

О РЕАЛИЗАЦИИ НОВОГО УРОВНЯ ПРИКЛАДНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ В ТЕОРИИ КОДИРОВАНИЯ

Золотарёв В.В.,

Институт космических исследований РАН

Овечкин Г.В.

Рязанский государственный радиотехнический университет



ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

Помехоустойчивое кодирование используется для исправления ошибок передачи данных.

Применение кодирования позволяет:

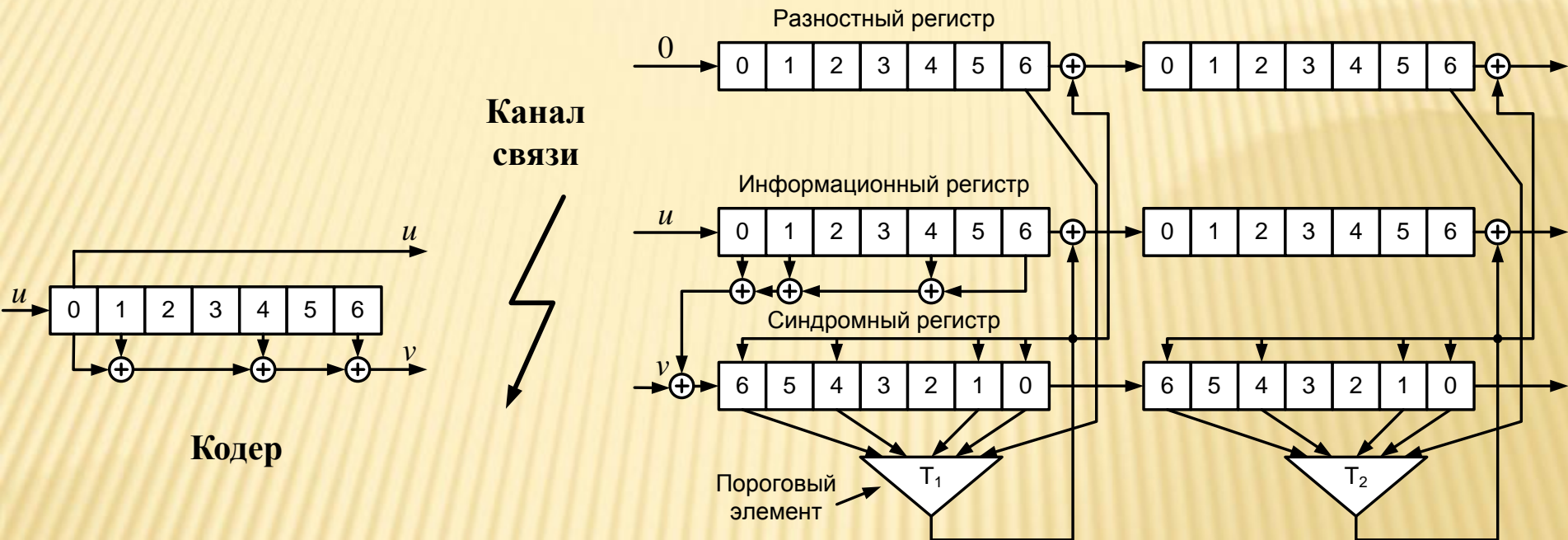
- снижать мощность передатчика;
- повышать скорость передачи данных;
- уменьшать размеры антенн;
- повышать дальность связи;
- экономить полосу частот;
- увеличить плотность записи;
- повысить надежность хранения данных;
- повысить к.п.д. используемых каналов.

Клод Шеннон. Если $R < C$, то возможна передача информации со сколь угодно высокой достоверностью.

Основная проблема: декодирование помехоустойчивых кодов с близкой к предельной эффективностью при минимально возможной сложности реализации.

Решение: оптимизационная теория кодирования (ОТ) и многопороговые декодеры (МПД) самоортогональных кодов (СОК)

СХЕМА КОДЕРА И МНОГОПороГОВОГО ДЕКОДЕРА СВЕРТОЧНОГО КОДА С $R=1/2$



Многопороговый декодер (МПД) с двумя итерациями

Основа оптимизационной теории!

Многопороговый декодер является модификацией обычного порогового декодера Мессе.

МПД применяется для декодирования блочных и сверточных двоичных и недвоичных самоортогональных кодов .

При каждом изменении декодируемых символов решение МПД приближается к оптимальному.

Сложность МПД – линейная!

Доказана основная теорема многопорогового декодирования.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Многopороговые декодеры для:

- **блоковых и сверточных кодов;**
- **двоичных кодов и каналов связи;**
- **символьных кодов и каналов связи;**
- **двоичных и символьных кодов и каналов со стираниями;**
- **каналов с группирующимися и независимыми ошибками.**

Применение МПД:

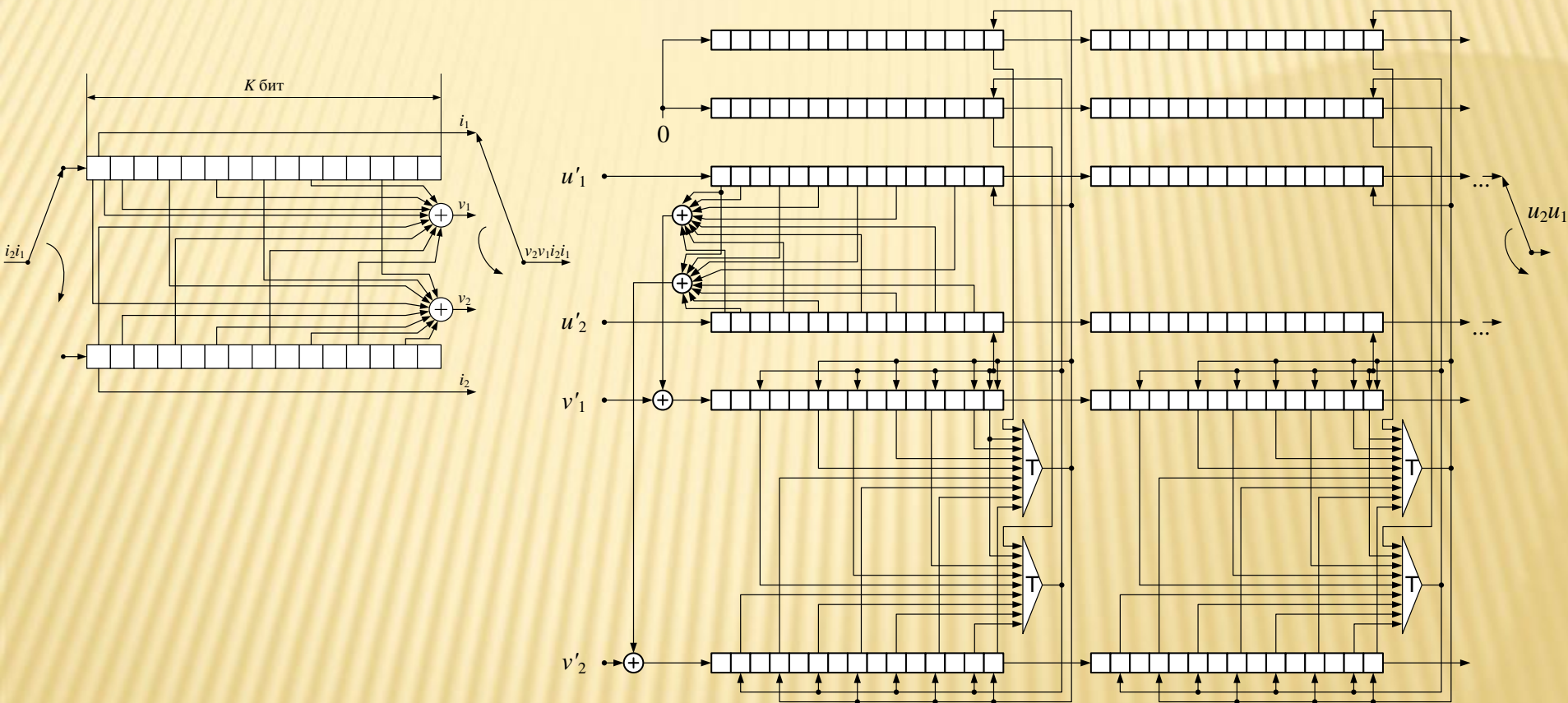
- **системы дистанционного зондирования Земли**
- **системы хранения данных;**
- **оптические линии связи;**
- **флеш-память;**
- **...**

Повышение эффективности МПД:

- **выбор кодов с наименьшим уровнем размножения ошибок;**
- **оптимизация параметров МПД;**
- **использование каскадных схем коррекции ошибок;**
- **повышение эффективности работы отдельных узлов МПД;**
- **использование дивергентных схем кодирования.**

СХЕМА КОДЕРА СВЕРТОЧНОГО КОДА С $R=2/4$

Коды должны быть устойчивыми к размножению ошибок (РО).



Использование нескольких информационных и нескольких проверочных ветвей позволяет добиться существенного снижения уровня размножения ошибок при многопороговом декодировании.

КОДЫ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КАСКАДИРОВАНИЕМ

Вероятность неправильности проверки:

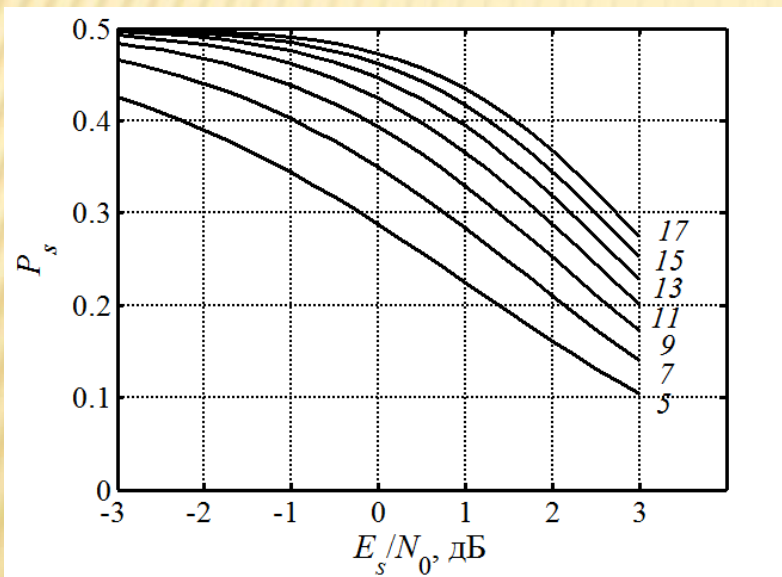
$$P_s = \sum_{i=1}^{\lfloor M/2 \rfloor} C_M^{2i-1} p_0^{2i-1} (1-p_0)^{M-2i+1}$$

p_0 – вероятность ошибки в ДСК;

$M = \frac{(d-1)n_k}{n_r} + 1$ – размерность проверки.

n_k – число информационных ветвей;

n_r – число проверочных ветвей.



В коде с параллельным каскадированием в СОК C_0 с R_0 и d_0 выделяется составляющий СОК C_1 с $R_1 > R_0$ и $d_1 < d_0$.

Сначала декодируется C_1 , после чего декодируется весь код C_0 .

<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<table><tr><td>5</td></tr><tr><td>5</td></tr><tr><td>5</td></tr><tr><td>5</td></tr><tr><td>5</td></tr></table>	5	5	5	5	5	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	<table><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr><tr><td>6</td></tr></table>	6	6	6	6	6
1	1	1	1	1																																																											
1	1	1	1	1																																																											
1	1	1	1	1																																																											
1	1	1	1	1																																																											
1	1	1	1	1																																																											
5																																																															
5																																																															
5																																																															
5																																																															
5																																																															
1	1	1	1	2																																																											
1	1	1	2	1																																																											
1	1	2	1	1																																																											
1	2	1	1	1																																																											
2	1	1	1	1																																																											
6																																																															
6																																																															
6																																																															
6																																																															
6																																																															
a)		б)																																																													
<table><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr></table>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	<table><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr></table>	10	10	10	10	10	<table><tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>3</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr></table>	3	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	<table><tr><td>14</td></tr><tr><td>14</td></tr><tr><td>14</td></tr><tr><td>14</td></tr><tr><td>14</td></tr></table>	14	14	14	14	14
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
10																																																															
10																																																															
10																																																															
10																																																															
10																																																															
3	3	3	3	2																																																											
3	3	3	2	3																																																											
3	3	2	3	3																																																											
3	2	3	3	3																																																											
2	3	3	3	3																																																											
14																																																															
14																																																															
14																																																															
14																																																															
14																																																															
в)		г)																																																													
<table><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr><tr><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr></table>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	6	6	6	6	<table><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>10</td></tr><tr><td>30</td></tr></table>	10	10	10	10	30	<table><tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr></table>	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	10	10	10	10	<table><tr><td>7</td></tr><tr><td>7</td></tr><tr><td>7</td></tr><tr><td>7</td></tr><tr><td>42</td></tr></table>	7	7	7	7	42
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
2	2	2	2	2																																																											
6	6	6	6	6																																																											
10																																																															
10																																																															
10																																																															
10																																																															
30																																																															
3	1	1	1	1																																																											
3	1	1	1	1																																																											
3	1	1	1	1																																																											
3	1	1	1	1																																																											
2	10	10	10	10																																																											
7																																																															
7																																																															
7																																																															
7																																																															
42																																																															
д)		е)																																																													
<table><tr><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>2</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>10</td></tr></table>		3	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3	2	1	1	1	3	2	1	1	1	2	6	8	10	10	<table><tr><td>9</td></tr><tr><td>9</td></tr><tr><td>8</td></tr><tr><td>8</td></tr><tr><td>36</td></tr></table>		9	9	8	8	36																														
3	2	2	1	1																																																											
3	2	2	1	1																																																											
3	2	1	1	1																																																											
3	2	1	1	1																																																											
2	6	8	10	10																																																											
9																																																															
9																																																															
8																																																															
8																																																															
36																																																															
ж)																																																															

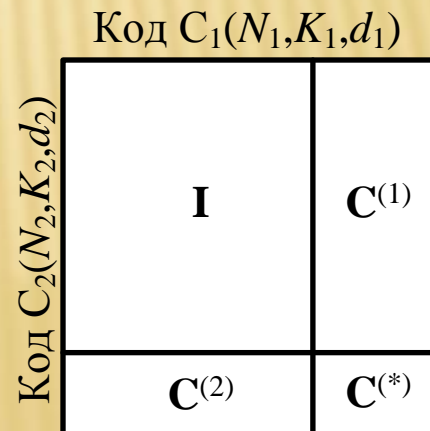
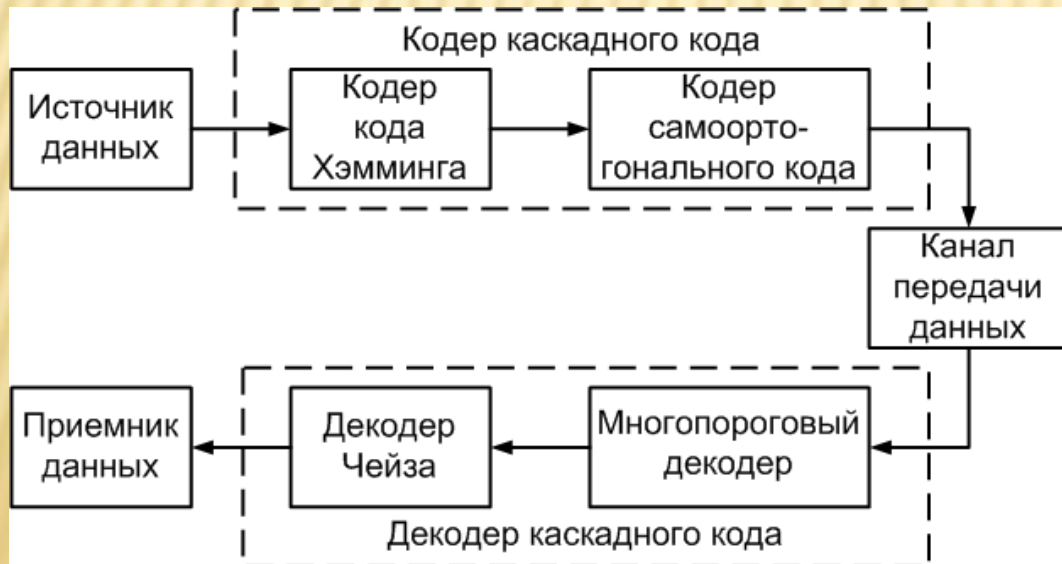
Среди кодов с кратными скоростями лучшими оказываются **коды для схем с параллельным каскадированием с выделенными ветвями**

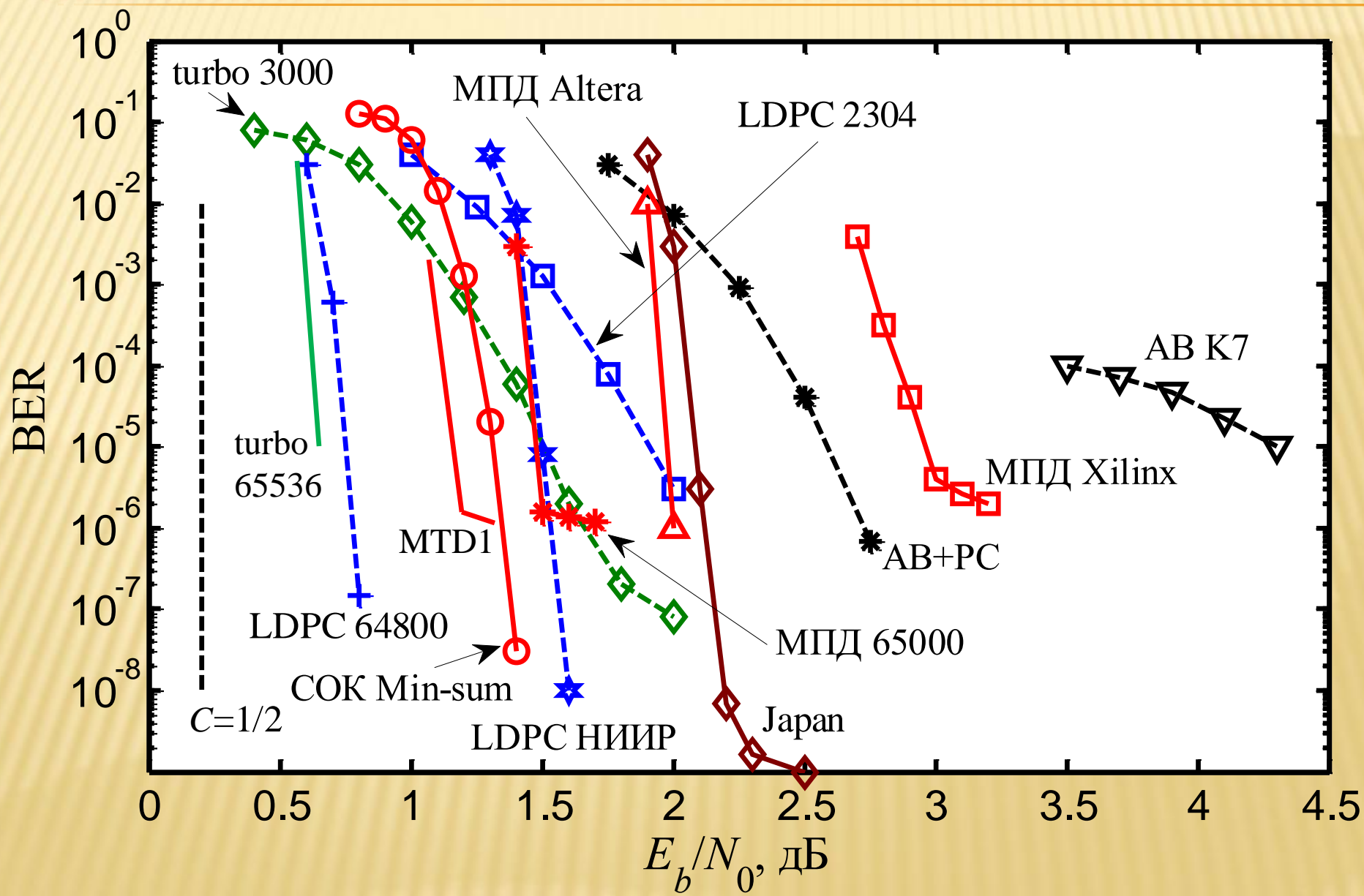
КАСКАДНЫЕ СХЕМЫ КОДИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МНОГОПороГОВЫХ ДЕКОДЕРОВ

- каскадирование СОК с кодами контроля четности;
- каскадирование СОК с кодами Хэминга;
- каскадирование СОК с коротким сверточным кодом, декодируемым алгоритмом Витерби;
- каскадирование СОК с СОК.

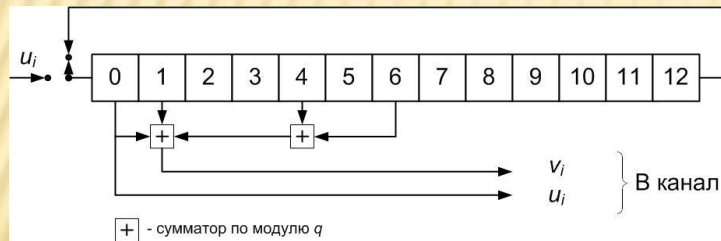
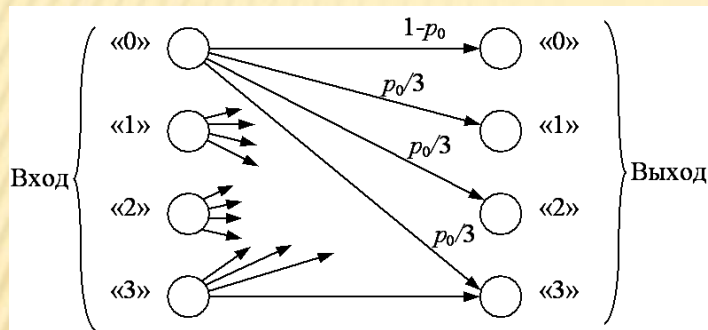
Для **всех** каскадных кодов получены **аналитические оценки эффективности**, подтвержденные результатами компьютерного моделирования.

Примеры использования каскадного кода





СИМВОЛЬНЫЕ МНОГОПороГОВЫЕ ДЕКОДЕРЫ



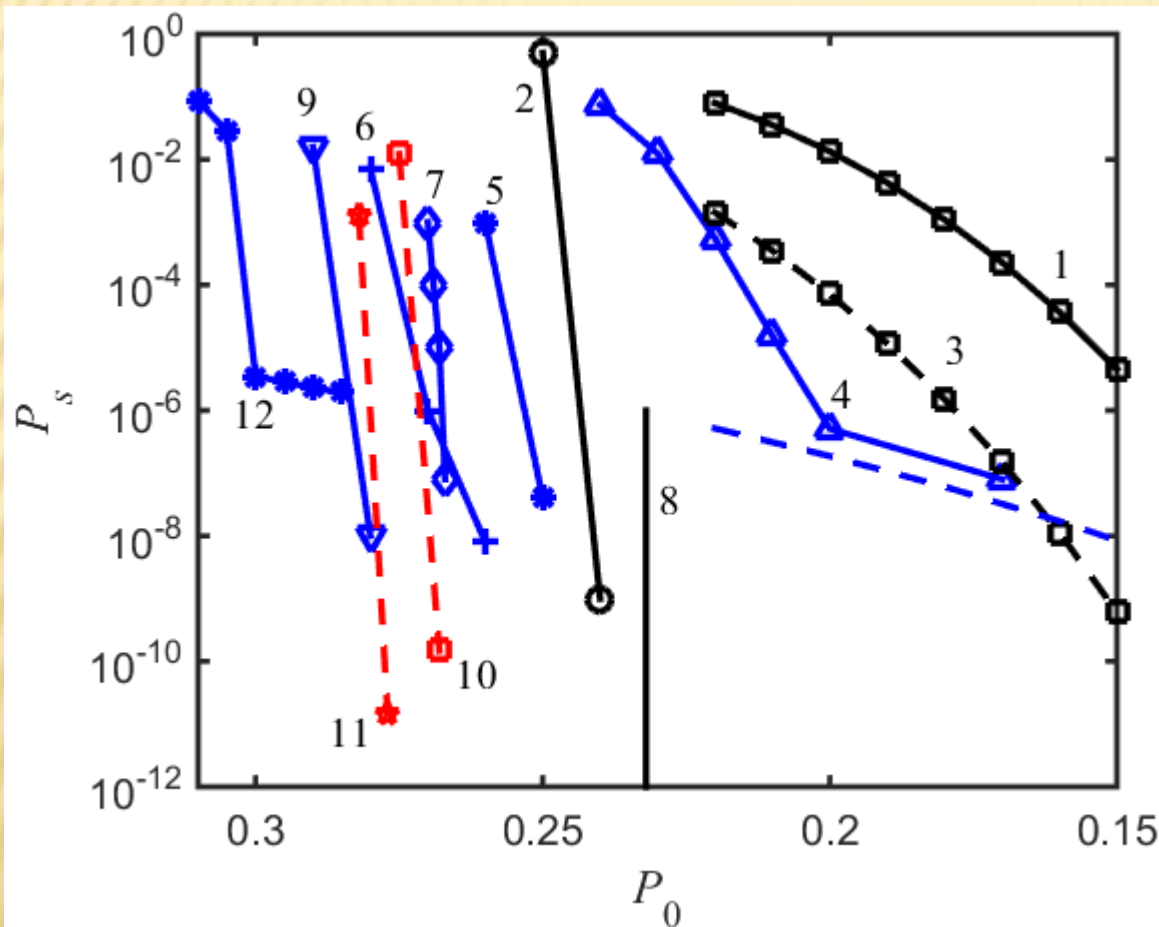
q МПД в 1000 и более раз уменьшают вероятность ошибки декодирования по сравнению с декодерами кодов Рида-Соломона и оказываются во много раз более простыми и быстрыми по сравнению с последними.

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.

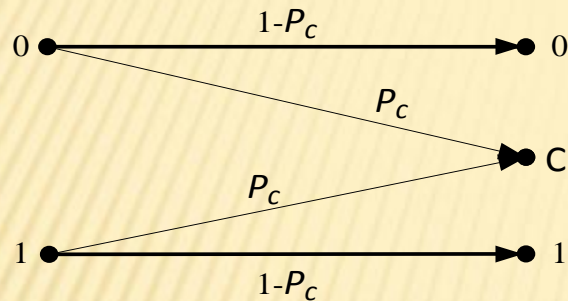
q МПД могут применяться, например, в сверхбольших цифровых специализированных аудио- и видео-базах данных с особо высокой достоверностью и целостностью хранения.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ДЕКОДИРОВАНИЯ НЕДВОИЧНЫХ КОДОВ ДЛЯ $R=1/2$ В QSK



- 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 ($R=1/2$, $n=32K$, $q=256$) + q Хэмминг;
- 11 – q МПД + q МПД;
- 12 – q МПД ($R=1/2$, $n=100K$, $q=2^{16}$) сверточный

МНОГОПороГОВЫЕ ДЕКОДЕРЫ ДЛя КАНАЛОВ со СТИРАНИЯМИ



$$P(Y = 0 | X = 0) = P(Y = 1 | X = 1) = 1 - P_c;$$

$$P(Y = 0 | X = C) = P(Y = 1 | X = C) = P_c,$$

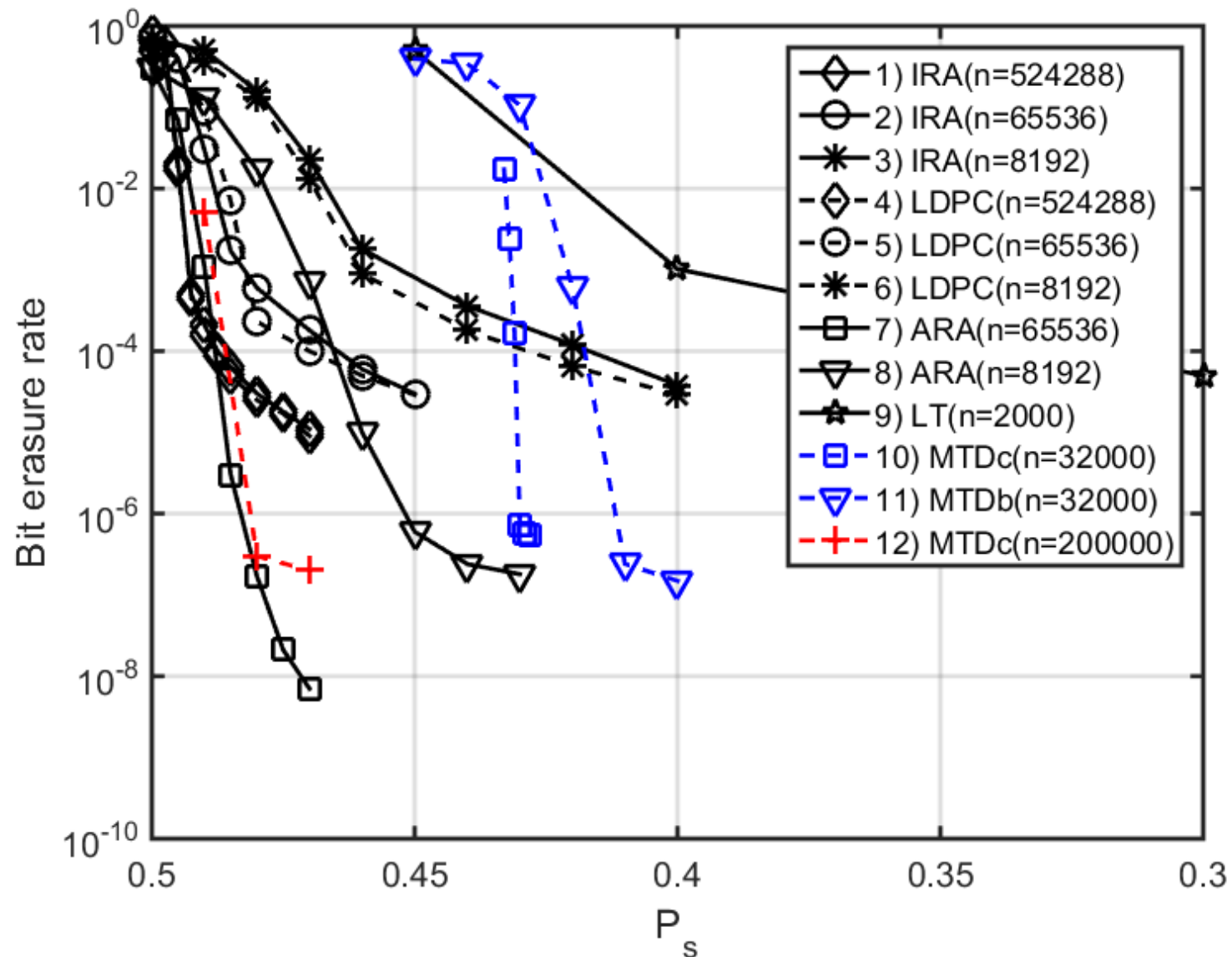
Пропускная способность:

$$C = 1 - P_c$$

Работа МПД в канале со стираниями:

- при вычислении символов синдрома стертые информационные и проверочные биты на значение проверок не влияют, но при этом для каждой проверки запоминается число участвующих в его формировании стираний;
- в процессе декодирования стертого информационного бита среди относящихся к нему проверок ищется проверка, содержащая только одно стирание;
- если такая проверка есть, то стирание в ней вызвано декодируемым информационным битом, который по значению данной проверки может быть восстановлен. При этом также необходимо провести коррекцию всех проверок для восстановленного информационного бита и уменьшить на единицу число стираний для этих же проверок;
- если же для стертого бита нет ни одной проверки, содержащей только одно стирание, то этот бит пропускается;
- переходят к декодированию следующего бита.

ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК В КАНАЛАХ СО СТИРАНИЯМИ

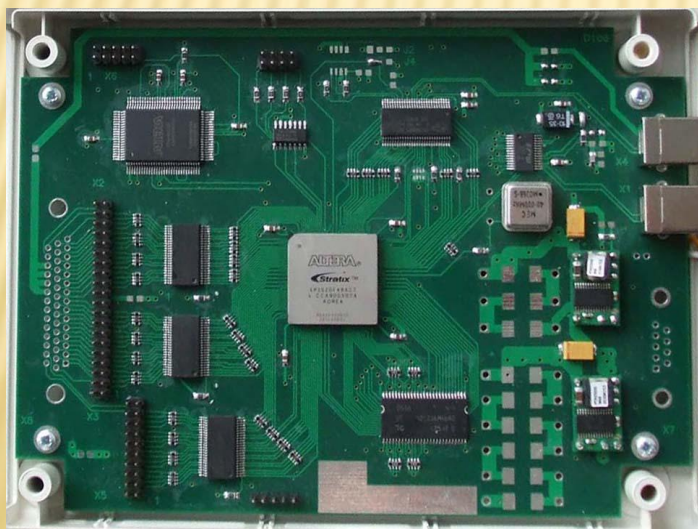
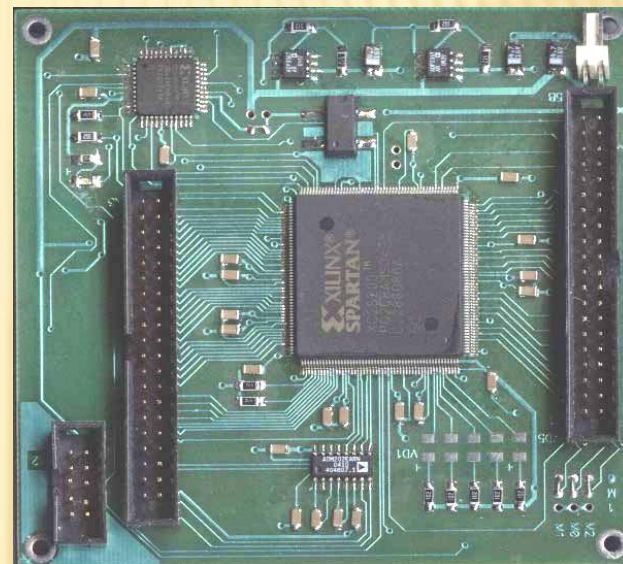


АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МПД

1. МПД состоит почти полностью из элементов памяти или регистров сдвига. Это наиболее быстрые элементы и ПЛИС, и БИС. Доля остальных элементов МПД много менее 1 % .
2. МПД оказывается абсолютно распараллеленным алгоритмом. Именно поэтому МПД для некоторых значений параметров примерно в 1000 более быстрые, чем другие, например, турбо декодеры. Задержка – как у простейшего 2-х входового ключа.
3. Реализация: Скорость - $320 \text{ Мб/с} \div 2$ и более Гб/с , ЭВК= $7 \div 9,5 \text{ дБ}$

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МПД НА ПЛИС

Многopoppogовый декодер (МПД) для спутниковых и космических каналов. Он повышает КПД их использования в 3 - 10 раз, в том числе для ДЗЗ.



Макет МПД для каналов на 2,08 Гбит/с (ИКИ РАН)

МПД для космоса, оптических каналов и флеш-памяти

РЕАЛИЗАЦИЯ МПД НА GPU

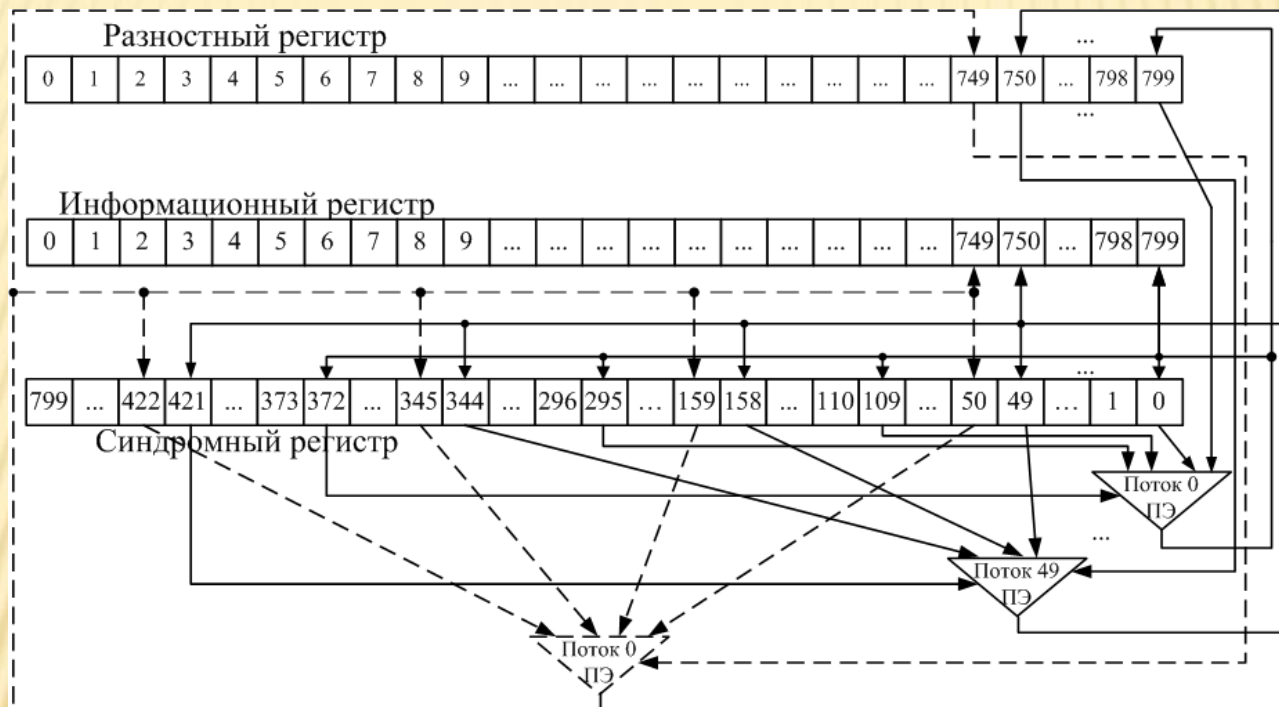
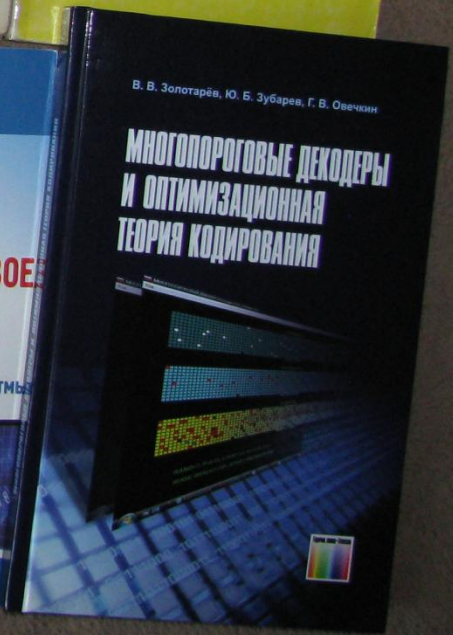
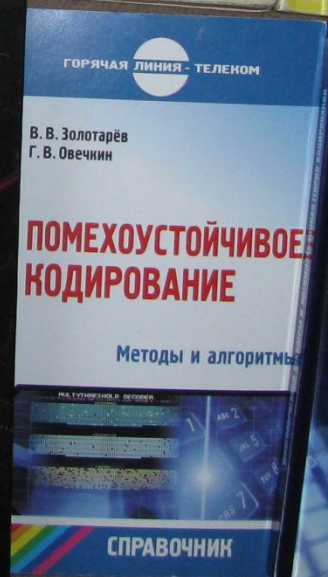
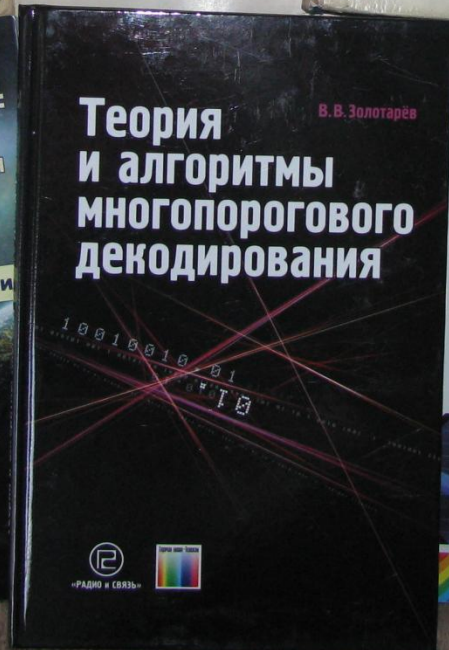
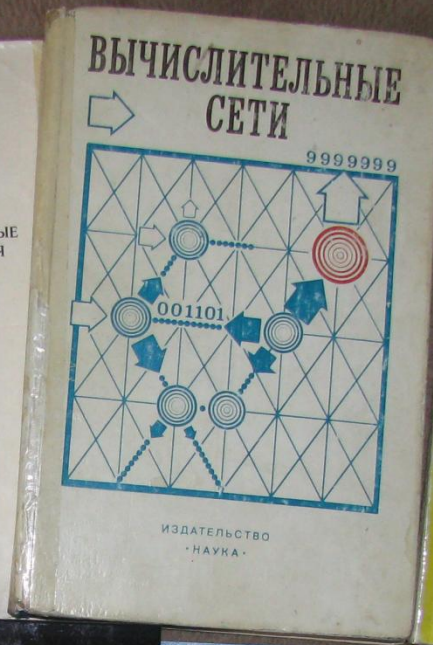
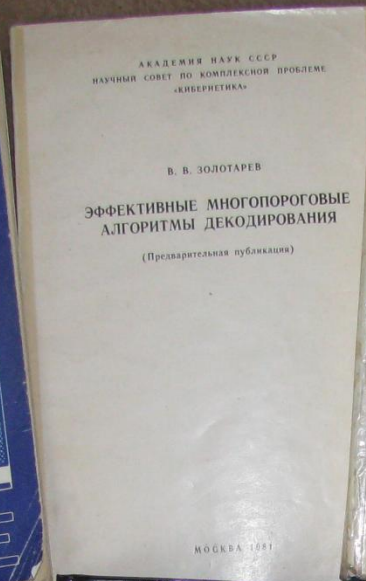


Table 2. Decoding speed of Multithreshold decoders on GTX 1080 graphics card.

Code parameters	Number of simultaneously decoded blocks	Decoding speed
$d=5, n=1600, it=10$	480	815 Mbit/s
$d=7, n=2200, it=10$	340	775 Mbit/s
$d=9, n=4000, it=10$	180	580 Mbit/s



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ
ЗНАКАМ



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL
PROPERTY, PATENTS
AND TRADEMARKS

НАГРАЖДАЕТСЯ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СОВЕТА МИНИСТРОВ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ
АВТОРСКОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 492878

На основании положений, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет Совета Министров СССР по делам
изобретений и открытий выдал настоящее авторское свидетельство
ЗОЛОТАРЕВ Валерий Владимировичу

за изобретение "Устройство для декодирования линейных свер-
точных кодов"

в соответствии с описанием изобретения в приведенной в нем формулой,
по заявке № 1616498 с приоритетом от 31 мая 1972 г.,
заявитель: изобретение: Новосибирский ордена Трудового Красного
Знамени физико-технический институт



«АРХИМЕД-2012»

ДИПЛОМ

Решением Международного Жюри
награждается

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»
(Золотарёв В.В.)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ТОВАРНУЮ МОДЕЛЬ
№ 73569

УСТРОЙСТВО МНОГООУРОВНЕВОГО
МАЖОРИТАРНОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ
КОДОВ

Патентообладатель(и): Золотарев Валерий Владимирович
(RU), Дмитриева Татьяна Александровна (RU)

Автор(ы): Золотарев Валерий Владимирович (RU),
Дмитриева Татьяна Александровна (RU)

Заявка № 2007141627

Приоритет заявлен 13 ноября 2007 г.,
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 20 мая 2008 г.,
Срок действия патента истекает 13 ноября 2017 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.Н. Сивков

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2377722

СПОСОБ ДЕКОДИРОВАНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО
КОДА

Патентообладатель(и): Золотарев Валерий Владимирович (RU)

Автор(ы): Золотарев Валерий Владимирович (RU)

Заявка № 2007123269

Приоритет изобретения 21 июня 2007 г.,
Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации 27 декабря 2009 г.,
Срок действия патента истекает 21 июня 2027 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.Н. Сивков

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

об официальной регистрации программы для ЭВМ
№ 2005611304

"Имитатор цифрового канала передачи данных"
(ChannelSim)

Правообладатель(и): Золотарев Валерий Владимирович (RU),
Овечкин Геннадий Владимирович (RU)

Автор(ы): Золотарев Валерий Владимирович,
Овечкин Геннадий Владимирович (RU)

Заявка № 2005610719

Дата поступления 12 апреля 2005 г.,
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
31 мая 2005 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам

Б.Н. Сивков

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ
ЗНАКАМ

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL
PROPERTY, PATENTS
AND TRADEMARKS



НАГРАЖДАЕТСЯ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»
(Золотарёв В.В.)



Руководитель

Б.П. Симонов

XV Юбилейный международный Салон
изобретений и инновационных технологий



«АРХИМЕД-2012»

ДИПЛОМ

Решением Международного Жюри
награждается

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»
(Золотарёв В.В.)



Председатель
Международного Жюри,
Президент Евразийской
патентной организации

А.Н. Григорьев

Президент Салона

Д.И. Зезюлин

Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности

Б.П. Симонов

ЗАЩИЩЕННЫЕ ДИССЕРТАЦИИ

Золотарёв В.В. «Субоптимальные алгоритмы многопорогового декодирования». Докторская диссертация (1990, НИИ «КВАНТ»).

Овечкин Г.В. «Алгоритмы и процедуры многопорогового декодирования в телекоммуникационных системах». Кандидатская диссертация (2003).

Гринченко Н.Н. «Организация помехоустойчивого кодирования в высокоскоростных телекоммуникационных системах». Кандидатская диссертация (2007).

Дмитриева Т.А. «Разработка и исследование алгоритмов помехоустойчивого кодирования на основе многопороговых декодеров для телекоммуникационных систем». Кандидатская диссертация (2008).

Овечкин П.В. «Разработка алгоритмов повышения эффективности недвоичных многопороговых декодеров в системах передачи и хранения больших объемов информации». Кандидатская диссертация (2009).

Овечкин Г.В. «Теория каскадного декодирования линейных кодов для цифровых радиоканалов на основе многопороговых алгоритмов». Докторская диссертация (2011).

Као В.Т. «Алгоритмы повышения эффективности многопороговых декодеров самоортогональных кодов для радиоканалов с высоким уровнем шума». Кандидатская диссертация (2015).

Шевляков Д.А. «Алгоритмы повышения достоверности передачи данных в многолучевых каналах на основе многопороговых декодеров». Кандидатская диссертация (2015).

Демидов Д.С. «Методы и алгоритмы исследования и повышения эффективности многопороговых декодеров помехоустойчивых кодов в высокодостоверных системах передачи информации». Кандидатская диссертация (2017).

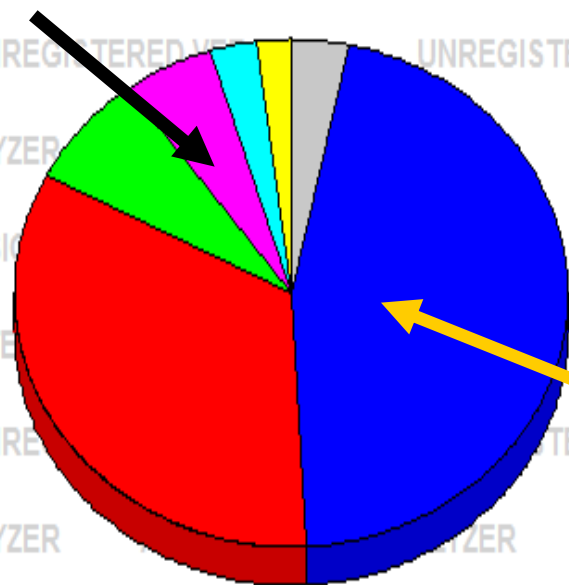
Наши порталы по методам кодирования

www.mtdbest.ru

www.mtdbest.iki.rssi.ru

Ежегодно их просматривают порядка
100 тыс. читателей из 55 стран

Россия



- United States
- Not determined
- Germany
- Russian Federation
- Ukraine
- China
- Other

сша

Rank	Country	Visitors
1	United States	13988 45.79%
2	Not determined	10280 33.65%
3	Germany	2178 07.13%
4	Russian Federation	1607 05.26%
5	Ukraine	859 02.81%
6	China	619 02.03%
7	United Kingdom	228 00.75%
8	Kazakhstan	103 00.34%
9	Belarus	80 00.26%
10	Italy	52 00.17%



Новый алгоритм многопорогового декодирования

 [English version mtdbest.ru](http://English.version.mtdbest.ru)

О методе

Мы приветствуем вас на нашем сайте, посвящённом методу декодирования помехоустойчивых кодов, который называется многопороговое декодирование (МПД). Прототипом МПД является обычный пороговый (мажоритарный) декодер. Наш МПД алгоритм обеспечивает практически оптимальное декодирование длинных кодов при линейной сложности реализации с ростом длины кода даже при весьма высоком уровне шума канала. Код может быть как блоковым, так и сверточным. Ранее оптимальный декодер должен был быть фактически переборным, т.е. с экспоненциальным ростом сложности декодирования от длины кода.

В настоящее время МПД примерно в 100 раз проще по числу операций по сравнению с другими близкими ему по эффективности методами. Реальные его преимущества при аппаратной реализации еще больше.

На нашем сайте можно найти статьи и презентации, описывающие свойства и возможности МПД на русском и английском языках. Кроме того, можно переписать на свой компьютер и затем посмотреть маленький мультфильм. Он в очень наглядной форме демонстрирующий принципы работы МПД в канале с большим шумом. Он представлен в двух вариантах: для MS-DOS и WINDOWS. Не забудьте сначала внимательно прочесть [описание](#) работы с [демонстрационной программой](#), хотя она очень простая по управлению и абсолютно понятна для каждого специалиста, знакомого с теорией и методами помехоустойчивого кодирования. Вы можете закрыть программу в режиме MS-DOS в любой момент нажатием на клавишу "е" английского регистра.

Посмотрите [пример технического задания \(ТЗ\) для системы кодирования](#).

Новости:

- [Выпущена англоязычная книга про МПД...new!](#)
- [В разделе "Обучение" размещены три новых демопрограммы для МПД...new!](#)
- [Обращение к читателям нашего сайта...new!](#)
- [Глава про МПД из новой книги "Современная наука: актуальные проблемы и перспективы развития"](#)
- [Наш сайт расширяет свою научно-дискуссионную деятельность](#)
- [Новые вопросы о кодировании](#)

Наши дипломы:

- [Диплом за разработку "Многопороговый декодер помехоустойчивых кодов"](#)
- [Диплом "Архимед-2012"](#)
- [Диплом за лучшее учебно-методическое издание](#)

Монография:

- [В 2012 году вышла новая книга по МПД "Многопороговые декодеры и](#)

О методе

Обучение

Дискуссии

Наши книги

Публикации

Об авторах

English version



Committed to connecting the world

Español Français Sign In

What would you like to search



ITU

General Secretariat

Radiocommunication

Standardization

Development

ITU Telecom

Members' Zone

About ITU

Newsroom

Events

Publications

Statistics

Areas of Action

Regional Presence

Careers

Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms

YOU ARE HERE HOME > ITU PUBLICATIONS > GENERAL SECRETARIAT AND ITU TELECOM > GENERAL > OPTIMIZATION CODING THEORY AND MULTITHRESHOLD ALGORITHMS > 2015

SH

Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms

2015



Optimization Coding Theory and Multithreshold Algorithms
by Valeriy V. Zolotarev, Gennadiy V. Ovechkin, Yuriy V. Zubarev
Scientific edition, Moscow, 2015
The Russian Academy of Sciences (RAS)



This new work by Professors Valeriy Zolotarev, Gennadiy Ovechkin and Yuriy Zubarev sets out the basic principles of modern error-correcting optimization coding theory, before moving on to consider multithreshold decoding (MTD) algorithms. With each symbol correction iteration, these iterative algorithms always find decisions of strictly increasing likelihood and can achieve optimum results that would normally require exhaustive search of all possible code words. It reviews the capabilities of symbolic codes discovered by the authors and the corresponding, simple-to-implement special symbolic MTD decoders, which are easier and more efficient than all other known methods of decoding non-binary codes. Concatenated parallel-type

QUICK LINKS

- ▶ [Search publications](#)
- ▶ [New releases](#)
- ▶ [Featured](#)
- ▶ [Publication Notices](#)
- ▶ [Publication Catalogue](#)

PUBLICATIONS BY SECTOR

Исследования поддержаны
Институтом космических исследований РАН,
Рязанским государственным радиотехническим
университетом,
Советом по грантам Президента Российской Федерации,
Российским фондом фундаментальных исследований,
Российским научным фондом,



Совет по грантам Президента Российской Федерации
для государственной поддержки молодых российских ученых
и по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

**Большой объем дополнительной информации
о многопороговых декодерах можно найти
на специализированных двуязычных веб-сайтах
www.mtdbest.iki.rssi.ru и www.mtdbest.ru**

Для контакта:

Золотарев В.В.: ИКИ РАН, моб. 8-916-518-86-28,
zolotasd@yandex.ru;

Овечкин Г.В.: РГРТУ, моб. 8-920-952-02-26,
g_ovechkin@mail.ru.