

УДК 621.391

Анализ эффективности и помехозащищенности многоканальных систем передачи информации с кодовым уплотнением

Исследованы многоканальные системы связи с кодовым уплотнением для решения задачи организации наиболее эффективного доступа нескольких пользователей к единому ресурсу. Синтезирован макет многоканальной системы связи с комбинационным уплотнением в Matlab.



Ключевые слова:

многоканальные системы передачи информации, уплотнение, помехозащищенность.

Введение. Практика построения современных систем передачи информации (СПИ) показывает, что наиболее дорогостоящими звеньями трактов передачи являются линии связи (кабельные, волоконно-оптические, сотовой мобильной радиосвязи, радиорелейной и спутниковой связи и т. д.). Поскольку экономически нецелесообразно использовать их для передачи информации лишь нескольким абонентам, возникает необходимость в многоканальных СПИ, обеспечивающих передачу большого числа сообщений от различных источников информации по общей линии связи [1].

В многоканальной СПИ по общему высокочастотному тракту передаются сообщения от нескольких источников информации. На передающей стороне сообщения от каждого из них модулируют по какому-либо параметру выделенные данному источнику каналные сигналы. Затем промодулированные каналные сигналы объединяются по тому или иному правилу, в результате формируя суммарный (групповой) сигнал. Данная операция называется уплотнением каналов. Полученный групповой сигнал затем модулирует несущее колебание, которое поступает на передачу. При использовании общей несущей каналные сигналы иногда называют поднесущими колебаниями. В ряде случаев, когда источники информации территориально сосредоточены, общая несущая не используется и каналные сигналы формируются непосредственно на несущих частотах [2].



В.О. СИДОРОВИЧ,
магистр техн. наук,
инженер 1-й категории



В.В. БЕЗМЕН,
магистр техн. наук,
аспирант БГУ,
инженер 2-й категории

Государственное предприятие «НИИ ТЗИ»

Теоретический анализ. Тракт связи по способности передавать информацию характеризуется объемом V_{MP} :

$$V_{MP} = F_{MP} \cdot T_{MP} \cdot D_{MP}$$

где F_{MP} – полоса частот тракта связи,

T_{MP} – время использования тракта связи,

D_{MP} – динамический диапазон тракта связи.

Передаваемый по тракту связи сигнал также имеет три измерения, т. е. его объем составляет $V_C = F_C \cdot T_C \cdot D_C$. Для передачи сигнала по тракту связи с допустимыми искажениями необходимо выполнить условие $V_{MP} \geq V_C$.

Возможные методы уплотнения каналов можно классифицировать на *линейные* и *нелинейные*. В первом случае уплотнение сигналов отдельных каналов производится линейными устройствами с постоянными или переменными параметрами, во втором – методы уплотнения являются нелинейными [3].

Если объем тракта связи намного больше объема передаваемого сигнала, то возможно уплотнение тракта связи n каналами передачи информации. В зависимости от того, какой из параметров тракта связи делится по отдельным каналам, различают методы частотного и временного уплотнения, а также уплотнения по уровню (кодовое). Все они являются линейными [2].

При использовании линейных методов операция уплотнения каналов сводится к суммированию канальных сигналов. В кодовом линейном уплотнении в качестве ансамбля канальных сигналов используются ортогональные системы тригонометрических функций и функций Радемахера – Уолша, полиномы Лежандра, Чебышева и др. Групповой сигнал представляется в виде суммы ортогональных канальных сигналов. Разделение сигналов на приемной стороне осуществляется N линейными избирательными устройствами (по числу каналов), каждое из которых выделяет соответствующий канальный сигнал из группового. Для линейного разделения каналов при линейном уплотнении необходимым и достаточным условием является линейная независимость канальных сигналов, при которой ни один из них нельзя представить линейной комбинацией других канальных сигналов [3].

Общая теория нелинейного уплотнения и разделения каналов к настоящему времени еще недостаточно разработана. Поэтому ограничимся рассмотрением так называемого комбинационного метода, который является одним из примеров нелинейного уплотнения и разделения каналов.

Пусть имеется L_U каналов, в которых сообщения, подлежащие передаче, представлены в цифровой

форме, например двоичным кодом. Символы кодов 0 и 1 из всех каналов одновременно поступают на устройство уплотнения. Поскольку в каждом из каналов возможно появление как 0, так и 1, очевидно, что в любой фиксированный момент времени на устройство уплотнения от всех L_U каналов поступает одна из 2^{L_U} возможных комбинаций 0 и 1. В общем случае, при представлении сообщения в каждом из каналов с помощью кода с основанием b (b -значного кода, где $b \geq 2$), в любой фиксированный момент времени на устройство уплотнения от всех L_U каналов будет поступать одна из b^{L_U} возможных комбинаций символов 0, 1, ..., $b - 1$. Устройство уплотнения каждой из поступивших комбинаций ставит в соответствие свой номер (однозначно соответствующее этой комбинации число), который и является групповым сигналом. Таким образом, в данном случае групповой сигнал не является линейной комбинацией канальных сигналов, а представляет собой однозначное отображение возможных комбинаций канальных символов, чем и объясняется название этого метода уплотнения.

Групповой сигнал может кодироваться различными способами. На приемной стороне по принятому групповому сигналу восстанавливаются символы кодов сообщений в каждом из каналов. Таким образом осуществляется разделение каналов, поскольку любая комбинация символов кода сообщения однозначно соответствует групповому сигналу. В общем случае разделение каналов осуществляется нелинейными устройствами, хотя возможны модификации комбинационного уплотнения, при которых разделение осуществляется линейными устройствами [4].

Экспериментальная часть. На рисунке 1 изображена синтезированная в среде Matlab структурная схема многоканальной системы передачи информации с кодовым уплотнением.

В состав формирователя входят:

4 источника цифровой информации

(блоки Data 0, 1, 2, 3);

генератор ансамбля четверично-кодированных последовательностей с тактовым генератором (блоки Q_Code_Generator);

фазовый модулятор-перемножитель и демодулятор (блоки Modulator и Demodulator);

генератор несущего колебания и его копия на приемной стороне – генератор опорного колебания (блоки Gen_Nes и Gen_Opor);

генератор гауссовского шума (Gaussian-Noise-Generator);

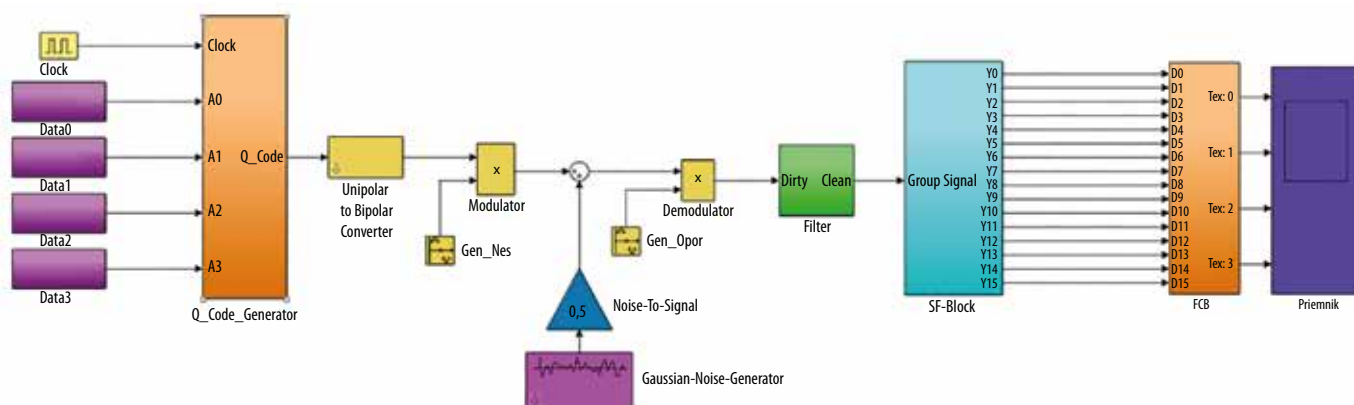


Рисунок 1 – Многоканальная система передачи информации с кодовым уплотнением

- регулятор мощности шума (блок Noise-To-Signal);
- фильтр (блок Filter);
- согласованные фильтры (блок SF-Block);
- формирователь цифровых бит (блок FCB);
- приемник информации (блок Priemnik).

На вход коммутационного устройства, выполняющего функции устройства уплотнения, от четырех источников поступают биты цифровой информации, которые образуют параллельный четырехразрядный двоичный код. В соответствии с комбинацией кода на входе устройства уплотнения на его выходе появляется одна из $N = 1$ ортогональных функций, поступающих из генератора опорных функций. Обязанности опорных функций выполняют четверично-кодированные последовательности (ЧКП). Следовательно, длительность ортогональной функции равна длительности информационного бита, а минимальное количество дискретов (база) функции равно 16 (в соответствии со свойством ЧКП).

Таким образом, групповой сигнал представляет собой последовательность ортогональных функций с полосой частот, в 16 раз превосходящих полосу частот информационных бит. Далее он модулирует один из параметров несущего колебания (в данном случае фазу).

На приемной стороне после прохождения усилителя промежуточной частоты и демодулятора сигнал попадает на согласованные фильтры, число которых равно количеству ортогональных функций. Устройства принятия решений подают сигналы о выделении определенной функции в устройство сравнения. По максимальному сигналу формирователь и преобразователь цифровых бит генерируют соответствующий код для потребителей информации.

Результаты и их обсуждение. Временные диаграммы, поясняющие формирование и обработку информационных сигналов в контрольных точках, изображены на рисунках 2, 3 и 4.

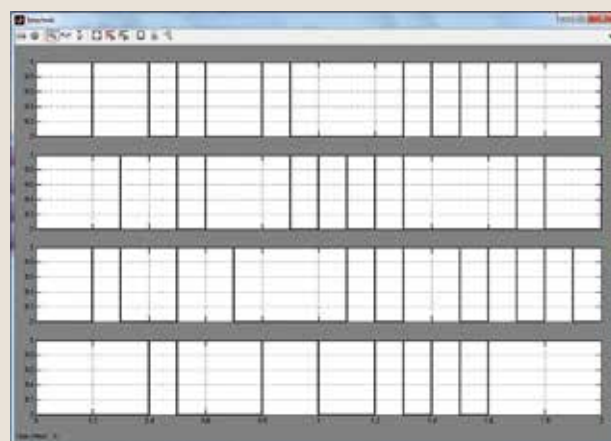


Рисунок 2 – Сигналы на выходе источника информации

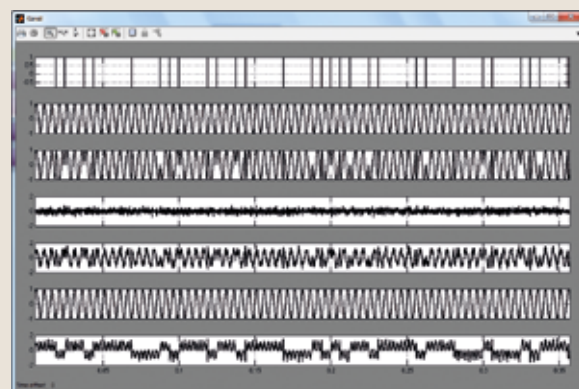


Рисунок 3 – Временные диаграммы:
 1 – ансамбль ЧКП; 2 – генератор несущего колебания;
 3 – после прохождения модулятора; 4 – гауссовский шум;
 5 – после сумматора; 6 – после демодулятора;
 7 – после фильтра нижних частот

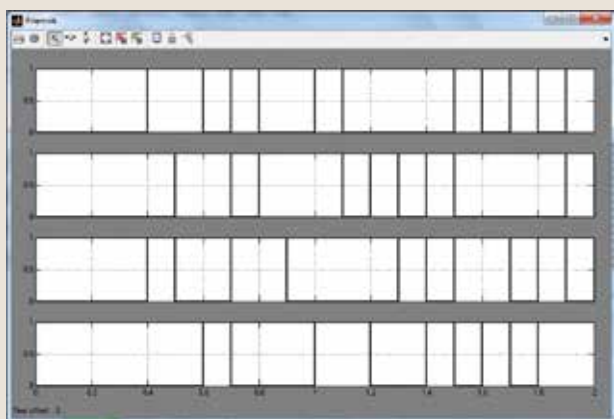


Рисунок 4 – Сигналы на приемнике

За счет использования ансамбля ЧКП в качестве системы ортогональных функций групповой сигнал является широкополосным, что обеспечивает структурную и энергетическую скрытность. Одним из преимуществ данного метода уплотнения является бинарность группового сигнала.

Заключение. На сегодняшний день важнейшие достоинства кодового уплотнения – эффективное использование выделенной полосы частот (все каналы занимают одну и ту же полосу частот в одном временном интервале); высокая потенциальная помехоустойчивость (за счет ортогональных функций) и помехозащищенность; возможность обеспечить энергетическую и структурную скрытность передаваемой информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Принципы многоканальной передачи информации. Элементы теории разделения сигналов [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://studopedia.org/8-106652.html>. – Дата доступа: 26.01.2015.
2. Уплотнение информации в аналоговых системах связи [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://studopedia.org/2-74270.html> – Дата доступа: 11.03.2014.
3. Садо́мовский, А.С. Приемно-передающие радиоприемники и системы связи / А.С. Садо́мовский // Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 243 с.
4. Тепляков, И.М. Радиоприемники космических систем передачи информации / И.М. Тепляков, И.Д. Калашников, Б.В. Рошин // М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.

Multichannel communication systems with code seal are considered to solve the problem of organizing the most effective access of multiple users to a single resource. A model of a multichannel communication system with a combination seal in Matlab is constructed.

Получено 24.11.17.



Один из крупнейших информационных центров Беларуси предлагает специалистам ознакомиться с новыми изданиями по теме «Телекоммуникации и связь»



А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, А.И. Сенин, И.Б. Федоров
Р15 Радиосистемы передачи информации: Учебное пособие для вузов / В.А. Васин, В.В. Калмыков, Ю.Н. Себекин, А.И. Сенин, И.Б. Федоров; под ред. И.Б. Федорова и В.В. Калмыкова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 472 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0506-1.

Рассмотрены основы теории и принципы построения систем передачи дискретной информации, модели сообщений и каналов, основные информационные характеристики, вопросы выбора сигналов и способы их обработки в системах передачи дискретных сообщений. Анализируется помехоустойчивость, освещены основные направления повышения эффективности радиотехнических систем передачи информации, общие вопросы их проектирования и реализации.

Для студентов радиотехнических и инфокоммуникационных специальностей, может быть использовано специалистами в области построения радиотехнических систем передачи информации.

УДК 621.372.88 ББК 32.884

12 декабря 2017 г. на 68-м году жизни безвременно скончался Акимов Юрий Михайлович – высокий профессионал, специалист по международным отношениям в сфере связи.

Юрий Михайлович прошел славный жизненный путь. После учебы на переводческом факультете Минского государственного пединститута иностранных языков Ю.М. Акимов работал в структурах Госкомитета по внешнеэкономическим связям СССР. В 1975 г. поступил на работу в Минсвязи БССР, был старшим инженером Главного почтового управления, помощником министра связи БССР, начальником Управления внешних связей Минсвязи и членом коллегии.

Владея в совершенстве английским и французским языками, Юрий Михайлович в 90-е гг. непосредственно участвовал в становлении внешнеэкономической и внешнеполитической деятельности Минсвязи, в работе международных организаций связи (МСЭ и ВПС), возглавлял делегации Минсвязи республики на генеральных конференциях международных организаций. Он также был заместителем председателя Комитета по международному сотрудничеству Регионального содружества в области связи (РСС) в СНГ.

Свою энергию и опыт Акимов Юрий Михайлович успешно применял на посту генерального директора СП ООО «Мобильная цифровая связь» (Velcom), ООО «Связьинформсервис» и ряда других структур. Последней и лучшей наградой станет наша память о нем.

Коллегия Министерства связи и информатизации Республики Беларусь выражает глубокие соболезнования родным и близким Юрия Михайловича Акимова.