

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОКАНАЛОВ СИСТЕМ WI-MAX

Коляденко Ю.Ю., Бойко Е.В., Хафиз Мухаммад И.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. Телекоммуникационных систем,
тел. (057)702-13-20)

e-mail: kolyadenko.home@rambler.ru, факс (057) 702-13-20

Abstract. Statistical characteristics of WI-MAX system radio channels using MIMO technologies with two proper subchannels under uncorrelated Rayleigh fading signal conditions were analyzed. The dependence of probability-density function of the channel array proper numbers was obtained and that determines the probability of bit errors in WI-MAX systems.

Введение

В настоящее время стремительными темпами происходит развитие современных телекоммуникационных сетей. Это особенно заметно по активным процессам международной стандартизации, производства оборудования и развертывания сетей. Среди них все большее распространение получают, например, такие технологии как персональные сети IEEE 802.15 (Bluetooth), локальные сети IEEE 802.11 (Wi-Fi), стандарт универсальных городских сетей IEEE 802.16 (WiMAX), в которых беспроводной широкополосный доступ используется очень широким спектром приложений – от традиционной передачи речи до современных мультимедиа-приложений.

Все упомянутые технологии используют соответствующие протоколы взаимодействия узлов сети для управления передачей пакетов по общему каналу связи. Наличие общего канала связи, коллективно используемого абонентами (зачастую очень большим их числом), является общей чертой современных и перспективных беспроводных телекоммуникационных систем. Значительный интерес представляют исследования централизованных телекоммуникационных систем, в которых имеется центральная станция, координирующая работу абонентских станций. Именно такая сетевая архитектура является основной в стандарте IEEE 802.16.

Для достижения высоких скоростей передачи данных в системах связи WI-MAX используют многоантенную технику. В системах с несколькими пространственными каналами как в передатчике, так и в приемнике используются несколько антенн. Их называют системами со многими входами и многими выходами (MIMO — Multiple Input Multiple Output). Считается, что при использовании MIMO системы можно получить скорости передачи информации, близкие к предельным, если параметры канала известны в передатчике, и при наличии достаточно высоких значений отношения сигнал/помеха+шум, что определяет вероятность битовой ошибки. Вместе с тем, вероятность битовой ошибки полностью определяется статистическими свойствами собственных чисел канальной матрицы.

Отличительными особенностями этого стандарта являются высокая сложность протокола подуровня управления доступом к среде, отвечающего, в частности, за организацию доступа абонентов к общему каналу связи, а также многолучевость каналов радиосвязи, со случайным нестационарным изменением всех физических параметров

В связи с вышесказанным анализ статистических характеристик радиоканалов систем WI-MAX является актуальной научной задачей.

Основная часть

Для описания свойств многолучевого пространственного канала используется понятие импульсной характеристики. Поскольку существует несколько путей распространения радиоволн от передатчика к приемнику, то результирующий сигнал представляет собой сумму случайного числа сигналов, ослабление и временная задержка каждого из которых изменяются во времени случайным образом. В результате интерференции некоторые частотные компоненты результирующего сигнала ослабляются, а некоторые усиливаются, что приводит к неравномерности частотной характеристики. Системы связи

WI-MAX, использующие OFDM модуляцию (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), обычно функционируют в условиях частотно-селективного канала. Свойства такого канала описываются канальной матрицей, состоящей из парциальных (из каждой передающей в каждую приемную антенну) коэффициентов передачи, которые являются случайными комплексными величинами, зависящими от частоты. Следовательно, преобразования сигналов при их передаче и приеме также оказываются различными для разных частот. Однако, если полный диапазон частот разделить на поддиапазоны с шириной меньшей интервала частотной когерентности канала, то внутри каждого из них пространственный канал можно считать частотно-неселективным и реализовать единую адаптивную обработку сигналов. Поэтому достаточно рассмотреть частотно-неселективный канал связи.

Наибольший интерес представляет релейский многолучевой канал, когда прямой луч между передатчиком и приемником практически отсутствует. В этом случае возникают глубокие замирания сигнала, которые являются характерными для систем связи WI-MAX, работающих в городских условиях.

Адаптивная пространственная обработка сигналов при передаче и приеме в MIMO-системе может быть реализована с использованием сингулярного разложения канальной матрицы. Сформированные таким образом параллельные подканалы для передачи данных называются собственными, так как используют в качестве весовых векторов пространственной обработки собственные векторы канальной матрицы. Каждый собственный подканал соответствует одному из собственных векторов и собственных чисел. Максимальное количество подканалов, которое можно сформировать, определяется статистическими свойствами среды распространения радиоволн и равно рангу канальной матрицы. В случае некоррелированного релейского канала вероятность вырождения канальной матрицы является ничтожно малой и ее ранг определяется минимальным числом передающих или приемных антенн.

Проведены исследования статистических характеристик собственных чисел канальной матрицы в MIMO-системе с конфигурациями $(N_t \times N_r)$ в условиях некоррелированных релейских замираний сигналов, где N_t – число передающих антенн на базовой станции, $N_r = 2$ – число приемных антенн у пользователя. В системах связи WI-MAX обычно используется число передающих антенн на базовой станции $N_t = 2, 4, 8$.

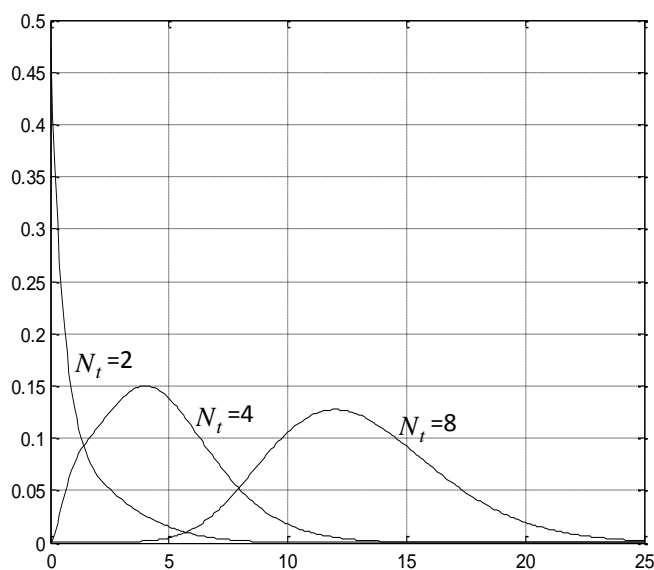


Рис. 1. Функции плотности вероятности максимальных собственных чисел канальной матрицы

Функция плотности вероятности максимальных собственных чисел канальной матрицы ММО-системы определяется выражением:

$$p(\lambda) = \frac{\lambda^{N_t-2} e^{-\lambda}}{(N_t-1)!} \times \left(\lambda^2 - 2\lambda(N_t-1) + N_t(N_t-1) + \sum_{nt=0}^{N_t-2} \frac{nt(nt-2N_t+1) + N_t(N_t-1)}{nt!} \lambda^{nt} \right). \quad (1)$$

Функция плотности вероятности минимальных собственных чисел канальной матрицы ММО-системы определяется выражением:

$$p(\lambda) = \frac{\lambda^{N_t-2} e^{-2\lambda}}{(N_t-1)!} \sum_{nt=0}^{N_t-2} \frac{nt(nt-2N_t+1) + N_t(N_t-1)}{nt!} \lambda^{nt}. \quad (2)$$

На рис. 1. представлены функции плотности вероятности максимальных собственных чисел канальной матрицы с двумя приемными $N_r = 2$ и несколькими $N_t = 2, 4, 8$ передающими антеннами.

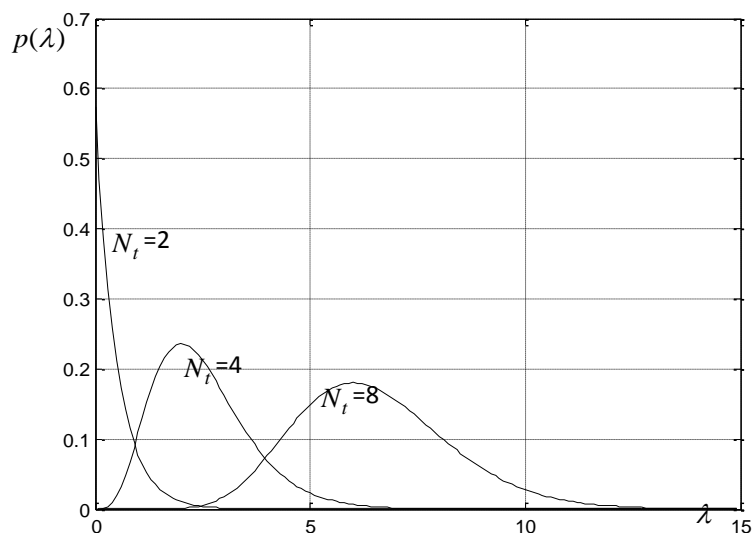


Рис. 2. Функции плотности вероятности минимальных собственных чисел канальной матрицы

На рис. 2. представлены функции плотности вероятности минимальных собственных чисел канальной матрицы с двумя приемными $N_r = 2$ и несколькими $N_t = 2, 4, 8$ передающими антеннами. Из полученных графиков видно, что с увеличением количества передающих антенн средние значения, как для максимальных собственных чисел, так и для минимальных собственных чисел канальной матрицы увеличиваются.

Выводы

Проведены исследования статистических характеристик собственных чисел канальной матрицы в ММО-системе с конфигурациями $(N_t \times N_r)$ в условиях некоррелированных релеевских замираний сигналов, где N_t – число передающих антенн на базовой станции, $N_r = 2$ – число приемных антенн у пользователя. Исследования показали, что с увеличением количества передающих антенн средние значения, как для максимальных собственных чисел, так и для минимальных собственных чисел канальной матрицы увеличиваются. Увеличиваются так же их дисперсии, что влечет за собой увеличение вероятности битовой ошибки.