

## АРХІТЕКТУРА БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ АДАПТИВНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ТА КОДУВАННЯ

Озарків Д. М., магістрант; Головін В. А., к. т. н., доцент  
Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна

Адаптивна модуляція і кодування (*Adaptive Modulation and Coding* — АМС) забезпечують стійку і ефективну передачу по нестаціонарним каналам. Основу передумову досягнення цього ефекту складає приблизна оцінка каналу приймачем і повідомлення результатів цієї оцінки назад передавачу, так що схема передачі може бути адаптована до характеристик каналу. При використанні методів модуляції і кодування, які не адаптуються до умов завмирань, для підтримки прийнятних експлуатаційних показників роботи в умовах поганої якості каналу потрібний постійний енергетичний запас. Тому для ефективної роботи таких систем необхідно, щоб вони розроблялись для найгірших умов каналу. Так як релеєві завмирання можуть викликати втрати потужності сигналу до 30 дБ, то розробка систем для найгірших умов каналу може виразитись в дуже неефективному використанні каналу. Адаптація до завмирань каналу за рахунок встановлення сприятливих параметрів каналу при передачі на більш високих швидкостях або з меншою потужністю, а також зниження швидкості передачі або збільшення потужності при погіршенні стану каналу, здатна збільшити середню пропускну здатність каналу, зменшити необхідну потужність передачі або зменшити середню ймовірність помилок [1].

Адаптивна передача була вперше запропонована в кінці шістдесятих – початку сімдесятих років минулого століття. Правда, інтерес до цих технологій виявився короткочасним внаслідок технічних обмежень. Як тільки методи, які розвивали ці ідеї, стали менш обмеженими в реалізації, інтерес до методів адаптивної модуляції знову проявився в безпроводних системах третього покоління 3G.

Архітектура системи запропонованої багаторівневої схеми адаптивної модуляції та кодування зображена на рис. 1. В кожній розширеній передачі для одного приймача, багаторівневі схеми на основі суперпозиційного кодування (*Superposition Coding* — SPC) використані на рівні контролю доступу до середовища (*Media Access Control layer* — MAC layer) в передавачі та приймачі. Запропонована модель багаторівневого та багатокрокового ланцюга Маркова зі скінченною кількістю станів (*Finite State Markov Chain* — FSMC) розташована на стороні передавача. Вона буде приймати інформацію про стан каналу (*Channel State Indication/Information* — CSI) з каналу зворотного зв'язку та передбачувати оптимальну потужність та схему кодування для кожного рівня в символі SPC для максимізації пропускну здатності мережі в наступних символах передачі [2].

В цій схемі, однакова модуляція та схема кодування повинні бути застосовані для відповідного рівня в передавачі та приймачі для забезпечення успішного відновлення даних. Коли символ кожного рівня об'єднаний в одну передачу для одного приймача, схема SPC повинна повністю задовольнити обмеження потужності для цієї передачі.

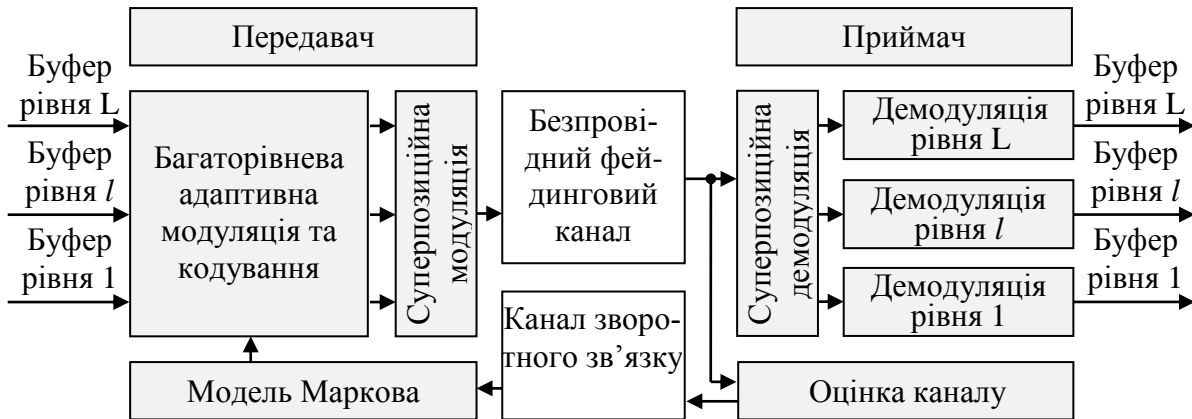


Рис. 1. Архітектура запропонованої модуляції та демодуляції на базі багаторівневої AMC з багатокроковим FSMC.

Періодично, механізми сигналізації між передавачем та приймачем являються необхідними для встановлення характеристик FSMC, включаючи оптимізований розподіл потужності і вибір кодування на рівні для кожного стану. Це дозволяє приймачам використовувати однакові набір демодуляційних схем для успішного відновлення отриманого модульованого SPC сигналу. Для кожної визначеної кількості передач, відповідь про CSI надсилає до передавача миттєву інформацією про стан каналу приймача. Використовуючи цю CSI, модель багаторівневої FSMC виконує оцінку каналу для наступних передач [2].

На рис. 1, показаний загальний процес передачі для одного передавача при застосуванні запропонованої схеми. На рисунку є один передавач та приймач. Після встановленні початкової CSI та параметрів моделі багаторівневого та багатокрокового FSMC, процес функціонування запропонованої схеми працює наступним чином.

Крок 1: на стороні передавача, з попередньо отриманою через зворотний канал CSI, схема вирішує чи обновлювати параметри моделі багаторівневого та багатокрокового FSMC. Якщо обновляє, то наступні перехідні стани визначаються, в той час як відповідні ймовірності переходу розраховуються. Якщо ні, то поточне передбачення моделі багаторівневого та багатокрокового FSMC, та ймовірності переходу залишаються.

Крок 2: базуючись на передбаченнях каналу, отриманих на основі моделі багаторівневого FSMC, багаторівнева схема AMC визначає оптимальний розподіл потужності та схему кодування для повного використання ємності і максимізації пропускної здатності мережі, в той час задовольня-

ючи вимоги якості обслуговування (*Quality of Service — QoS*) для кожного рівня та обмеження загальної потужності для кожної передачі.

Крок 3: на основі оптимального визначення потужності та схеми модуляції для кожного рівня, символи кожного рівня об'єднуються в один символ *SPC* для передачі на один приймач та надсилається до приймача по каналу із завмираннями. Ефект каналу із завмираннями та шум призводить до помилок в передачі.

Крок 4: сигнальні механізми дозволяють передавачу і приймачу мати однакову інформацію, а саме: модуляцію та схему кодування кожного рівня. Після прийняття символу *SPC* у приймачі, приймач використовує схему *SPC* для демодуляції символу на кожному рівні. Нижчі швидкості передачі простіше демодулювати, ніж вищі навіть після завмирань каналу.

Крок 5: для кожної незмінної кількості передач, приймач надсилає зворотну *CSI* передавачу. Процес повертається до кроку 1 і повністю адаптується до нового стану каналу.

Запропонована схема багаторівневої *AMC* може бути застосована для включення в сучасні безпроводні технології четвертого покоління *4G* для зменшення розриву між досяжними експлуатаційними показниками каналу та обмеженням пропускної здатності Шенона.

#### Література

1. Andrea Goldsmith. *Wireless Communications* / Andrea Goldsmith. — Cambridge University Press, 2005. — 263 с.
2. Zhenhuan Wei. *Layered Adaptive Modulation and Coding For 4G Wireless Networks* / Zhenhuan Wei // University of Waterloo Library — 2011. — С. 17–45.

#### Анотація

Представлена схема адаптивної модуляції та кодування на основі моделі багаторівневого та багатокрокового ланцюга Маркова зі скінченною кількістю станів та суперпозиційного кодування для максимізації пропускної здатності мережі.

Ключові слова: адаптивне модуляція та кодування, ланцюг Маркова.

#### Аннотация

Представлена схема адаптивной модуляции и кодирования на основе модели многоуровневой и многоступенчатой цепи Маркова с конечным количеством состояний и суперпозиционного кодирования для максимизации пропускной способности сети.

Ключевые слова: адаптивная модуляция и кодирование, цепь Маркова.

#### Abstract

Adaptive modulation and coding scheme based on layered multi-step finite state Markov chain and superposition coding for network capacity maximization is presented.

Keywords: adaptive modulation and coding, Markov chain.