комунікаційних технологій для невеликих поселень, віддалених регіонів, ізольованих об'єктів, а також в межах великих міст [1-3].

Мета технології WiMAX полягає наданні універсального бездротового доступу для широкого спектру пристроїв (робочих станцій, побутової техніки "розумного будинку", портативних пристроїв і мобільних телефонів) і їх логічного об'єднання в локальних мережах.

Важливим при цьому є забезпечення захищеності переданих даних. У стандарті IEEE 802.16 запропонований протокол керування безпекою починаючи з канального рівня MAC адрес за допомогою процедур аутентифікації на основі алгоритмів AES, PKI, X.509. Шифрування даних на канальному рівні забезпечує захист інформації щодо трафіку від перехоплення. При цьому, виконується шифрування всього трафіку, що передається по мережі. Після аутентифікації виконується генерація і розподіл сесійних ключів шифрування [4-7].

Такий метод захисту даних подібний на захист інформації в Wi-Fi з використанням стандарту WPA2 в режимі Enterprise. І в той же час він на порядок вищий, за базові методи в Wi-Fi, що дозволяє збільшувати не тільки швидкість передачі даних, відстань трансляції, завадозахищеність, а й стійкість до несанкціонованого знімання даних.

Враховуючи, одночасний розвиток методів захисту даних та засобів їх перехоплення, тому аналогічна проблема існує і для технології WiMAX.

Метою даної роботи як раз і є дослідження механізмів підвищення захищеності передачі мультимедійної інформації в бездротових каналах зв'язку WiMAX. Це дозволить удосконалити наявні протоколи захисту переданої інформації, а також здійснити вдосконалення пропускну здатності мережі.

Об'єкт дослідження - методи адаптації безпроводних каналів WiMAX мережі для підвищення захищеності передачі мультимедійних даних.

Предмет дослідження - властивості схеми адаптаційного механізму для знаходження оптимальних шляхів адаптації фізичного каналу передачі мультимедійних даних в мережі WiMAX.

Розроблена в ході виконання роботи багатоканальна система зв'язку дозволить підвищити ефективність передавання потоків мультимедійних даних.

Результати дослідження

При проектуванні широкосмугового доступу на основі технології WiMAX необхідне проведення планування мережі з урахуванням, як мінімум, наступних параметрів: - відстань від базової станції до антени користувача / групи користувачів; - кількість користувачів, їх тип і послуги якими вони будуть користуватися, тобто необхідно провести оцінку навантаження на базову станцію.

Для захисту бездротових мереж доступу від вторгнень використовується обладнання з вбудованими або накладеними системами моніторингу, з радіочастотними сенсорами.

Системи моніторингу не тільки ідентифікують атаку, але і визначають місце, звідки вона ведеться.

Певний вплив на розвиток ринку бездротового доступу надають виробники шлюзів, що встановлюються між відкритою системою і захищеною корпоративною мережею. Шлюз забезпечує аутентифікацію користувачів, шифрування даних і необхідну якість обслуговування трафіку, реалізує безпечний роумінг між підмережами. Завдяки підвищенню функціональності засобів захисту в пристроях для корпоративних бездротових мереж ступінь безпеки цих мереж стане високим, що зумовить збільшення інтенсивності [4].

На фізичному рівні стандарт безпроводного зв'язку WiMAX передбачає три принципово різних методи передачі даних: метод модуляції однієї несучої SC (Single Carrier), метод модуляції за допомогою ортогональних піднесучих OFDM і метод множинного доступу за допомогою ортогональних піднесучих OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access). Найбільш перспективним для створення бездротових сегментів ВСЗ є варіант з модуляцією OFDM, який дає значний вииграш в завадостійкості в порівнянні з методом SC і менш складний в реалізації, ніж OFDMA.

Інтерес розробників бездротових систем зв'язку до OFDM сигналу обумовлений його позитивними властивостями: стійкістю до багатопробеневого розповсюдження, ефективним використанням частотного ресурсу, можливістю адаптації під поточні умови передачі. Поряд з перевагами, OFDM сигнал має низку недоліків, серед яких можна виділити такі: чутливість до точності частотної синхронізації, що пов'язана з близьким розташуванням сусідніх підносійних; великий пік-фактор сигналу, викликаний наявністю великої кількості підносійних в сигналі; складність апаратної реалізації, що обумовлена наявністю великого числа обчислень при обробці сигналу.

Вибір ефективної схеми передачі сигналу в системі WiMAX для забезпечення передачі інформації з необхідними показниками якості QoS (Quality of Service) досягається завдяки спільному використанню декількох механізмів адаптації: керування потужністю передавача базової станції (БС), корекції помилок FEC (Forward Error Correction) і адаптивного кодування та модуляції AMC (Adaptive Modulation and Coding) [5].

На рис. 1 представлена узагальнена блок-схема адаптивного керування каналом зв'язку системи WiMAX.

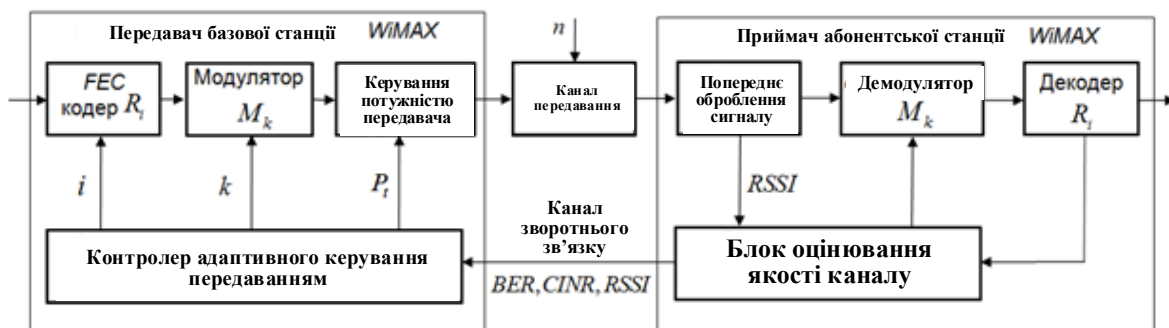


Рисунок 1 - Блок-схема адаптивного керування каналом зв'язку системи WiMAX

Система зв'язку WiMAX має зворотний канал, через який для передавача базової станції пересилається результат оцінювання стану каналу зв'язку що обчислена в приймачі абонентської станції (АС). В ідеальному випадку відомості про характеристики каналу зв'язку дають можливість забезпечити необхідні параметри QoS при передачі інформації. Однак на практиці інформація в колі

зворотного зв'язку може зазнати впливу перешкод і надходити із затримками, а крім того сама оцінка каналу зв'язку може бути недосконалою [4].

Незважаючи на те, що основні принципи адаптивної модуляції ACM з теоретичної точки зору вже розроблені, практика роботи реальних систем свідчить про необхідність удосконалення цього механізму на основі моделювання, з урахуванням багатьох факторів, що впливають на ефективність системи зв'язку. Особливо це відноситься до бездротових сегментів BC3, що призначені для передачі специфічної (наприклад, медичної) мультимедійної інформації.

Розглянемо параметри і фактори, що впливають на якість роботи адаптаційного механізму системи WiMAX, а значить і на якість передачі інформації в бездротовій системі зв'язку.

Стандарт IEEE 802.16 передбачає три обов'язкові показники для вимірювання якості каналу, які дозволяють підвищити продуктивність системи зв'язку і адаптацію до умов каналу зв'язку. Це значення рівня потужності сигналу на вході приймача RSSI (Receive Signal Strength Indicator), відношення сигнал / шум + інтерференція в каналі зв'язку CINR (Carrier Interference and Noise Ratio) і не кодований рівень BER.

Показник RSSI дозволяє отримувати оцінку рівня сигналу для абонентської станції (АС).

$$RSSI = 10 \cdot \log_{10} \left\{ 10^{-\frac{G_{rf}}{10}} \cdot \frac{1,2567 \cdot 10^4 \cdot V_c^2}{(2^{2B}) \cdot R} \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |Y_{I,Q}[k, n]| \right)^2 \right\} [\text{дБм}], \quad (1)$$

де: V_c - рівень обмеження АЦП, В; B - розрядність АЦП; R - вхідний опір АЦП, Ом; G_{rf} - коефіцієнт посилення від антени до АЦП; N - кількість отриманих відліків; $Y_{I,Q}[k, n]$ - n -ий відлік на виході АЦП реальної I чи уявної частини Q сигналу k .

Усереднений показник розраховується на АС при прийомі сигналу підносійної пілот-тону або преамбули MAC рівня WiMAX. Це середнє значення передається на базову станцію в одиницях дБм, починаючи від максимуму -60 дБм (бінарний двійковий код - 111111) до мінімального рівня -123 дБм (000000).

Показник CINR дає можливість отримати більш точну оцінку якості сигналу. Ця метрика каналу може бути отримана тільки після демодулювання сигналу і може бути віднесена або до даних преамбули або до даних пілот-тону конкретної зони OFDM-символу. Визначення метрики CINR базується на вимірі вектора помилки EVM (Error Vector Magnitude).

У загальному вигляді величина для кожного вимірювання визначається виразом:

$$CINR[k] = \frac{P_{signal}[k]}{P_{interference}[k] + P_{noise}[k]}, \quad (2)$$

де $P_{signal}[k]$ - потужність сигналу для вимірювання k ; $P_{interference}[k]$ - потужність інтерференційної завади для вимірювання k ; $P_{noise}[k]$ - потужність шуму для вимірювання.

На основі отриманих значень $CINR[k]$ для кожної k -ї підносійної визначається середнє значення \overline{CINR} для групи підносійних, що беруть участь в оцінці каналу $\overline{CINR} = \frac{1}{K} \sum_{k=0}^{K-1} CINR[k]$.

Такий метод усереднення використовується в різних бездротових технологіях, однак, наприклад, для систем зв'язку з режимом роботи OFDMA він не забезпечує необхідної якості оцінки каналу при великих коливаннях $CINR[k]$.

Для більшої точності і реальної оцінки якості каналу зв'язку необхідно використовувати інші методи усереднення, в тому числі і метод EESM (Exponential Effective SNR Mapping), що запропонований для підвищення ефективності SISO (Single-Input Single-Output) OFDM систем зв'язку і заснований на обчисленні ефективного значення $CINR_{eff}$:

$$CINR_{eff} = 10 \log_{10} \left[\beta \cdot \ln \left(\frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K \exp \left(-\frac{CINR[k]}{\beta} \right) \right) \right] [\text{дБм}], \quad (3)$$

де β - унікальний коефіцієнт, який визначається для кожного виду модуляції, кодування і умов РРВ.

Усереднений \overline{CINR} розраховується також на АС при прийомі сигналу піднесійної пілот-тону або преамбули MAC рівня WiMAX. Среднее значення передається на базову станцію в одиницях дБм, починаючи від мінімального значення -10 дБм (бінарний двійковий код - 000000) до максимального значення рівня 53 дБм (111111).

Середня статистика ймовірності бітової помилки $\overline{BER} = 10 \log_{10}(\overline{BER})$, яка визначається для не кодованою FEC псевдовипадкової послідовності RBPS, доводиться до базової станції в лінійному діапазоні від -3 ($BER = 5 \cdot 10^{-1}$, бінарний код - 111111) до -66 ($BER = 2,5 \cdot 10^{-7}$, бінарний код - 0000000) [6].

Розглянуті показники якості каналу вимірюються за сигналами пілот-тонів або преамбули фрейма пакета інформації. Для OFDM системи типової структури пілот-тонів вкрай важко забезпечити необхідну точність оцінки каналу, коли канал досить «довгий» або частотно-селективний. Зі збільшенням числа пілот-тонів якість оцінки каналу зв'язку поліпшується, проте збільшується також непродуктивний ресурс системи, зберігати який в більш сприятливих умовах прийому недоцільно. Оптимальна пілот-структура OFDM системи являє собою компроміс між займаним ресурсом і якістю оцінки каналу. Використання ж преамбули повідомлень для оцінки каналу не дає точного передбачення зміни якості каналу в часі [7].

Аналогічно, довжина захисного інтервалу OFDM символу при проектуванні системи зазвичай фіксується відповідно до максимально очікуваної довжиною імпульсного відгуку каналу зв'язку і може досягати 1/8 або навіть 1/4 тривалості OFDM символу тобто непродуктивний ресурс системи через захисного інтервалу може бути досить великим. Тому, актуальним для досліджень є завдання підвищення завадостійкості і спектральної ефективності бездротових OFDM систем зв'язку за рахунок адаптивного підстроювання пілот-структури і довжини захисного інтервалу символу до умов функціонування.

ВИСНОВКИ

Нарощувана архітектура, висока продуктивність при передачі даних і низька, в порівнянні з іншими системами, вартість послуг, що використовують широкосмугові системи, роблять мобільний WiMAX лідером бездротових широкосмугових послуг. Інші переваги WiMAX полягають у відкритій структурі стандартів, «дружніх» інтерфейсах і забезпеченні здорової екосистеми.

У роботі на основі аналізу адаптаційних механізмів системи бездротового зв'язку WiMAX запропоновано вдосконалену модель, що дозволяє оцінити якість передачі мультимедійної інформації. Запропоновано використовувати для оцінки якості каналу зв'язку метрику PSNR, що дозволяє підвищити можливості адаптаційного механізму OFDM системи зв'язку при передачі медичної діагностичної інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюков П.Н. Защищенные радиосистемы цифровой передачи информации / П.Н. Сердюков, А.В. Бельчиков, А.Е. Дронов и др. – М.: АСТ, 2006. – 403 с.
2. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 416 с.
3. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
4. Сюваткин В.С., Есипенко В.И., Ковалев И.П., Сухоробров В.Г. WiMAX технология беспроводной связи: теоретические основы, стандарты, применение. – Спб.: БХВ-Перербург, 2005. – 268 с.
5. Цопа А.И. Способы повышения и качественной оценки качества передачи видеoinформации по беспроводным каналам связи / Стрельницкий А.А, Цопа А.И., Шокало В.М. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів, 2008. – Випуск № 618. – С. 168-173.
6. Цопа А.И. Критерии оценки и пути повышения защищенности каналов связи цифровых систем передачи информации на физическом уровне // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2010 – Выпуск №161. – С. 87-96.

7. Полуденко О.С. Формування ортогонально-рознесених піднесучих при OFDM / В.С. Белов, О.С. Полуденко, Г. Л. Антонюк // XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, 2017 р.

Полуденко Ольга Сергіївна — аспірант групи АС-19, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olha.poludenko@gmail.com

Антонюк Ганна Леонідівна — аспірант групи АС-20, кафедра ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

Шидловська Юлія Сергіївна – студент групи ТКР – 18 мсз, Вінницький національний технічний університет olha.poludenko@gmail.com

Науковий керівник: *Васильківський Микола Володимирович* — канд. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, заступник декана факультету ІРЕН, Вінницький національний технічний університет

Poludenko Olha S. — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : olha.poludenko@gmail.com

Antonuiк Hanna L. — Department of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : annaantonuik@gmail.com

Biloshkurska Marina V - student of TKR group - 18 msz, Vinnytsia National Technical University olha.poludenko@gmail.com

Supervisor: *Vasytkivsky Mykola V.*— Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication system and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia