
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

УДК 621.396.2

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДЕКОВ

Альшрайдех Абдалла Мохаммед

аспирант кафедры радиотехники и радиосистем. ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: ags@vlsu.ru.

Гомес Жилберто Лоуренсо

аспирант кафедры радиотехники и радиосистем. ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: gilberto.rus@gmail.com.

Самойлов Александр Георгиевич

доктор технических наук, профессор, декан факультета радиофизики, электроники и медицинской техники. ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: ags@vlsu.ru.

Самойлов Сергей Александрович

кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехники и радиосистем.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

E-mail: samoylow@rambler.ru.

Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87.

Аннотация: Рассмотрены системы связи с помехоустойчивым кодированием. Предложена структурная схема аппаратно-программного комплекса для исследования помехоустойчивых кодеков. Проанализирован алгоритм исследования помехоустойчивых кодеков при низких вероятностях ошибки в канале связи.

Ключевые слова: декодер, кодирование, «мягкое» декодирование.

В настоящее время в системах передачи информации одной из важных задач является борьба с помехами. Ухудшение помеховой обстановки, вызванное резким увеличением количества средств связи, многолучевым распространением сигналов, затуханиями, нелинейностью передатчика, а также атмосферными, импульсными и промышленными помехами, приводит к увеличению вероятности битовой ошибки в цифровых каналах связи.

Наиболее перспективным направлением в борьбе с помехами и улучшении тем самым достоверности передаваемой информации, яв-

ляется применение помехоустойчивого кодирования. Использование избыточных корректирующих кодов позволяет увеличить помехоустойчивость систем связи как для старого, так и для нового оборудования. Пример использования помехоустойчивого кодирования в системе связи РРС приведен на рис.1.

На практике применяются алгебраические помехоустойчивые коды, такие как: коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема (БЧХ), коды Рида-Соломона (РС), сверточные коды и каскадные коды (турбокодирование). Наиболее широко применяются циклические коды с обнаруже-

нием ошибок, которые являются частным случаем кодов БЧХ. В каналах радиосвязи широкое применение находят коды Рида-Соломона, которые наиболее просто реализуются на практике, вследствие чего они большим разнообразием представлены в каталогах серийной продукции фирм Xilinx, АНА, Analog Devices и многих других крупных фирм - производителей специализированных микропроцессоров. В последнее время широкое распространение получают алгоритмы «мягкого» декодирования, когда анализ и декодирование информации строится на вероятностях принятых декодером битов или символов.

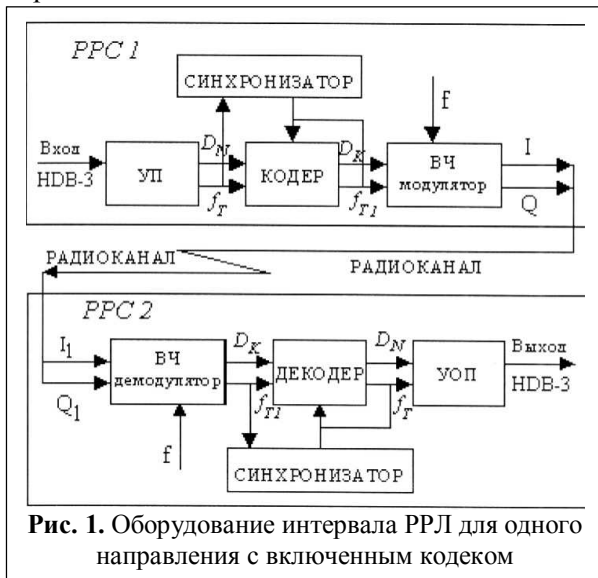


Рис. 1. Оборудование интервала РРЛ для одного направления с включенным кодеком

При проектировании помехоустойчивых кодеров исходными данными являются вероятность и характер битовой ошибки в канале связи, предельная кодовая скорость, а также вероятность битовой ошибки в системе связи с помехоустойчивым кодированием. Зачастую не удается аналитически рассчитать параметры кодера для выполнения поставленной задачи. Это связано в первую очередь со сложностью и неоднозначностью расчетов, а также эффектом размножения ошибок, в случае неверного декодирования искаженной помехами информации. Задача еще более усложняется при анализе кодера, использующего «мягкие» алгоритмы декодирования. Таким образом, представляется целесообразным создание модели разрабатываемого кодера и модели постановщика по-

мех для определения наилучших параметров кодирующего и декодирующего устройства.

Структурная схема исследования помехоустойчивых кодеров приведена на рис.2. Генератор псевдослучайной последовательности информации (ГПСПИ) вырабатывает информационный поток, который при необходимости может быть разделен на блоки. После кодирования информационный поток подвергается воздействию постановщика помех (ПП) по заданному алгоритму и с заданной вероятностью битовой или символьной ошибки. Далее информационный поток декодируется и поступает на схему сравнения (СС), где происходит сравнение первоначально сгенерированной и декодированной информации. Число ошибок суммируется. Зная объем информации, пропущенной через схему сравнения, и число ошибок, нетрудно посчитать итоговую вероятность битовой или символьной ошибки в системе связи при использовании выбранного варианта помехоустойчивого кодирования.

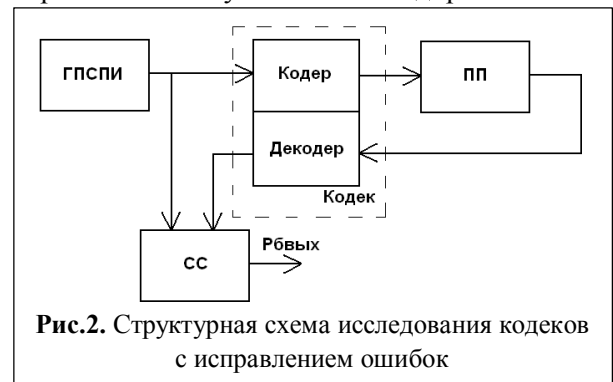


Рис.2. Структурная схема исследования кодеров с исправлением ошибок

Подобную схему исследования помехоустойчивых кодеров проще всего реализовать программно на ПЭВМ, когда и сам алгоритм кодирования/декодирования информации и блоки постановки помех и сравнения информации выполнены в виде программ. В случае, когда исследуемый кодек уже реализован аппаратно, можно предложить программно-аппаратную реализацию, когда схема сравнения и постановщик помех выполнены в виде программ на ПЭВМ, а связь с кодеком осуществляется через стандартные интерфейсы, например RS-232. Пример подобной реализации приведен на рис.3. Недостатком такого метода является относительно низкое быстродействие системы из-за скоростных ограничений стандартных интерфейсов ПЭВМ и необ-

ходимостью поддержки этих интерфейсов аппаратной частью кодера.

Для устранения этого недостатка можно предложить программно-аппаратный комплекс исследования помехоустойчивых кодеров, изображенный на рис. 4. В этом случае с помощью ПЭВМ программируется алгоритм работы постановщика помех, схемы сравнения, генератора информационного потока, а также анализируется итоговая вероятность ошибки. В этом случае, информационный поток может передаваться с высокой скоростью, что уменьшит время исследования.



Рис.3. Исследование помехоустойчивых кодеров с помощью ПЭВМ

Необходимо отметить, что для всестороннего анализа работы кодера при заведомо низких вероятностях ошибки $P_b < 10^{-5}$ потребуются значительные объемы информации, что увеличивает время исследований. Это связано с низкой вероятностью возникновения групповых или чередующихся битовых ошибок. В этом случае, имеет смысл программировать постановщик помех именно на подобные ситуации и учитывать число поврежденных битов на выходе декодера с учетом вероятности возникновения подобных помех. Например, для исследования эффекта размножения ошибок при использовании кодера Рида-Соломона, можно программировать постановщик помех на случаи, когда число ошибок заведомо больше исправляющей способности кодера.

Так при длине блока N символов и избыточности $2t$ символов имеет смысл проверять количество ошибок на выходе декодера при числе поврежденных символов E от $t+1$ до N . Тогда вероятность символьной ошибки P_s с учетом эффекта размножения составит

$$P_s = \frac{1}{N} \sum_{t+1}^N P_i M_i, \text{ где } P_i - \text{вероятность возникновения } i \text{ поврежденных символов в блоке ин-}$$

формации длиной N , а M_i – число поврежденных символов на выходе декодера при i ошибках в канале связи.

формации длиной N , а M_i – число поврежденных символов на выходе декодера при i ошибках в канале связи.



Рис.4. Программно-аппаратный комплекс исследования помехоустойчивых кодеров

Устройство для исследования кодеров, изображенное на рис.4, можно реализовать на относительно дешевых микросхемах ПЛИС. Современные программируемые логические интегральные схемы обладают достаточно большой емкостью и быстродействием, что позволит при минимальных затратах проводить исследования широкого спектра помехоустойчивых кодеров. В качестве интерфейса связи с персональным компьютером целесообразно использовать стандартные интерфейсы, через которые будет обеспечиваться программирование алгоритма исследования кодера.

Литература

1. Прокис Д. Цифровая связь. Пер. с англ./ Под ред. Д.Д. Кловского.- М.: Радио и связь. – 2000. - 800 с.
2. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. / Под ред. В.И. Журавлева. - М.: Радио и связь. – 2000. - 520 с.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс». – 2003. - 1104 с.
4. Полушин П.А., Ульянова Е.В. Результаты моделирования сверточного метода обработки сигналов при межсимвольной интерференции / Проектирование и технология электронных средств. – №2, 2012. – С. 24-29.
5. Самойлов С.А. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах передачи информации / Проектирование и технология электронных средств.- №2, 2010. – С.45-50.
6. Кульпин А.С., Полушин П.А., Самойлов А.Г., Самойлов С.А. Адаптивный кодер для систем телеуправления магистральными газопроводами / Проектирование и технология электронных средств. – № 4, 2005. – С. 59-63.

Поступила 19 марта 2014 г.

Hardware-software complex of noise-immune codecs analysis

Alshraydekh Abdalla Mokhammed – post-graduate student Department of Radio Engineering and Radio Systems of “Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov”.

Gomez Zhilberto Lourenso – post-graduate student Department of Radio Engineering and Radio Systems of “Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov”.

Samoilov Aleksander Georgiyevich – Doctor of Engineering, Professor, Dean of the Department of Radio Physics, Electronics and Medical Equipment of “Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov”.

Samoilov Sergey Aleksandrovich – Candidate of Engineering, Associate Professor of “Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov”.

Address: 600000 Vladimir, Gorky str., 87.

Abstract: The paper considers communication systems with noise-immunity coding as one of prospective line of development in interference control and consequently in improvement of the transmitted information fidelity. Algebraic noise-immune codes, such as: Codes Bose-Chaudhuri-Hokengema (BCH), Reed-Solomon codes (RS), convolution codes and concatenated codes and turbo codes are widely applied. Cyclic codes with error detecting being a particular case of BCH codes are the most common in use. The selection of an efficient type of noise-immunity coding for a specific transmission channel of the information is unequivocal and it is always challenging for system developers. Thus, it is vital to create a model of the developed codec and a model of a noise supplier to determine the best parameters of an encoder and a decoder. The schematic structure of a hardware-software complex for analysis of noise-immune codecs has been suggested. The algorithms of noise supplier and data flow generator operation are programmed by an ECM as well as total error probability is analyzed. Considerable amount of information is required (that increases investigation time) for comprehensive analysis of a codec operation at predictably low error probability level. An algorithm of noise-immunity codec analysis at low error probability level of a communication channel has been proposed. Analytical forms for determination of codec error-correcting capability in communication channels with low probabilities of bit errors are given. The capability of implementation of a programmable investigation system of noise-immunity codecs on FPLD chips have been analyzed.

Key words: encoder, decoder, encoding, the soft-decision decoding, bit error, noise, noise immunity, Reed-Solomon code.

References

1. *Prokis D.* Digital Communication. Transl. from Engl. Ed. by *D.D. Klovsky*. M.: Radio i svjaz. 2000. 800 p.
2. *Feer K.* Wireless Digital Communication. Methods of Spectrum Modulation and Broadening. Transl. from Engl. Ed. by *V.I. Zhuravlev*. M.: Radio i svjaz. 2000. 520 p.
3. *Sklyar B.* Digital Communication. Theory and Practice. Ed. 2-nd, Transl. from Engl. M.: Izdatel'skij dom «Vil'jame». 2003. 1104 p.
4. *Polushin P.A., Uljanova E.V.* Simulation Results of Convolution Method of Signal Processing in case of Interpulse Intereference. *Proektirovanie i tehnologija jelektronnyh sredstv*. № 2, 2012. P. 24-29.
5. *Samojlov S.A.* Jam-resistant Encoding in Digital Systems of Information Transfer. *Proektirovanie i tehnologija jelektronnyh sredstv*. № 2, 2010. P.45-50.
6. *Kupin A.S., Polushin P.A., Samojlov A.G., Samojlov S.A.* Adaptive Coder for Telecontrol Systems of Cross-Country Gas Pipelines. № 4, 2005. P. 59-63.