

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В CDMA С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТУРБОКОДОВ КЛАССА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАСКАДНЫХ

The article is devoted to problem of channel modeling for a CDMA cellular system with forward error-correction on base of turbocodes. The MatLab simulation model of signal coding construction on multipath rayleigh fading channel using coherent QPSK and its description is presented.

Стандарты третьего поколения мобильных радиосистем IMT (International Mobile Telecommunication) –ТС используют технологию TD–CDMA (Time Division – Code Division Multiple Access), временного и кодового разделения доступа [1–2]. Принципиальное различие систем TDMA и CDMA заключается в отсутствии межканальной помехи в реально существующем многолучевом радиоканале TDMA (в силу временного разделения). В системах на базе CDMA избавиться от межканальной помехи принципиально невозможно, причем ее уровень будет тем больше, чем больше разница в уровнях излучаемой мощности передатчиков различных абонентов. Таким образом, коды для систем CDMA — ключевое понятие.

Для каналов со случайным характером ошибок (обычно с аддитивными помехами типа «белого шума») практический интерес представляют лишь несколько кодов из десятков известных. В проектах новых систем мобильной радиосвязи (СМР) используют три вида помехоустойчивых кодов: сверточные, Рида – Соломона и турбокоды [1–3]. Сочетание нескольких схем помехоустойчивого кодирования позволяет учесть различные условия эксплуатации. Так, сверточный код обычно используется для передачи речевого трафика, когда вероятность ошибки может быть достаточно большой. Для адаптации определенного класса кодов к конкретному виду передачи информации используются специальные коды. При передаче данных, когда требуется более высокая надежность, используются каскадные или турбокоды, в которых внешним обычно является код Рида – Соломона, а внутренним — сверточный.

Турбокоды представляют собой достаточно новый тип кодов обнаружения и коррекции ошибок [3]. Они обладают уникальной способностью обеспечивать характеристики помехоустойчивости передачи информации по каналам с шумами, близкие к теоретически достижимым значениям при умеренной сложности оборудования для кодирования и декодирования за счет генерации проверочных бит двумя составными кодерами и устройством псевдослучайного перемежения.

Применяемые в мобильных радиосистемах турбокоды не исчерпывают всего спектра эффективных кодов. Известные коды класса каскадных кодов коррекции ошибок (турбокоды) могут быть дополнены новыми кодами, которые позволят повысить фактическую пропускную способность, помехоустойчивость и будут более эффективными для этих целей в сравнении с используемыми.

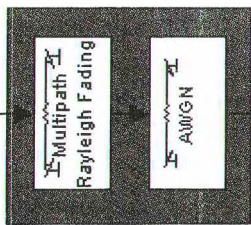
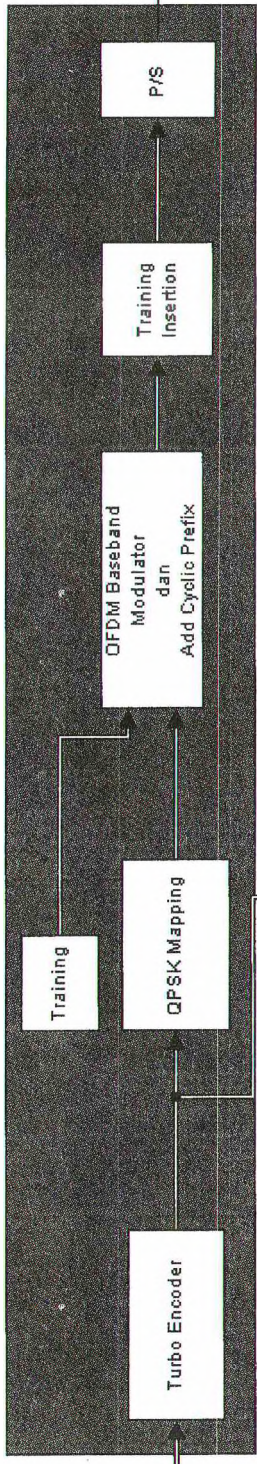
Методология синтеза, также как и анализа, обусловлена тем, что известные к настоящему времени методы теоретической оценки характеристик турбокодов неудобны и недостаточны для практики, поэтому в основном все характеристики сигнально-кодовых конструкций на основе турбокодов в настоящий момент получают экспериментально.

Построить модель коммуникационной системы передачи, выполнить анализ и выбор конструкции корректирующих турбокодов можно на основе авторского программного средства моделирования и математических моделей системы MatLab с использованием пакетов Symbolic и Simulink. MatLab позволяет создавать независимые приложения с GUI (Graphic User Interface) на основе средств сопряжения с языками программирования, а также использовать библиотеку символьной математики, стандартные графические функции и команды. Communications Toolbox предоставляет полный набор возможностей для разработки, анализа и тестирования моделей цифровых и аналоговых систем связи [4–5].

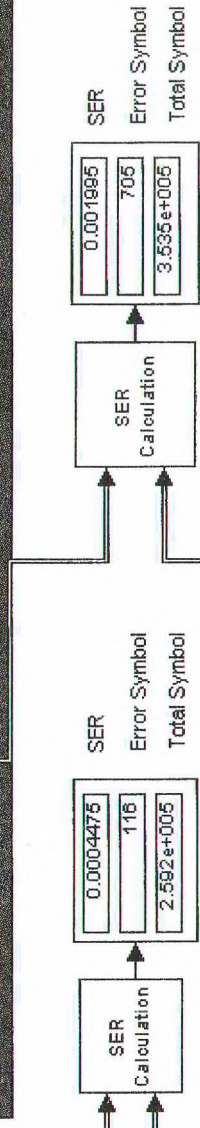
На рисунке представлена модель коммуникационной системы связи для передачи сообщений из одной точки в другую через канал связи, обладающий определенными свойствами, построенная в системе MatLab.

Исходное сообщение генерируется случайным бинарным потоком Бернулли и подвергается помехоустойчивому кодированию турбокодом, в котором в качестве составных используется бинарный выколотый рекурсивный сверточный код со скоростью 2/3 (общая скорость 1/2), кодовым ограничением, равным 5, порождающими полиномами в восьмеричной форме $G1=37$, $G2=21$ (первый полином относится к обратной, а второй — к прямой связи в структуре рекурсивного кодера) и длиной блока перемежения 65 536 бит.

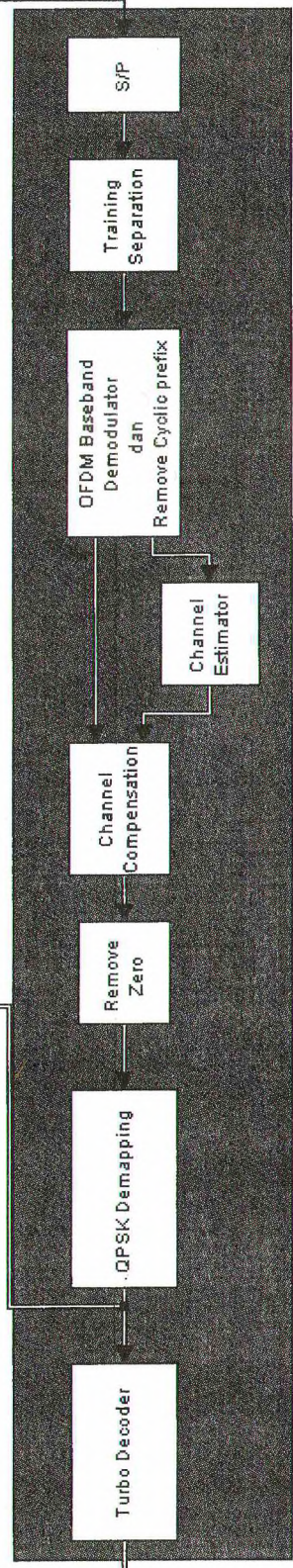
Transmitter



Multipath Channel



Receiver



Simulation Time

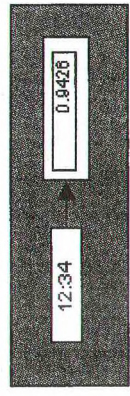


Рис. Модель многолучевого канала с релевскими замираниями с коррекцией ошибок на основе турбокодирования

На следующем этапе сообщение поступает в модулятор, работающий по методу QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) и преобразующий цифровое сообщение в аналоговый модулированный сигнал. Затем сигнал поступает на OFDM (Orthogonal Frequency-division Multiplexing) — блок ортогонального мультиплексированного деления частот. В процессе прохождения модулированного сигнала через многолучевой канал с релейскими замираниями он подвергается воздействию шумов и помех типа белый гауссовский шум. Искаженный таким образом сигнал поступает на вход приемника. Структура приемной части является зеркальным отражением структуры передатчика (рис.). Анализаторы, получающие информацию до и после процесса кодирования/декодирования, подсчитывают общее количество переданных и ошибочно принятых символов.

Декодирование в блоке турбодекодера осуществляется с использованием итеративного MAP (Maximum A Posteriori Algorithm)- алгоритма с числом итераций 18. При этом требуемое отношение сигнал/шум (ОСШ) на бит $P_b(E_b/N_0)$ для достижения вероятности ошибки на бит 10^{-5} составило около 0,7 дБ, при том, что предельное ОСШ (по Шеннону) для этого случая составляет 0 дБ.

Согласно результатам моделирования, турбокоды позволяют корректировать примерно 84% генерируемых ошибок. Таким образом, использование турбокодов в системах цифровой радиосвязи весьма перспективно по причине высокой помехоустойчивости.

Созданная в MatLab коммуникационная «турбо»библиотека блоков: сверточного, блочного кодирования/декодирования на основе линейных, БЧХ, циклических, Хэмминга и кодов Рида – Соломона, а также блоков генерации CRC, матричных, алгебраических, сверточных, мультиплексированных и случайных перемежителей/деперемежителей и управляющий программный скрипт позволяют динамически, в соответствии с алгоритмом выбирать различные типы блоков перемежения, составные элементарные кодеры/декодеры, блоки моделирования помех, а также изменять скорость передачи и тип модуляции.

Моделирование систем передачи информации с использованием различных турбокодов позволит оптимизировать параметры специализированных каскадных кодов с точки зрения достижения максимальной помехоустойчивости всей сигнально-кодовой конструкции в конкретных условиях (для определенного типа модуляции, характеристик канала связи и т. д.) и быстродействия [6–8]. Помимо этого, решаются задачи синтеза случайного кода большой длины для цифровых систем связи с высокой энергетической эффективностью, а также статистического исследования его дистанционных и вероятностных свойств.

Полученные результаты являются первым этапом создания программных средств моделирования конструкций каскадных кодов.

Литература

1. Rhee M. Y. CDMA Cellular Mobile Communication and Network security // URL:www.3g-mobile.ru/stand
2. Зубарев Б. Основные проблемы создания мобильных сетей 3-го поколения и пути их решения в рамках МСЭЮ // Мобильные системы: Сб. докладов 6-го бизнес-форума. – М.: МЦНТИ, 2001. – 300 с.
3. Совместное использование турбо декодера и многопользовательского детектора в системах связи с кодовым разделением каналов / А.В. Гармонов, А.В. Гончаров и др. // DSPA-2002: Матер. 4-й Междунар. конференции. – М., 2002.
4. Потемкин В. Вычисления в среде MATLAB. – М.: Диалог МИФИ, 2004.
5. Moler C.B., Moler K.A. Numerical Computing with MATLAB // URL: www.mathworks.com/moler
6. Poor J., Wornel M. Wireless Communication: Signal Processing perspectives // URL:www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200004
7. Namkel M. Designing turbo-coded modulation for future mobile radio systems // Proceedings of 3rd ITG Conference on Source and Channel coding.—2000. – Munich, Germany. – PP. 225–230.
8. Lakovic K., Villasenor J. Combining Variable Length Codes and Turbo Codes // IEEE VTC.— May, 2002.