

УДК 621.391.15

ББК 32.811.4

3-80

Золотарёв В. В., Овечкин Г. В.

3-80 Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы:
Справочник / Под. ред. чл.-кор. РАН Ю. Б. Зубарева. – М.: Горячая линия–Телеком, 2004. – 126 с.: ил.

ISBN 5-93517-169-4

Систематически изложены методы и описаны характеристики различных алгоритмов помехоустойчивого кодирования. Рассмотрены методы многопорогового декодирования для блоковых и сверточных кодов, которые имеют технологические преимущества перед другими алгоритмами коррекции ошибок и могут найти применение в различных областях связи, обеспечивая высокие характеристики декодирования.

Для специалистов в области теории и техники кодирования, разработчиков систем связи, студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

ББК 32.811.4

Адрес издательства в Интернет www.techbook.ru

Справочное издание

Золотарёв Валерий Владимирович

Овечкин Геннадий Владимирович

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

Методы и алгоритмы

Справочник

Компьютерная верстка Г. В. Овечкина

Обложка художника В. Г. Ситникова

Подписано в печать 11.02.04. Формат 60х88/16.

Бумага офсетная. Усл. печ. л. 7,9. Тираж 1500 экз. Изд. № 169.

Электронное издание 04.10. 2014 г.

ISBN 5-93517-169-4

© В. В. Золотарёв, Г. В. Овечкин, 2004

© Издательство «Горячая линия – Телеком», 2004, 2014

Введение

Динамичный переход нашей технологической цивилизации на цифровые системы обработки и передачи информации создает много проблем при проектировании современных систем информатики и телекоммуникаций. Одной из важнейших задач, которые при этом необходимо решать во всех подобных системах, является обеспечение высокой достоверности передачи данных. Совершенно очевидно, что только при безусловно правильно переданных цифровых данных, поступивших на дальнейшую обработку, имеет смысл развивать весьма капиталоемкие технологии информатизации мирового сообщества.

К наиболее эффективным методам обеспечения высокого качества цифровой передачи в условиях высокого уровня шума канала относятся уже весьма мощные в настоящее время алгоритмы декодирования корректирующих кодов, в разработке которых теория помехоустойчивого кодирования, несомненно, имеет очень значительные успехи. За 50 лет своего интенсивного развития в технику связи были успешно внедрены пороговые декодеры, алгоритм Витерби, коды Рида-Соломона, каскадные схемы кодирования, а также разработки последнего времени: алгоритмы для турбо кодов и многопороговые декодеры (МПД). Однако требования к алгоритмам исправления ошибок в каналах с шумами, в частности, спутниковых каналах, непрерывно растут, и главная проблема – декодирование с эффективностью, близкой к оптимальной по энергетике канала, но при максимально простой реализации, еще до недавнего времени была весьма далека от своего успешного решения.

В предлагаемом вниманию читателей справочнике предлагаются конкретные схемы, реализующие возможности различных алгоритмов декодирования. За последнее десятилетие в технике помехоустойчивого кодирования произошли очередные революционные изменения, еще более значительные, чем в те далекие уже времена, когда были созданы первые аппаратные версии алгоритма Витерби и каскадные схемы с использованием этого алгоритма и декодеров для кодов Рида-Соломона. Те изменения в технологии микроэлектроники, которые еще 20 лет назад казались если и возможными, то в очень отдаленном бу-

душем, сейчас обеспечивают возможность создания весьма мощных алгоритмов коррекции ошибок. К ним можно отнести турбо коды и другие близкие к ним структуры с алгоритмами их декодирования.

Другим еще более эффективным подходом к решению проблемы декодирования являются многопороговые декодеры (МПД), которые много лет успешно развиваются российскими специалистами. В справочнике эти методы представлены особенно широко как для блочных, так и для сверточных кодов, в том числе и недвоичных.

Подчеркнем, что в настоящее время алгоритмы типа МПД могут декодировать длинные коды почти так же, как и оптимальные переборные алгоритмы. Однако сами МПД сохраняют при этом линейную сложность реализации. При одинаковой эффективности МПД выполняет примерно в 100 раз меньшее число операций, чем соответствующие турбо декодеры. При аппаратной реализации МПД может быть в некоторых случаях более быстрым, чем, например, турбо декодеры, почти на 3 десятичных порядка. Авторы полагают, что по совокупности характеристик эффективности, сложности реализации и быстродействия к уровню алгоритмов МПД в ближайшее время не смогут даже приблизиться никакие методы, известные в настоящее время.

Значительную роль в теории и технике кодирования играют каскадные методы кодирования и декодирования. Они практически всегда обеспечивают гораздо более высокий энергетический выигрыш (ЭВК) кодирования, чем те исходные базовые методы, из которых формируются затем сами каскадные коды. Этим и определяется важность каскадных методов кодирования и декодирования.

Справочник состоит из четырех глав. Первая глава содержит вводный материал, в котором описываются общие принципы работы системы передачи информации, рассматриваются наиболее часто используемые модели дискретных каналов связи и способы вычисления их основных характеристик. Также в данной главе даются базовые понятия помехоустойчивого кодирования и рассматриваются наиболее важные свойства линейных кодов. Во второй главе описываются блочные линейные

коды, проводится анализ эффективности методов их декодирования, как с точки зрения обеспечиваемых вероятностных характеристик, так и сложности практической реализации. Третья глава посвящена методам декодирования сверточных кодов. В ней рассмотрены алгоритм декодирования Витерби, методы последовательного декодирования, а также пороговые и многопороговые алгоритмы декодирования. В последней четвертой главе представлены широко распространенные каскадные коды (каскадный код, состоящий из кода Рида-Соломона и сверточного кода, турбо коды). Кроме того, описаны совершенно новые способы каскадирования кодов, для которых применим многопороговый алгоритм декодирования, с другими простейшими кодами, которые существенно улучшают возможности методов многопорогового декодирования без существенно усложнения вычислений, что является еще одним важнейшим достоинством данных методов.

Авторы понимают, что фактически первая России попытка создания справочника по очень динамично изменяющейся тематике эффективного и простого декодирования в условиях предельно малых отношений сигнал-шум будет не лишена определенных недостатков. Многие коды в справочнике не описаны. В значительной мере это связано с тем, что их эффективность невелика по сравнению с турбо декодерами и многопороговыми алгоритмами, а также с каскадными схемами на их основе. Вполне возможно, что успехи в исследованиях этих и других более эффективных методов позволят обратить большее внимание и на эти разработки.

Тем не менее, наличие такого пособия для разработчиков программных и аппаратных средств обеспечения высокого уровня достоверности передачи данных, несомненно, поможет им хорошо ориентироваться в современной проблематике построения систем помехоустойчивого кодирования и покажет пути дальнейшего повышения эффективности декодеров.

Авторы просят направлять все возникающие у читателей вопросы и замечания по адресу: 390001, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1, РГРТА, деканат ФВТ или e-mail: g_ovechkin@mail.ru, zolotasd@yandex.ru.