

НЕДВОИЧНОЕ МНОГОПороГОВОЕ ДЕКОДИРОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Золотарев В.В., Овечкин Г.В., Овечкин П.В.
Институт космических исследований РАН,
Рязанский государственный радиотехнический университет

Недвоичные помехоустойчивые коды

Недвоичные коды позволяют работать с символьными данными, что гораздо удобнее во многих цифровых системах.

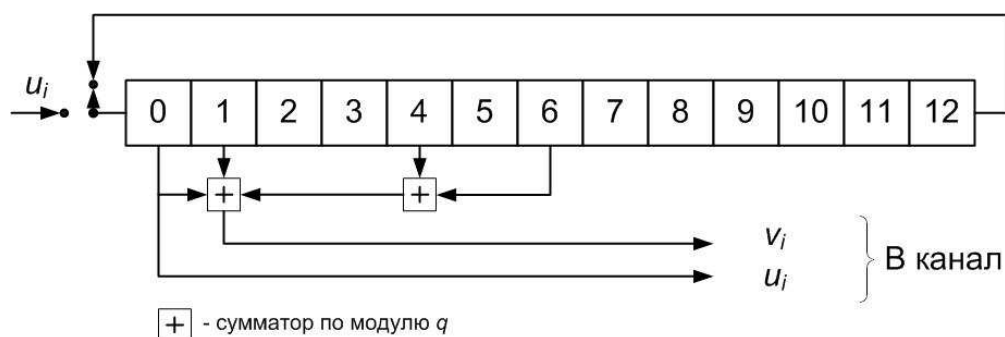
Такие коды могут применяться:

- для повышения достоверности передачи данных по каналам с группирующимися ошибками;
- в пакетных сетях передачи данных;
- в качестве составляющих элементов различных каскадных кодов и т.д.

Известные недвоичные коды и методы их декодирования:

- коды Рида-Соломона (РС);
- недвоичные турбо коды;
- недвоичные низкоплотностные коды (q LDPC);
- **недвоичные многопороговые декодеры (q МПД) недвоичных самоортогональных кодов.**

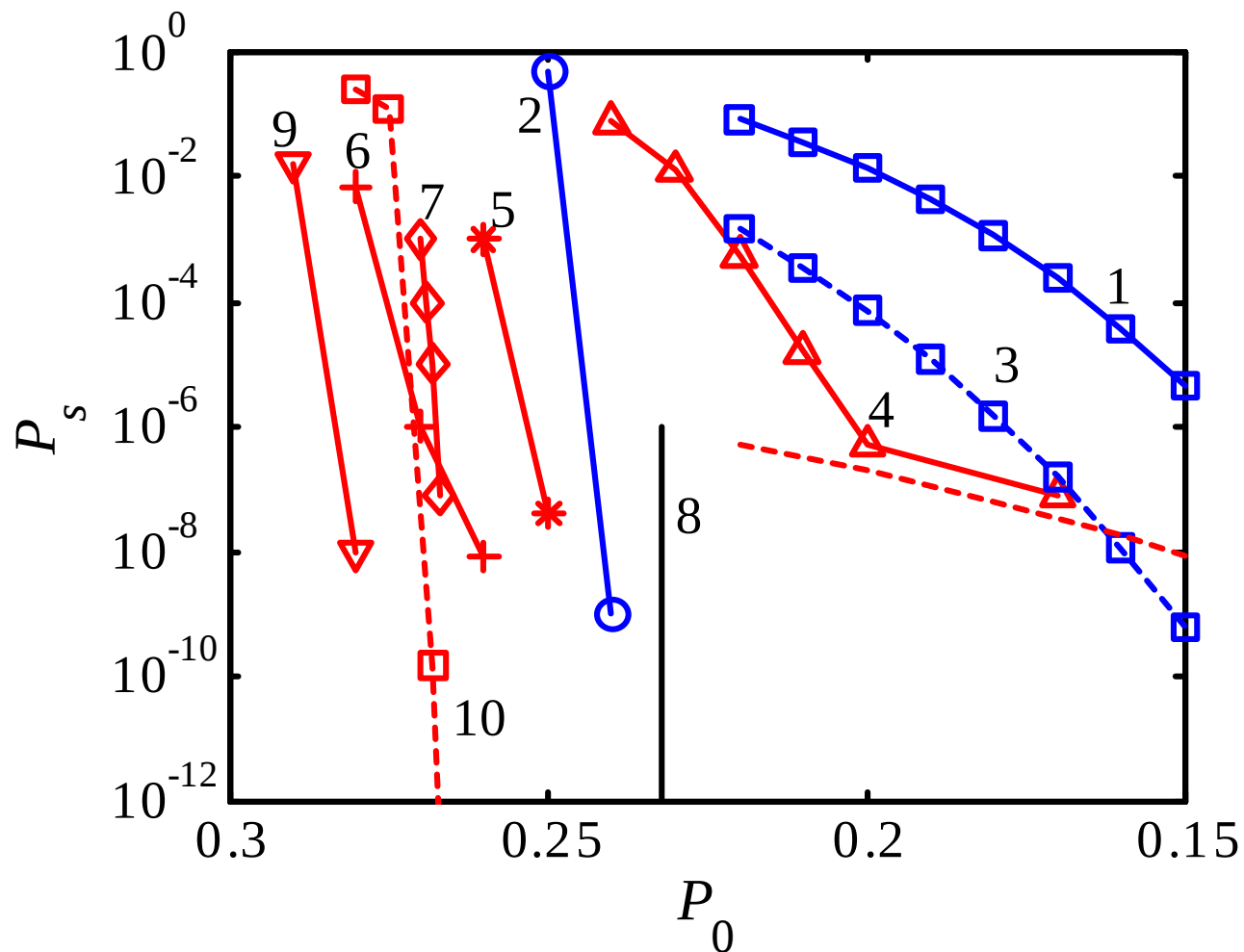
Пример схем кодера недвоичного самоортогонального кода и недвоичного многопорогового декодера



Преимущества q МПД:

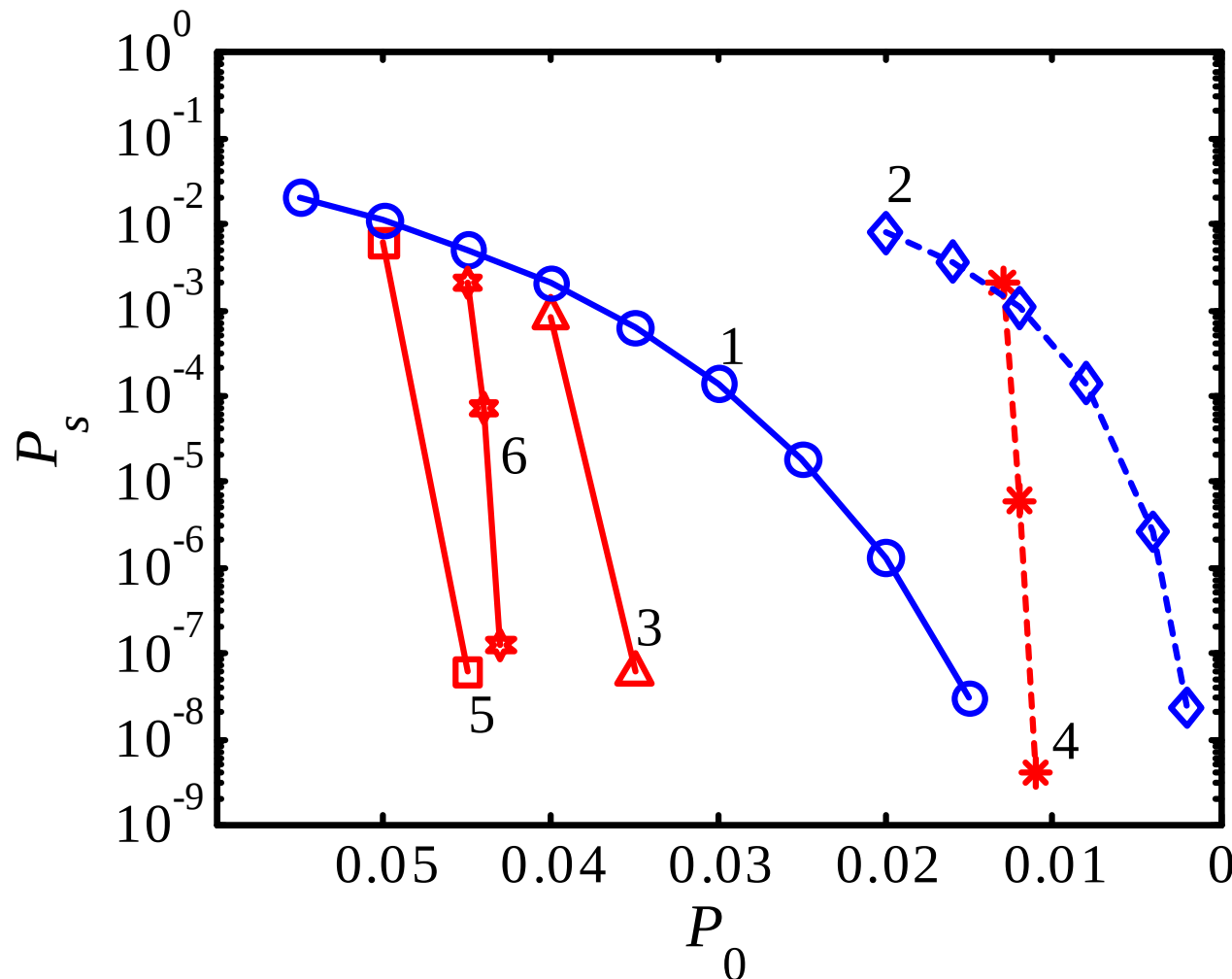
- простота практической реализации (низкая стоимость, высокая надежность, высокое быстродействие);
- высокая эффективность декодирования;
- широкие возможности адаптации к предъявляемым требованиям.

Эффективность методов декодирования недвоичных помехоустойчивых кодов для $R=1/2$ в q СК



- 1 – PC ($R=1/2$, $n=255$, $q=256$);
- 2 – PC ($R=1/2$, $n=64K$, $q=2^{16}$);
- 3 – PC ($R=1/2$, $n=255$, $q=256$) - Судан;
- 4 – q МПД ($R=1/2$, $n=4K$, $q=256$);
- 5 – q МПД ($R=1/2$, $n=32K$, $q=256$);
- 6 – q МПД ($R=1/2$, $n=32K$, $q=2^{16}$);
- 7 – q МПД ($R=1/2$, $n=100K$, $q=256$);
- 8 – q LDPC ($R=1/2$, $n=100K$, $q=2^{32}$);
- 9 – q МПД ($R=1/2$, $n=100K$, $q=2^{32}$);
- 10 – q МПД ($R=1/2$, $n=100K$, $q=256$) + q Хэмминг.

Эффективность методов декодирования недвоичных помехоустойчивых кодов для $R=7/8$ и $R=19/20$ в qСК



- 1 – PC ($R=7/8$, $n=255$, $q=256$);
- 2 – PC ($R=19/20$, $n=64K$, $q=256$);
- 3 – qМПД ($R=7/8$, $n=48K$, $q=256$);
- 4 – qМПД ($R=19/20$, $n=64K$, $q=256$);
- 5 – qМПД ($R=7/8$, $n=48K$, $q=2^{16}$);
- 6 – qМПД ($R=7/8$, $n=100K$, $q=256$).

Сравнение сложности реализации

Коды Рида-Соломона:

- вычислительная сложность классического алгоритма декодирования $O(n^2)$;
- вычислительная сложность алгоритма декодирования Судана $O(n^3)$;
- используются вычисления в полях Галуа, что сложно при больших q ;
- длина кода n не превосходит размер алфавита q .

Практически невозможно создать эффективный декодер для длинных кодов.

q LDPC коды:

- вычислительная сложность расширенного min-sum алгоритма декодирования $O(n \cdot q \cdot \log_2 q)$;
- возможно декодирование со сложностью $O(n \cdot s^2)$, $s \leq q$, при ухудшении эффективности декодирования.

Сложно создать эффективный декодер для кодов с большим размером алфавита q .

q МПД для недвоичных самоортогональных кодов:

- вычислительная сложность q МПД $O(n)$;
- не используются вычисления в полях Галуа.

Простая реализация эффективного декодера для кодов с произвольно большой длиной и большим размером алфавита q .

Итоги сравнения

q МПД в 1000 и более раз повышают достоверность кодирования по сравнению с кодами Рида-Соломона и оказываются во много раз более простыми и быстрыми по сравнению с последними.

Сложность реализации q МПД линейно растет с длиной кода. Программные q МПД обеспечивают скорость декодирования в несколько десятков Мбит/с даже на обычном ПК. Они в десятки, сотни, а иногда и в тысячи раз быстрее других алгоритмов коррекции ошибок.

q МПД легко работают с символами любой размерности, например четырех, восьми и более байтовыми символами. Это существенно повышает и скорость, и эффективность восстановления информации.

q МПД могут применяться, например, в сверхбольших цифровых специализированных, аудио- и видео- базах данных с особо высокой достоверностью и целостностью хранения.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Большой объем дополнительной информации
о многопороговых декодерах можно найти
на специализированных веб-сайтах

www.mtdbest.iki.rssi.ru

www.mtdbest.ru

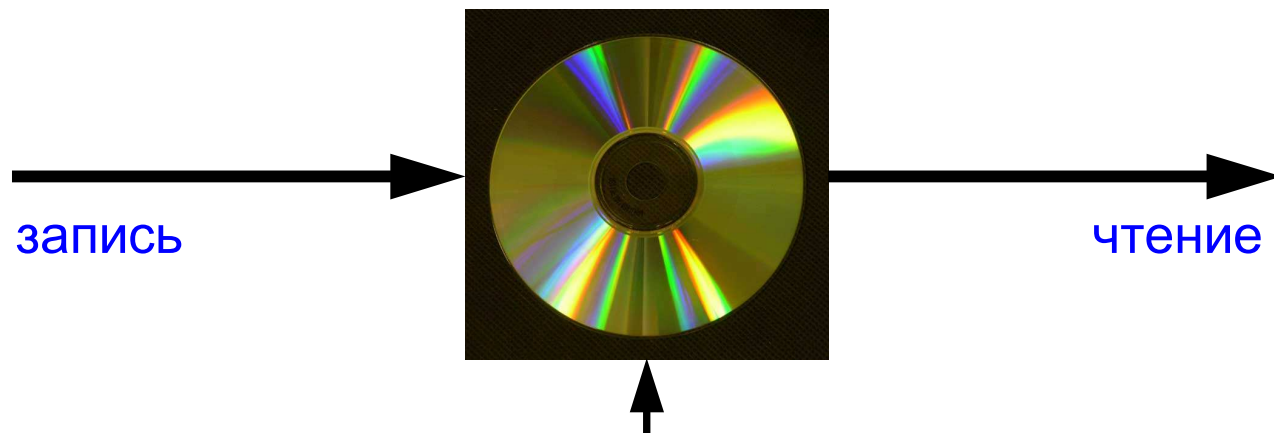
Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(грант №08-07-00078)

Для контакта:

Золотарев В.В.:	ИКИ РАН, (495) 333-45-45, zolotasd@yandex.ru ;
Овечкин Г.В.:	ИКИ РАН, g_ovechkin@mail.ru ;
Овечкин П.В.:	ИКИ РАН, pash_mail@mail.ru .

Задача защиты файлов от искажений

Одной из областей применения не двоичных кодов является защита данных от искажений при долговременном хранении на различных носителях информации.



помехи (старение материала, царапины, отпечатки пальцев, сбои в работе аппаратуры)

Существующее ПО для защиты файлов от искажений

Для защиты файлов используются:

- QuickPar;
- ICE ECC.

Средство исправления ошибок - коды Рида-Соломона.

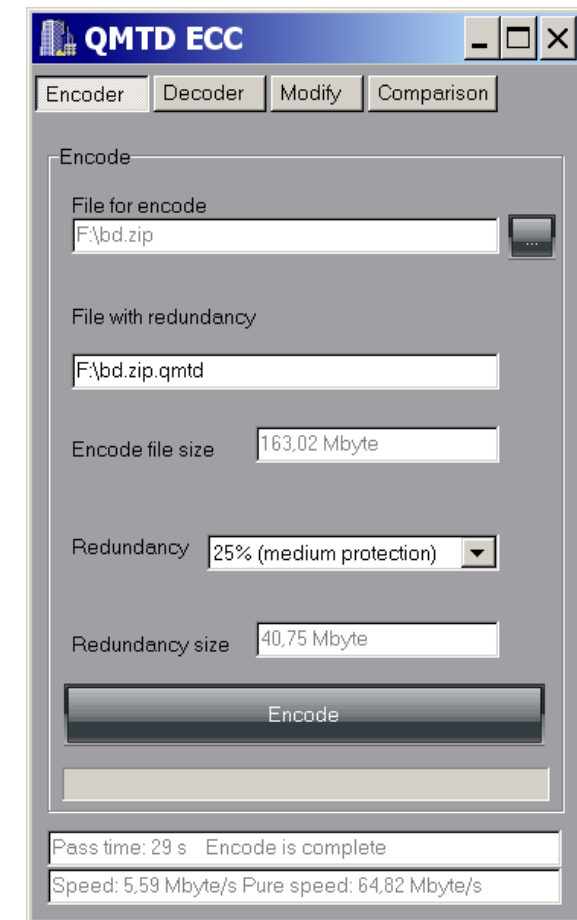
Вычислительная сложность $O(n^3)$.

При работе данных пакетов с большими файлами возникают сложности или с обеспечением приемлемой скорости или надежности исправления ошибок.

Применение qМПД для дополнительной защиты сверхбольших файлов от искажений

Основные преимущества использования qМПД для защиты файлов от искажений:

- программы для защиты файлов на основе qМПД будут иметь **большую** **корректирующую способность**;
- данные программы смогут исправлять **как** **одиночные**, **так и пакеты ошибок**;
- скорость кодирования/восстановления будет **больше** **в десятки, сотни, а иногда и в тысячи раз** **по сравнению с известными** **программами-аналогами**;
- программные средства способны декодировать файлы данных со скоростью **более 5 Мбайт/с (!)** **даже на обычном ПК**.



Сравнение эффективности работы программ защиты сверхбольших файлов от искажений

Размер файла с данными 700 МБ.

Избыточность 50%.

	ICE ECC	QuickPar	qMTD
Время кодирования	74 мин.	100 мин.	1 мин.
Время восстановления файла с одиночной ошибкой	3 мин.	3 мин.	1 мин.
Время восстановления файла с поврежденным блоком размером 50% от размера файла данных	50 мин.	60 мин.	1.5 мин.
Время восстановления файла с независимыми ошибками с вероятностью $P_0=0.1$	невоз- можно	невоз- можно	7 мин.