

КАНАЛЬНА ОЦІНКА ТА АДАПТИВНА МОДУЛЯЦІЯ В СИСТЕМАХ КОГНІТИВНОГО РАДІО

Діденко І.В., Кравчук С.О.

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Україна
E-mail: mr.untracable@gmail.com*

Channel Estimation and Adaptive modulation in Cognitive Radio Systems

Channel-adaptive transmission schemes find applications in cognitive radios, which are able to measure, feed back, and adapt to, the fading channel state.

Стрімкий розвиток безпроводових телекомунікаційних систем призвів до того, що практично весь частотний діапазон до теперішнього часу розподілений і ліцензований. Однак, як показали дослідження, спектр як дорогоцінний природний ресурс, використовується не досить ефективно. Істотно підвищити ефективність використання спектра дозволяє механізм динамічного керування спектром, відповідно до якого вторинним користувачам (не закріпленим за даним частотним діапазоном) надається можливість використовувати діапазони первинних користувачів (закріплених за даним діапазоном) на час, поки цей діапазон не використовується первинним користувачем. Цей механізм реалізований в когнітивному радіо. Системи когнітивного радіо мають здатність отримувати інформацію про своє радіочастотне середовище і адаптуватися, а саме коригувати параметри передачі для оптимальної роботи. Саме тому дослідження цих систем є досить актуальною та перспективною.

Частина роботи полягає у виборі найкращого типу модуляції, тому використовується схема зі змінним швидкістю, потужністю та адаптивною M-QAM модуляцією. Модель представляє собою канал типу точка-точка з антенами на обох кінцях з Релеївським замиранням. Роботу схеми можна поділити на 2 етапи: тестування та передачі даних. Під час етапу тестування приймач оцінює канал і передає оцінку назад в передавач (по каналу зворотного зв'язку). Під час етапу передачі даних передавач посилає повідомлення, адаптуючи розмір M-QAM сузір'я.

Основне завдання, яке необхідно вирішити під час етапу тестування – знайти оптимальну лінійну оціночну функцію MMSE для того, щоб вирішити відповідну задачу оптимізації. Після цього розрахункове значення подається назад до передавача та починається етап передачі даних.

Із-за простоти реалізації буде використовуватися набір квадратних сузір'їв. Приклад 64-QAM сузір'я показано на Рис.1.

Основна задача етапу полягає в знаходженні коефіцієнт бітових помилок (BER) при використанні M-QAM, тому необхідно представити сузір'я як поєднання двох \sqrt{M} -PAM сузір'їв, які складаються з синфазної та квадратурної компонент і представлені на Рис.2.

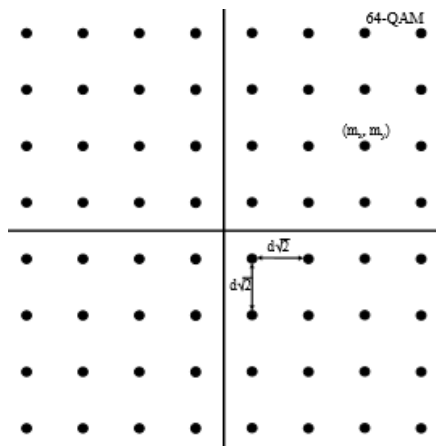


Рис. 1 Приклад 64-QAM сузір'я.

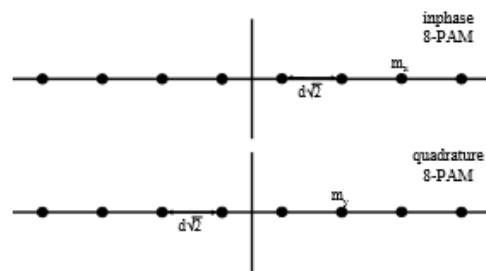


Рис. 2 Синфазне та квадратурне 8-РАМ сузір'я.

Якщо немає помилки оцінки каналу, то ймовірність правильного виявлення сигнальної точки являє собою результат правильних ймовірностей виявлення в кожній із компонент відповідних \sqrt{M} -РАМs. Але з помилкою оцінки каналу, ймовірність правильного виявлення буде більшою, ніж цей результат. Згідно з [1] BER може бути знайдений усередненням сигнальних точок $BER = \frac{1}{M} \sum_i \sum_j (P_{i|j} + P_{j|i})$. Для того, щоб знайти область рішень, коли існує помилка оцінки каналу в системі, використовується правило максимальної правдоподібності. Завдяки розрахункам можна виділити, що схема живлення не адаптивна, але M-QAM модуляція адаптивна, де інформація про стан каналу (CSI) використовується для адаптації розміру модуляційного сузір'я, а не потужність передачі. Вирішуючи відповідну задачу оптимізації виявляється, що тестовий сигнал, максимізує ефективне значення сигнал шум (SNR), а також, будь-який тестовий сигнал, який має одиничну енергію вважається оптимальним.

Згідно з [2] швидкість являється зростаючою функцією T_d , а тому спадаючою функцією T_t . Встановлення мінімального значення T_t що в нашому випадку дорівнює 1, являється оптимальним. Це може здатися нелогічним на перший погляд, але довший етап тестування призведе до більш точної оцінки каналу, а тому, більш досяжної швидкості передачі під час етапу передачі даних.

При використанні експериментальних формул, зробивши аналіз схеми при заданому рівні $BER=10^{-2}$ врахувавши біти, що були помилково декодовано отримаємо залежність середнього значення BER від рівня SNR. Проаналізувавши Рис.3 можна побачити, що практичний результат BER перевищує цільове значення не в значній мірі. Також порівняємо бітрейт передачі даних схеми та теоретично можливим із заданим значенням BER за допомогою Рис.4, де можна побачити, що схема для даного значення SNR, працює з різницею в 1 біт від теоретично можливого значення.

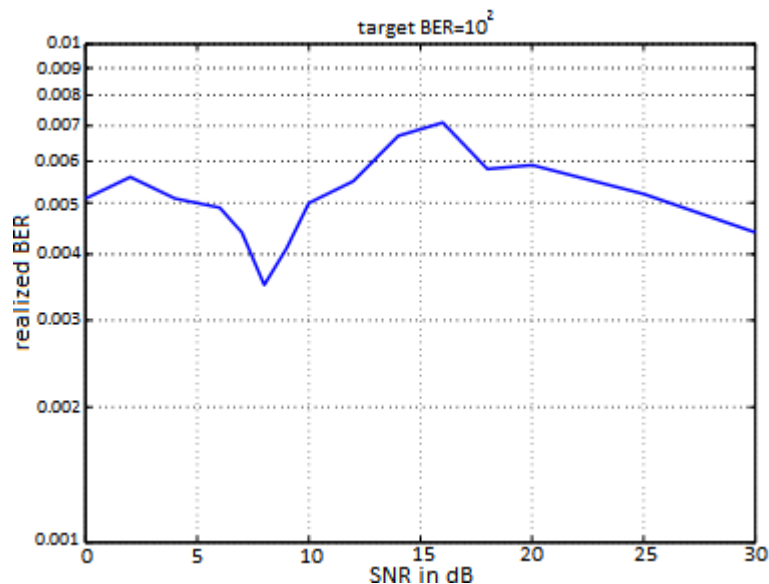


Рис. 3. Практична реалізація значення BER при заданій цілі $BER=10^{-2}$.

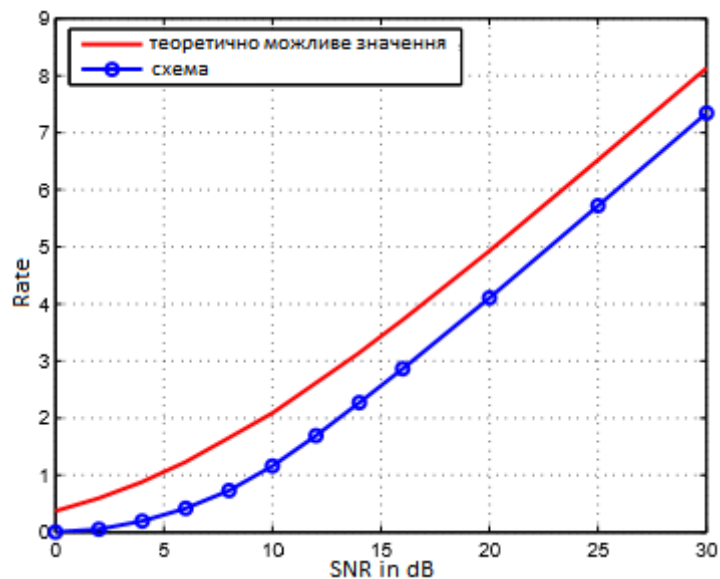


Рис. 4. Отриманий бітрейт при $BER=10^{-2}$ в порівнянні з теоретично можливим.

Досліджено та проаналізовано принцип оцінки каналу з використанням адаптивної M-QAM модуляції, а також алгоритм, який дозволяє когнітивному радіо обирати оптимальний розмір M-QAM сузір'я для даного стану каналу. Наведені результати показують гарну продуктивність і дуже близькі к теоретично можливій границі.

Література

1. Channel Estimation and Adaptive M-QAM in Cognitive Radio Links / A. Soysal, S. Ulukus and C. Clancy. // IEEE Communications, 2008.
2. How much training is needed in multiple antenna wireless links? / B. Hassibi and B. M. Hochwald. // IEEE Transactions on Information Theory, 2003.