

ВЫБОР КОЛИЧЕСТВА ОБЛАСТЕЙ ЗАЩИТЫ ПАРАМЕТРОВ КАДРОВ КОДЕРА РЕЧИ

Янис Янсонс¹, Алексей Стрюк²

Военный институт телекоммуникаций и информатизации Национального технического университета
Украины "Киевский политехнический институт"

ул. Зеньковская, 44, Полтава, 36009, Украина,

¹ тел. (068) 641-51-36, E-Mail: Yanis.El@list.ru, ² тел. (050) 305-21-69, E-Mail: strjuk@rambler.ru

Аннотация

Показана актуальность основных проблем затрагиваемых в исследованиях. Произведено обоснование выбора количества областей дифференцирования защиты элементов параметров кадров выходных речевых сигналов кодеров речи.

Показаны преимущества использования определенного количества областей дифференцирования защиты элементов сжатого речевого сигнала. Выбор областей осуществляется в методе повышения качества восстановленного речевого сигнала на основе критерия минимального ожидаемого искажения кадра речи и дифференцируемой защиты объективно распределенных элементов параметров кадров выходных речевых сигналов кодеров речи.

Осуществлена оценка вычислительной сложности применяемых помехоустойчивых кодов из семейства доступных для различных вариантов выбора областей защиты элементов.

Произведена оценка объемов выделяемой оперативной памяти для осуществления процедур декодирования помехоустойчивых кодов используемых в методе, [1].

Вступление

В настоящее время наблюдается тенденция дифференцирования защиты элементов данных от ошибок в области сжатия и передачи различных типов данных, [2]. Выбор данных методов поясняется тем, что они позволяют осуществить необходимую степень защиты передаваемых данных исходя из требований предъявляемых к качеству восстановленных сигналов и ширине полосы пропускания.

Постановка задачи

Для обеспечения высокого качества восстановленных на приемной стороне речевых сигналов существует множество различных методов, которые могут быть реализованы на различных этапах, как формирования, так и преобразования сообщений при передаче [3] [4]. Каждому этапу соответствуют свои методы учитывающие характеристики сигнала на данном этапе.

Предложенный в работе [1] метод решает данную задачу на промежуточном этапе между кодером источника и канальным кодером. При использовании метода [1] одним из главных является вопрос о количестве групп разбиения основного кадра речи. Снижение количества градаций защиты приводит к снижению качества результирующего потока. Излишнее повышение числа областей дифференцирования защиты элементов влечет за собой возрастание сложности реализации на этапе защиты.

Требования максимизации качества речевых сигналов и минимизации вычислительной сложности выдвигает актуальную проблему выбора рационального числа областей дифференцирования защиты элементов параметров кадров кодеров речи. Путем использования рационального числа областей можно добиться повышения качества без неоправданного повышения вычислительной сложности и объемов занимаемой вычислительной памяти.

Цель работы – продолжить исследования, начатые в [1], [5], [6]: определить количество областей дифференцирования защиты элементов параметров кадров кодеров речи.

Решение задачи

Использование метода повышения качества речевых сигналов позволяет достичь значений показателя качества речевых сигналов превышающих результаты полученные с применением существующих методов. Суть метода заключается в определении структуры кадра речевого сигнала [1].

Рассмотрим влияние числа фиксированных групп дифференцированной защиты элементов параметров кадров выходных речевых сигналов кодеров речи.

Моделирование осуществлялось с использованием кодека MELP 2.4 кбит/с, [7].

Канал связи - дискретный симметричный канал без памяти.

Ошибки – независимые, с равномерным распределением. $BER = 1 \cdot 10^{-2}$.

Результаты применения метода при фиксированном числе групп представлены на рисунке 1 и в таблицах 1 – 2

Данные полученные в процессе исследований показывают что при использовании двух групп наблюдается повышение качества. Значения качества при использовании трех групп имеет различный ха-

рактически, как в сторону повышения так и в сторону снижения, относительно вариантов использования структур с фиксированным количеством групп равных двум.

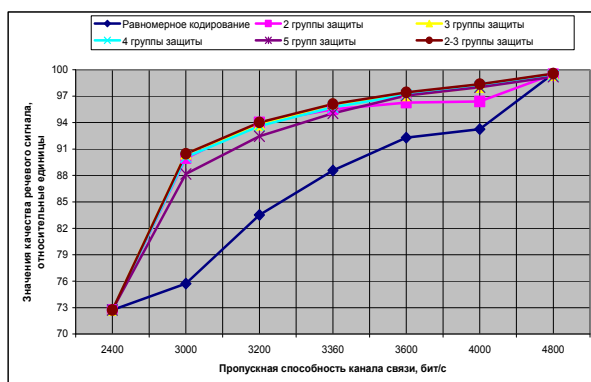


Рис. 1. Качество речевого сигнала для различных вариантов (1-5) дифференцирования защиты элементов параметров. $BER = 1 \cdot 10^{-2}$

Фиксированное количество групп равно четырем и пяти приводит к снижению или же к незначительному повышению итогового качества восстановленного речевого сигнала в сравнении с более низким количеством групп защиты, при равных значениях полосы пропускания.

Данные результаты свидетельствуют о неэффективном использовании доступной полосы пропускания.

Таблица 1.

Пропускная способность канала связи	1 группа		2 группы		3 группы	
	Размещение бит параметров	Кодовые скорости	Размещение бит параметров	Кодовые скорости	Размещение бит параметров	Кодовые скорости
2400	54	-	54	-	54	-
3000	54	4/5	30 24	5/7	2 30 22	2 3 5 7
3200	54	3/4	45 9	5/7	4 40 10	2 3 5 7
3360	54	5/7	50 4	5/7	2 50 2	2 3 5 7
3600	54	2/3	52 2	2/3	8 45 1	1 2 5 7
4000	54	3/5	51 3	3/5	23 30 1	1 2 5 7
4800	54	1/2	53 1	1/2	1 52 1	1 3 1 2

Таблица 2.

Пропускная способность канала связи	4 группы		5 групп		2-3 группы	
	Размещение бит параметров	Кодовые скорости	Размещение бит параметров	Кодовые скорости	Размещение бит параметров	Кодовые скорости
2400	54	-	54	-	54	-
3000	1 4 25 24	1 2 2 3 5 7	1 3 4 20 26	1 2 3 5 2 3 5 7	2 30 22	2 3 5 7 -
3200	2 40 3 9	2 3 5 7 3 4	1 3 2 35 13	1 2 3 5 2 3 5 7	45 9	5 7 -
3360	4 45 3 2	2 3 5 7 3 4	1 2 45 3 3	1 2 2 3 5 7 3 4	2 50 2	2 3 5 7 -
3600	9 4 40 1	1 2 2 3 5 7	8 3 2 40 1	1 2 3 5 2 3 5 7	9 45	1 2 5 7
4000	24 4 25 1	1 2 2 3 5 7	23 3 2 25 1	1 2 3 5 2 3 5 7	24 30	1 2 5 7
4800	2 49 2 1	1 3 1 2 2 3	1 1 47 4 1	1 4 1 3 1 2 2 3	54	1/2

Оценка вычислительной сложности

Рассмотрим вычислительную сложность используемого метода при различных вариантах группирования.

Тип помехоустойчивого кодирования – сверточное.

Семейство помехоустойчивых кодов $C_1, \dots, C_z$ взято следующим образом со скоростями

$$\left\{ \frac{c}{b}, \frac{c+1}{b}, \dots, \frac{b-1}{b} \right\}, \text{ где } c \text{ и } b \text{ положительные целые числа, при этом } c < b.$$

Используемые помехоустойчивые коды приведены в таблице 3 [8] [9].

Так как акцент в данном случае сделан на выбор вариантов возможных скоростей, анализ литературы [8] [9] [10] позволил выделить по одному коду по скорости из группы наиболее эффективных.

Таблица 3.

№	Порождающий многочлен	Скорость кода R	$d_{\min}$	k
1	[117 127 155]	1/3	15	7
2	[133 171]	1/2	10	7

Для снижения скоростей используют так называемое «выкалывание» или «перфорирование» [10]. Используемые перфорированные коды с матрицами выкалывания представлены в таблице 3. Данные коды получаются из стандартных путем наложения матрицы выкалывания на последовательность символов с выхода кодера что приводит к потере определенных бит. На приемной стороне случайным образом происходит восстановление потерянных бит с использованием обратной матрицы выкалывания. Сложность таких кодов как и вероятность правильного приема снижается, в следствие уменьшения минимального кодового расстояния. Преимуществом является возможность использования различных вариантов скоростей без реализации кодов с иными порождающими многочленами.

Сложность сверточного кодера определяется сложностью кодера и декодера. Сложность кодера в свою очередь определяется количеством его простейших элементов (числом разрядов в регистре сдвига, сумматоров по модулю 2 и связей сумматоров с разрядами сдвигов). Длина регистра сдвига - нескольких десятков единиц, а каждый сумматор имеет связи приблизительно с половиной разрядов. Сложность кодера линейно зависит от длины кодового ограничения k. Практическая реализация таких устройств не представляет труда.

Сложность декодеров определяется методом декодирования. Оптимальным с точки зрения достоверности восстановленных данных является алгоритм декодирования Витерби [8] [9].

Таблица 4.

№	Порождающий многочлен	Исходная скорость кода R1	Матрица выкалывания	Скорость перфорированного кода R2
1	[133 171]	1/2	$\begin{bmatrix} 11 \\ 10 \end{bmatrix}$	2/3
2	[133 171]	1/2	$\begin{bmatrix} 110 \\ 101 \end{bmatrix}$	3/4
3	[133 171]	1/2	$\begin{bmatrix} 1101 \\ 1010 \end{bmatrix}$	4/5
4	[117 127 155]	1/3	$\begin{bmatrix} 10 \\ 11 \\ 11 \end{bmatrix}$	3/5
5	[117 127 155]	1/3	$\begin{bmatrix} 101 \\ 110 \\ 111 \end{bmatrix}$	5/7

Сложность реализации декодера по количеству выполняемых операций для декодирования одного информационного символа представлена в табл. 5 [11]. В этой таблице K определяет конструктивную длину кодов (длину кодового ограничения). Зная сложность реализации метода декодирования N_c можно оценить сложность декодирования всего кода:

$$N_{\text{сверт}} = IN_c, \quad (1)$$

где I – число итераций декодирования.

Таблица 5 - Сложность алгоритма декодирования Витерби на один информационный элемент

Вид операции	
Сложение	$2 \cdot 2^{k-1} + 5$
Сравнение	2^{k-1}

Оценка объема выделяемой памяти

Объем памяти для хранения путей составляет [8-11]:

$$V=10*k*2^k \quad (2)$$

Для всего семейства выбранных кодов длина кодового ограничения равна 7. Следовательно иско-
мые характеристики, такие как вычислительная сложность и объем выделяемой памяти равны.

Исходя из этого использование вместо одного помехоустойчивого кода двух, трех, четырех и бо-
лее приводит к повышению вычислительной сложности и объемов выделяемой памяти соответственно в
два, три, четыре и более раз.

Заключение

В данной работе обоснован выбор количества групп дифференцирования защиты элементов пара-
метров кадров выходных речевых сигналов кодеров речи.

Использование ограничения в пределах двух - трех групп позволяет получить значения качества
восстановленных речевых сигналов выше аналогичных с использованием иного количества групп.

Повышение количества групп дифференцирования защиты элементов приводит также к повыше-
нию вычислительной сложности и объемов выделяемой памяти проектируемой аппаратуры связи про-
порционально количеству групп дифференцирования.

Литература:

- [1] Янсонс Я.В. Метод повышения качества восстановленного сигнала на основе дифференцированной
защиты кадра речевых данных // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2008. – № 5(32). – С.
116-120.
- [2] Hamzaoui R., Stankovic V. Rate-based versus distortion-based optimal error protection of embedded codes.
// Konstanzer Schriften in Mathematik und Informatik. – 2003. – №194.
- [3] I. Jebali, P. Loizou, and A. Spanias, "Speech Processing Using Higher Order Statistics," Proc. ISCAS-93,
pp. 160-163, May 1993.
- [4] A. Spanias, "A Hybrid Model for Speech Synthesis," Proc. ISCAS-90, p. 1521, New Orleans, May 1990.
- [5] Стрюк А.Ю., Янсонс Я.В. Методика оценки помехоустойчивости параметров сжатого сигнала коде-
ков речи // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2006. – № 05. – С. 198.
- [6] Стрюк А.Ю., Янсонс Я.В. Методика исследования помехоустойчивости параметров кодеков речи с
использованием оценок PESQ // Информационные технологии и компьютерная инженерия. –
2007. - № 1(8). - С. 130.
- [7] L.Supplee, R.Cohn, J.Collura, A.McGree, " A 2,4 kbit/s MELP- New U.S. Federal Standard" Proceedings of
ICASSP, IEEE, pp.1591-1594, 1997.
- [8] Блейхут Р., Теория и практика кодов контролирующих ошибки. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
- [9] Todd K. Moon, Error correction codes (Mathematical methods and algorithms). – Hoboken, New Jersey. –
John Wiley & Sons, Inc., 2005. – 804 p.
- [10] Robert H.Morelos-Zaragoza The art of error correcting coding. – John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex,
PO191 UD, England. – 2002. – 233 p.
- [11] Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Сложность реализации эффективных методов декодирования помехо-
устойчивых кодов // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуни-
каций: Тез. докл. 12-й Междунар. науч.-техн. конф. – Рязань: РГРТА, 2004. – С. 12–14.