



Система помехоустойчивого кодирования в сетях с коммутацией пакетов

Григорян Рубен Макарович

Научный руководитель: ассистент

Кузнецов Александр Сергеевич

Москва 2009

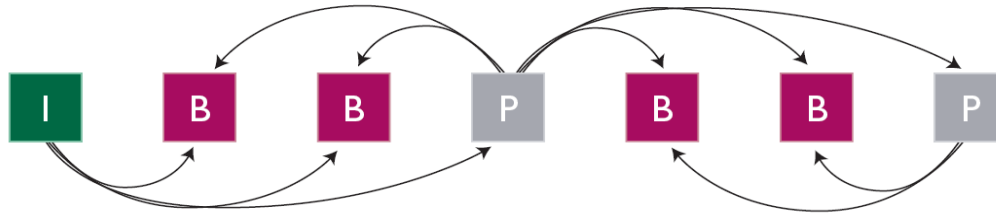
План презентации

- Цель магистерской диссертации;
- Актуальность работы;
- Методы построения информационных каналов, устойчивых к помехам;
- Типы помехоустойчивых кодов;
- Математический аппарат блочного кодирования;
- Реализация системы помехоустойчивого кодирования(СПК);
- Моделирование и экспериментальное исследование;
- Результаты работы и апробация;

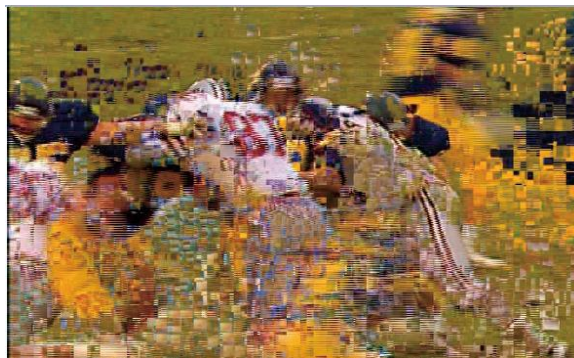
Цель магистерской диссертации

Исследование и разработка системы помехоустойчивого кодирования на базе ПЛИС для применения в сетях с коммутацией пакетов.

Актуальность работы



Взаимозависимость кадров в группе по стандарту MPEG-2



Видеокадры с дефектами в результате повреждения или потери I-, P- и B- кадров

Методы построения информационных каналов, устойчивых к помехам

Помехоустойчивые каналы

```
graph TD; A[Помехоустойчивые каналы] --> B[С использованием обратного канала]; A --> C[С использованием помехоустойчивого кодирования];
```

С использованием
обратного канала

У приемника данных есть обратная связь с отправителем.

По обратной связи запрашивается повторная отправка поврежденных пакетов (например Ethernet).

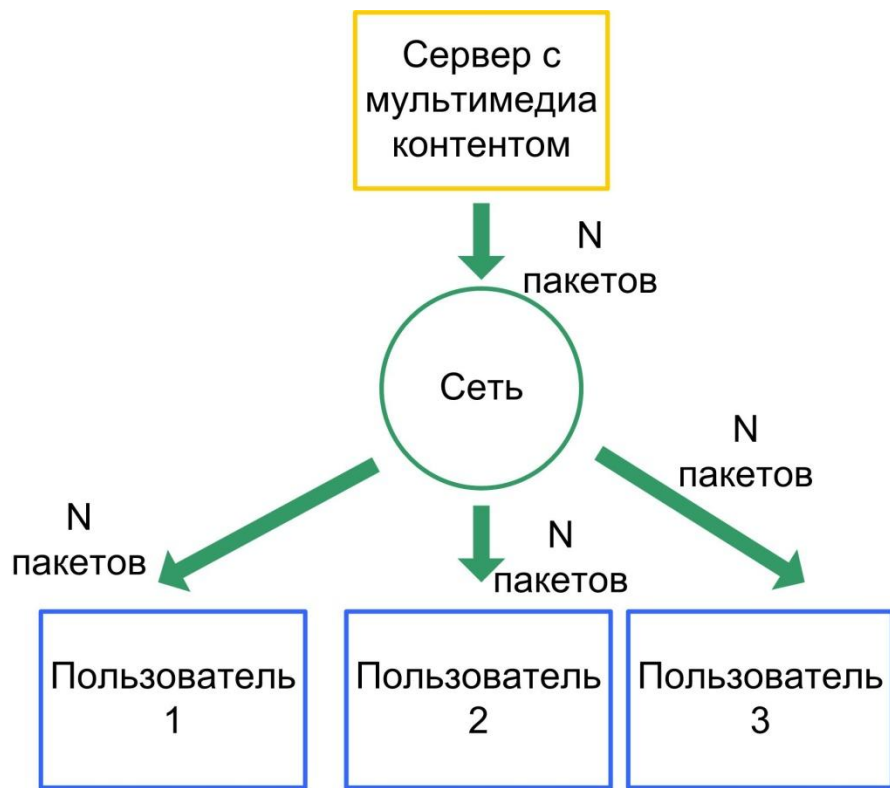
Это может вносить существенную задержку.

С использованием помехоустойчивого кодирования

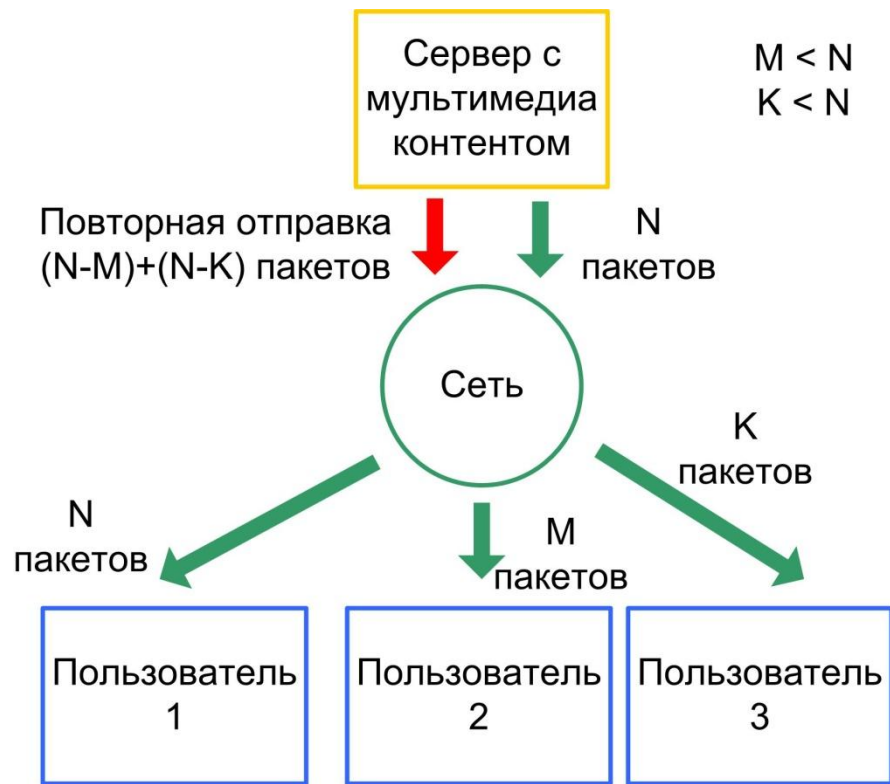
У приемника данных нет обратной связи с отправителем.

Целостность доставки пакетов гарантируется избыточностью передаваемых данных (например стандарт спутникового телевидения DVB-S).

Методы построения информационных каналов, устойчивых к помехам

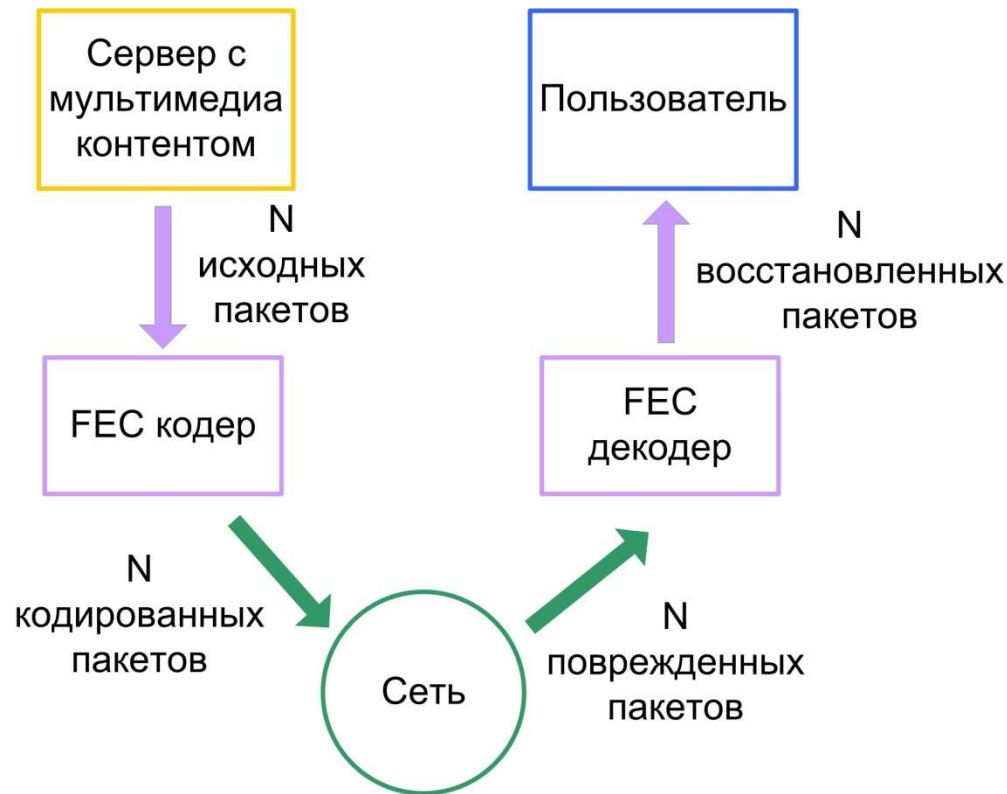


Идеальный случай. Каждый пользователь получает все отправленные ему пакеты



В помехоустойчивом канале на основе обратного канала, сервер выполняет повторную отправку поврежденных пакетов

Методы построения информационных каналов, устойчивых к помехам



В канале на основе помехоустойчивого кодирования (**FEC-Forward Error Correction**), сервер не выполняет повторную отправку поврежденных пакетов — в процесс передачи данных не вносится задержка

Типы помехоустойчивых кодов

Помехоустойчивые коды

Блочные коды
(block codes)

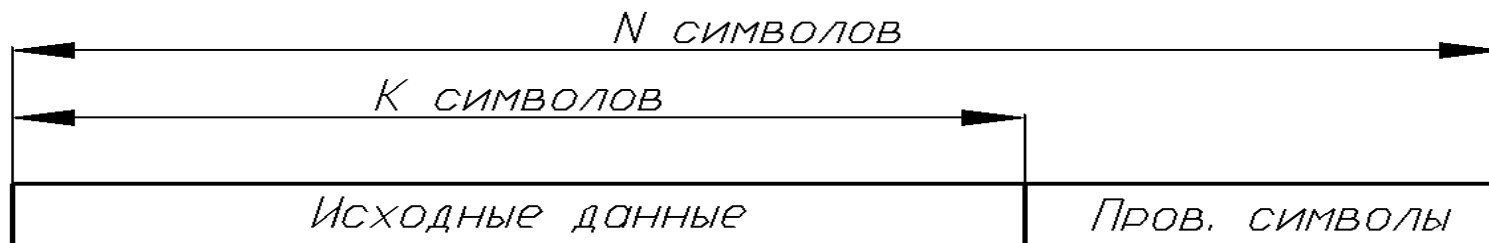
Сверточные коды
(convolution codes)

Информац. послед. конечной длины (код Хемминга, коды BCH)

Полубесконечные информац. послед.

Сверточные коды лучше справляются с одиночными ошибками.

Блочный линейный (N,K) -код Рида-Соломона, кодирующий K информационных символов в N кодовых символов ($N > K$), способен исправить произвольных $t = (N-K)/2$ ошибок.



Систематический (N,K) -код

Математический аппарат блочного кодирования

Конечным полем или *полем Галуа* называется поле с конечным числом элементов q и обозначается $GF(q)$. Результат выполнения операций сложения и умножения элементов поля также лежит в этом поле.

Многочленом над полем $GF(q)$ называется математическое выражение

(1)

$$f(x) = f_{n-1}x^{n-1} + f_{n-2}x^{n-2} + \dots + f_1x + f_0$$

где коэффициенты многочлена принадлежат полю $GF(q)$. Таким образом последовательность элементов поля можно представить в виде многочлена над этим полем. Обозначим:

$i(x)$ — *информационный многочлен* (информационное слово)

$c(x)$ — *кодированный многочлен* (кодированное слово)

$e(x)$ — *многочлен ошибок*

$r(x)$ — *многочлен принятого слова* (принятое слово)

Процесс кодирования заключ. в нахождении $c(x)$, по известному $i(x)$. Процесс декодирования заключ. в нахождении $i(x)$ по $r(x) = c(x) + e(x)$

Математический аппарат блочного кодирования

Кодовый многочлен можно получить умножая информационный многочлен на *порождающий многочлен* $c(x)=i(x)g(x)$. Порождающий многочлен можно получить, задавая его корни. Если $g(x)$ имеет вид:

$$g(x) = (x - \alpha^{i_0})(x - \alpha^{i_0+1}) \dots (x - \alpha^{i_0+2t}) \quad (2)$$

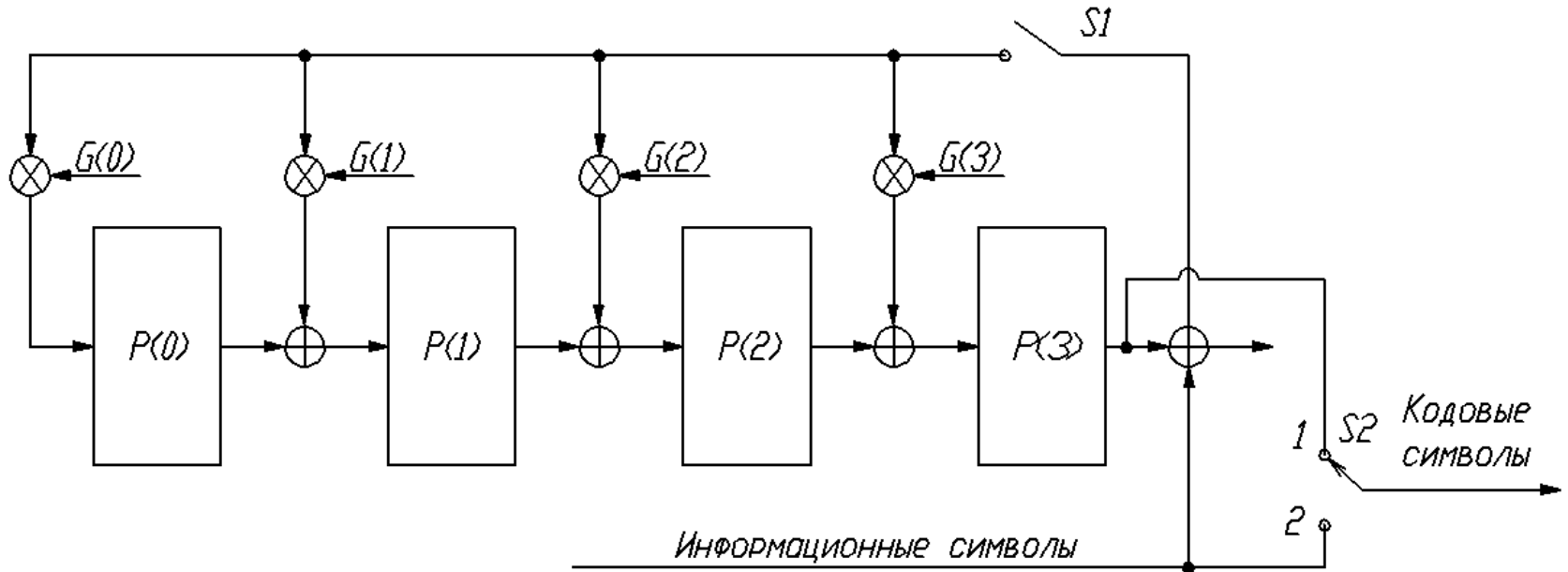
где α является примитивным элементом поля, а i_0 некоторое целое число, то такой код будет являться **кодом Рида-Соломона** – частным недвоичным случаем кодов БЧХ.

Определим *компоненты синдрома*, как значения полинома принятого кодового слова в корнях порождающего многочлена (примем $i_0=0$ для предыдущей формулы):

$$S_i = c(\alpha^i), i = 1, \dots, 2t \quad (3)$$

Если все не все компоненты синдрома равны нулю, то это означает, что в процессе передачи кодовое слово было повреждено

Реализация СПК



\otimes — Умножение в поле Галуа $GF(256)$

\oplus — Сложение в поле Галуа $GF(256)$

$P(0)..P(3)$ — Восьмибитные регистры

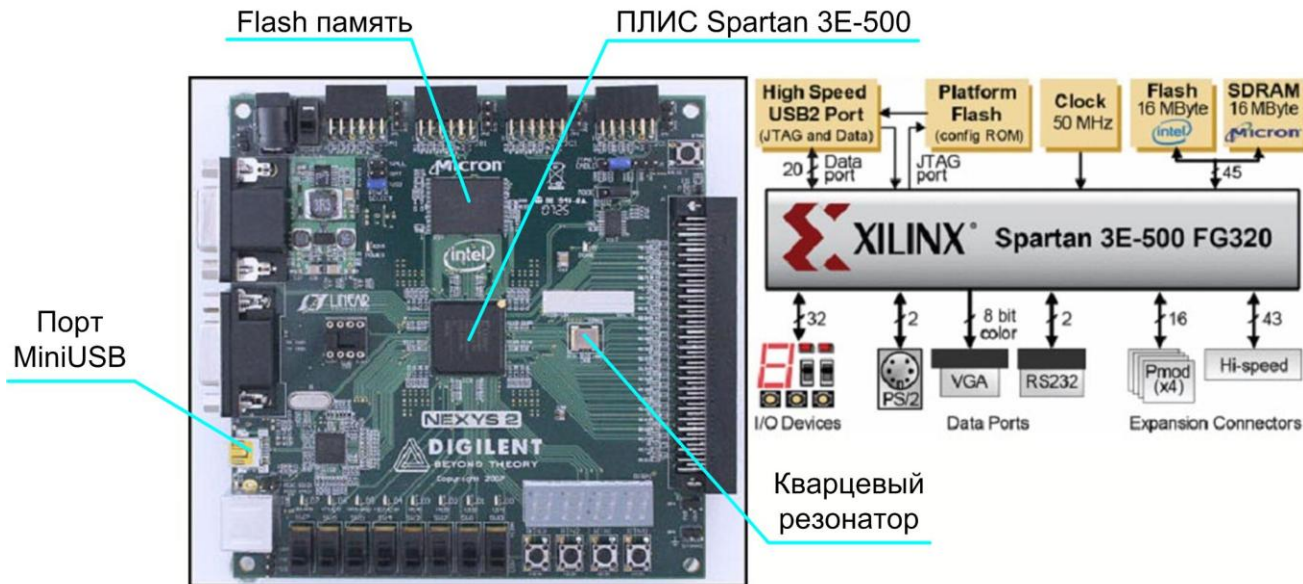
Устройство систематического кодера Рида-Соломона.

Реализация СПК



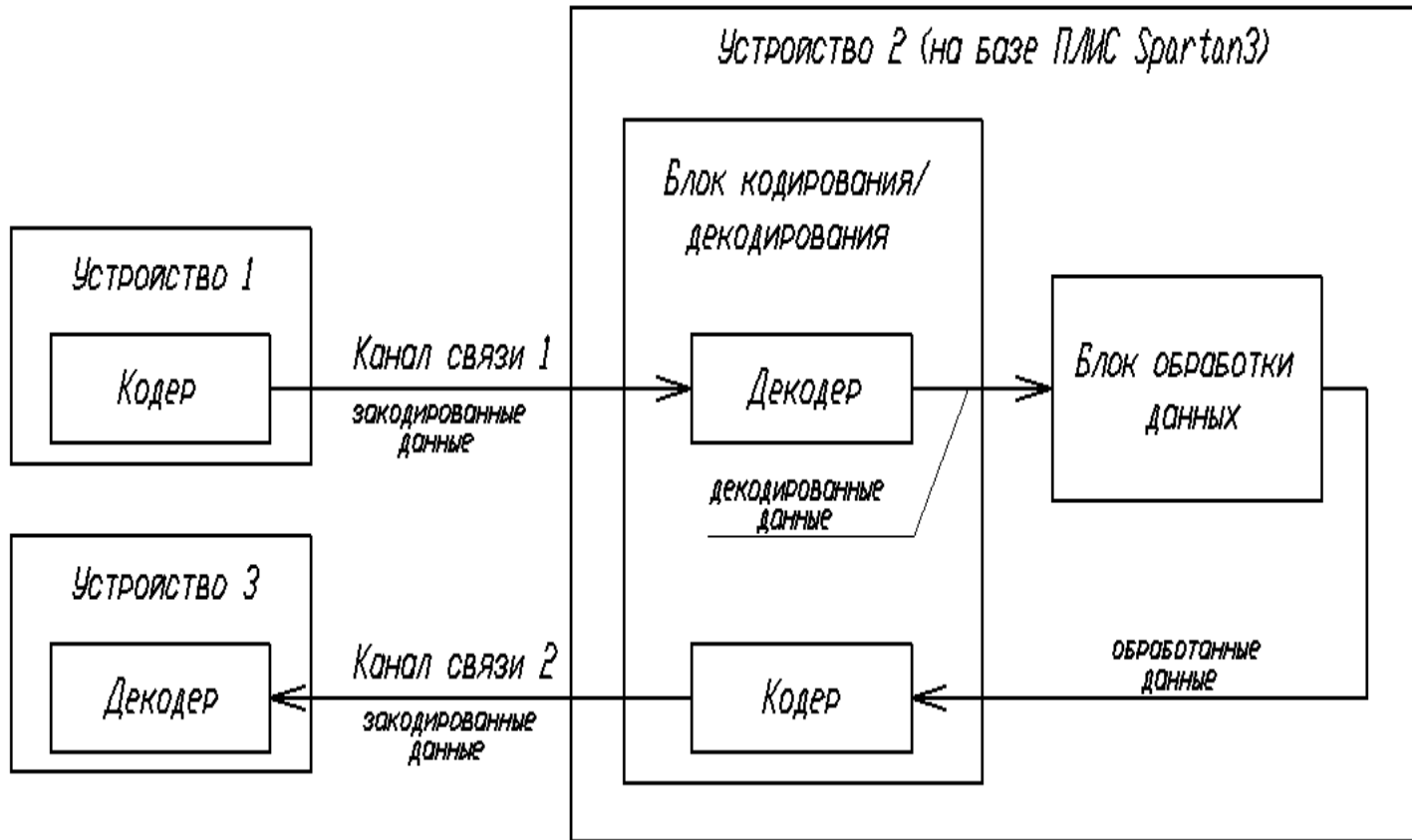
Алгоритм работы декодера кода Рида-Соломона

Моделирование и экспериментальное исследование



В результате выполнения работы была разработана СПК на основе (32,28)-кода Рида-Соломона, оперирующего восьмибитными символами, в виде VHDL пакета. Моделирование в среде ModelSim XE III 6.4b подтвердило работоспособность СПК. Работоспособность СПК также была подтверждена на отладочном комплекте NEXYS 2 фирмы Digilent, основой которого является ПЛИС семейства Spartan-3E фирмы Xilinx.

Результаты работы



Структурная схема системы с интегрированной СПК.

Результаты работы

- Исследованы методики построения помехоустойчивых каналов передачи пакетных данных в сетях с коммутацией пакетов;
- Исследованы методики защиты пакетов от искажений и стираний в сетях с коммутацией пакетов;
- Исследованы алгоритма помехоустойчивого кодирования. В качестве основы СПК был выбран линейный блочный код Рида-Соломона
- Исследованы алгоритмы кодирования и декодирования для кода Рида-Соломона. На основе этих алгоритмов были реализованы кодер и декодер.
- Разработано программа на языке VHDL, реализующая СПК.
- Моделирование в системе ModelSim XE III 6.4b подтвердило работоспособность СПК, реализующей кодирование и декодирование (32,28)-кода Рида-Соломона, оперирующего восьмибитными символами. Экспериментальное исследование на базе отладочного комплекта NEXYS2 фирмы DIGILENT также подтвердило работоспособность СПК.

Апробация результатов

- Григорян Р.М. Использование особенностей человеческого слуха для улучшения качества фильтрации методом спектрального вычитания. // 9-ая Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2007». Апрель 2007 г. – М.: издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007, с. 191-194
- Григорян Р.М. Многомикрофонная система конференц связи. // 10-ая Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2008». Апрель 2008 г. – М.: издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008, с. 102-104.
- Григорян Р.М. Система помехоустойчивого кодирования в пакетных сетях. // 7-ая ежегодная конференция «Тенденции развития современных ЭВС». Май 2009 г. – М.: издательство ФГУП «НПП «Пульсар», 2009, с. 27-29.