

МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ ДВУСТОРОННЕЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА "СИЛА СИБИРИ" НА БАЗЕ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ КА "ЯМАЛ-401"

А.А. Кожин, А.М. Голиков (научный руководитель)

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР
E-mail: rts2_golikov@mail.ru*

Модель построена на стандарте цифровой видео передачи - системы с обратным каналом (Digital Video Broadcast – Return Channel System DVB-RCS), мультисервисная DVB-RCS платформа обеспечивает высокоскоростной спутниковый доступ с приложениями реального времени (передача данных, голос, видео), а также стандартные IP приложения. Нисходящая линия связи DVB-RCS построена на стандарте телевизионного вещания DVB-S2, а восходящая на стандарте MF-TDMA. В докладе представлены результаты исследования Simulink моделей DVB-S2 и MF-TDMA для использования двух входных последовательностей. Модель будет использована для проектирования адаптивной двусторонней широкополосной спутниковой системы передачи данных для космических аппаратов КА "ЯМАЛ - 401". В настоящее время проектируется спутниковая система передачи данных (ПД) для магистрального газопровода "Сила Сибири", но проектирование находится на стадии энергетических расчетов линий связи. Настоящий доклад предлагает Simulink модель спутниковой системы ПД для магистрального газопровода "Сила Сибири".

Топология сети на базе мультисервисной DVB-RCS платформы, как правило, строится по типу «звезда» и подразумевает наличие двух трактов передачи [1, 2]. Прямой канал – спутниковый канал от Центральной земной станции (ЦЗС/HUB) до удаленных спутниковых интерактивных терминалов (СИТ/SIT). Обратный канал - спутниковый канал от терминала до Центральной земной станции

Стандарт DVB-RCS утвержден Европейским институтом стандартизации в области связи (ETSI) в 2000 году. Стандарт предлагает прямой канал, основанный на формате данных DVB/MPEG 2, и обратный канал, на основе режима множественного доступа с разделением по времени (MF-TDMA). Широкополосная несущая DVB/MPEG 2 может обеспечить скорость передачи в прямом канале до 110 Мбит/с, а режим MF-TDMA предусматривает скорость до 2-4 Мбит/с в обратном канале с каждого удаленного терминала.

Стандарт DVB-S2 (прямой канал) предусматривает четыре возможных схемы модуляции.

По сравнению с QPSK, верхняя схема модуляции, 32 APSK, позволяет повысить общую скорость потока в 2.5 раза. Для защиты от помех в новом стандарте, как и в прежних, используется перемежение данных и наложение двухуровневого кода для прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction FEC). Но системы внешней и внутренней кодозащиты – другие, чем в стандарте DVB-S. В качестве внешней кодозащиты вместо кода Рида-Соломона используется код Боуза-Чоудхури-Хоквингема (Bose-Bhaidhuri-Nocquenghem, BCH), а в качестве внутренней, вместо сверхточного кода, – код с низкой плотностью проверок на четность (Low Density Parity Check Codes – LDPC). Критерием выбора была достижимая с помощью кода эффективность передачи в канале, и коду LDPC удалось максимально приблизить ее к пределу Шеннона при соблюдении установленных ограничений на сложность чипа декодера. Код LDPC накладывается на блоки длиной 64800 бит, которые для приложений, чувствительных к задержкам, могут быть сокращены в 4 раза. Относительная скорость передачи может составлять от 1/4, до 9/10. Первый вариант предусматривает передачу трех защитных бит на каждый полезный, а последний, одиннадцати – один контрольный бит на девять полезных.

Новая пара кодов обеспечивают более эффективное использование канального ресурса, чем коды DVB-S. Она позволяет работать при уровнях SNR всего на 0.7 дБ выше требуемого соотношением Шеннона для заданной скорости, в то время как применение свертки в паре с кодом Рида-Соломона требовало превышения этого предела примерно на 5 дБ. Правда, при этом не выполняются условия бесконечно высокой достоверности передаваемой информации, оговоренные в теореме Шеннона. Более того, новый стандарт допускает более высокую частоту ошибок BER на выходе декодера, чем старый. Если кодеры стандарта DVB-S обеспечивают снижение BER до $10E-10 - 10E-11$, то LDPC в сочетании с BCH снижают его до уровня $10E-7$. Такой уровень соответствует появлению одной ошибки в час при передаче потока скоростью 5 Мбит/с. В случае передачи пакетной информации, перед ее подачей в FEC-кодеры, на нее накладывается CRC-8 (Cyclic Redundancy Check) кодирование. А после FEC кодирования данные подвергаются перемежению, защищающему ее от длительных помех.

Реализация модели DVB-S2 (линии "вниз")

Разработана модель в среде разработки Simulink для стандарта DVB-S2.

Результаты исследования Simulink модели DVB-S2.

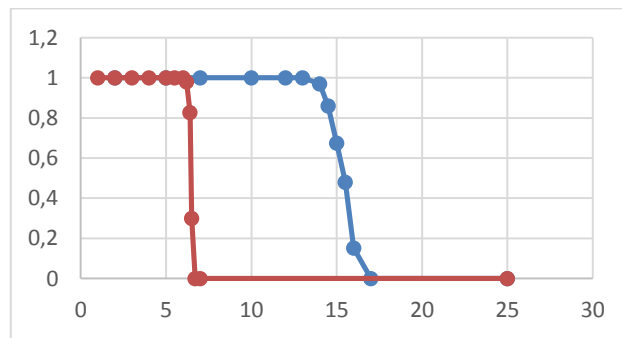


Рис. 1. График зависимости BER от SNR на входе/выходе системы. Синяя линия – для QPSK, Красная линия – для 8-PSK

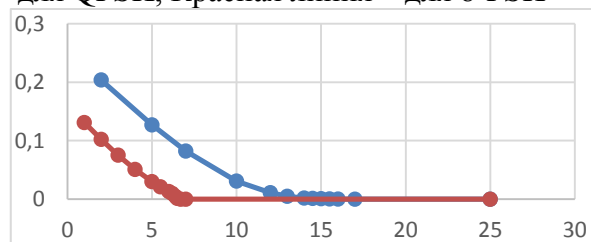


Рис. 2. График зависимости BER от SNR на LDPC кодере/декодере. Синяя линия – для QPSK, Красная линия – для 8-PSK

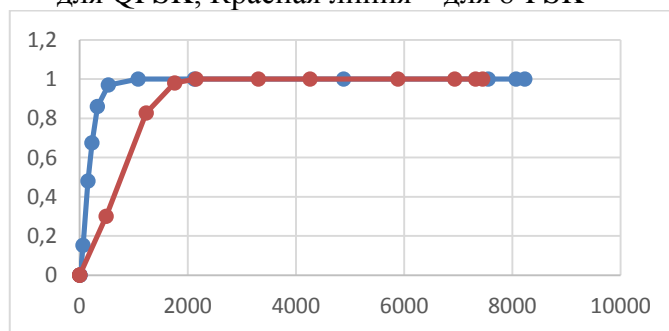


Рис. 3. График зависимости BER от контрольной суммы на входе/выходе системы. Синяя линия – для QPSK, Красная линия – для 8-PSK

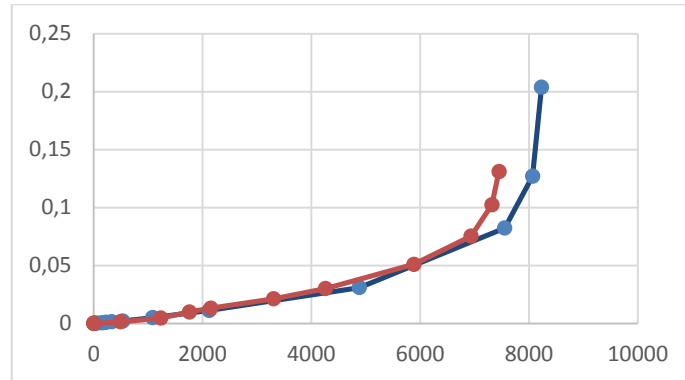


Рис. 4. График зависимости BER от контрольной суммы на LDPC кодере/декодере. Синяя линия – для QPSK, Красная линия – для 8-PSK

Результаты исследований модели Symulink линии "вверх" MF-TDMA при использовании двух входных последовательностей представлены на рисунке 5. По полученным данным построены зависимости BER от SNR для первой и второй последовательности.

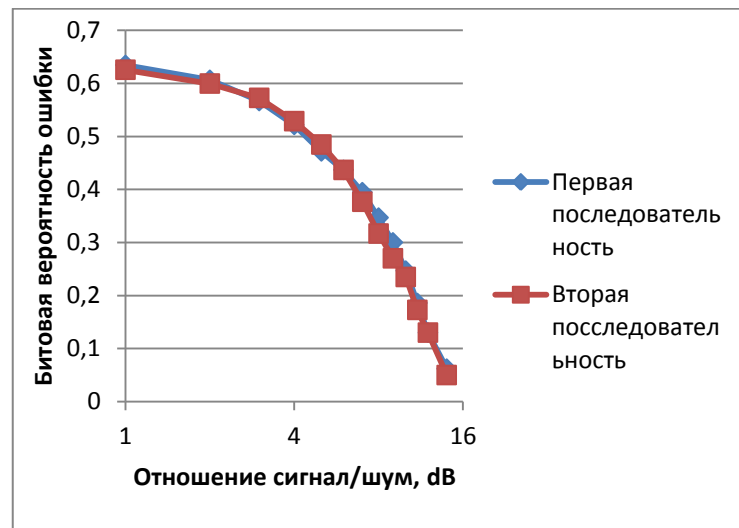


Рис. 5. Зависимость BER от SNR для двух последовательностей

В докладе представлены основные результаты исследований модели спутниковой системы передачи данных на базе стандарта DVB-RCS.

Литература

1. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Видеоинформационные системы. Теория и практика. - М.: Техносфера. - 1008 с.
2. Миронов М.В. Влияние многолучевости на точность оценки разности моментов прихода сигналов на трассах «земля - космический аппарат» / Миронов М.В., Мещеряков А.А., Шарыгин Г.С., Сулова Н.А., Рогожников Е.В., Фирсов В.В.//Доклады ТУСУР, Т1, №31, С.16-32.