

Цифровые речевые ВЧ каналы IV

Сравнительные характеристики вокодеров для цифровых ВЧ каналов

Обзор

Оценка качества вокодеров дается многими независимыми лабораториями и является субъективным мнением людей принимающих участие в тестировании, часто носящим заказной характер. Здесь приводится некая усредненная характеристика вокодеров, полученная по результатам опубликованных в разное время измерений.

MOS – оценка качества речи, определяемая путем обработки оценок, даваемых группами слушателей

MOS = 4.5 – исходное качество речи, используемой при проведении тестов

MOS = 4.0 – “toll” quality – качество речи, передаваемой через «обыкновенную» телефонную линию

Стандарт	Вокодер	Ср, кБит/с	Год	Применение	Наименование	
G.711	PCM	64	1977	ТЛФ	Pulse-Code Modulation	Кодово-импульсная модуляция
G.722	SB-ADPCM	64, 56, 48	1988	ТЛФ	Sub-band ADPCM	
G.726	ADPCM	16, 24, 32, 40	1984	ТЛФ	Adaptive Differential Pulse-Code Modulation	Адаптивная дифференциальная кодово-импульсная модуляция
G.728	LD-CELP	16	1992	ТЛФ	Low-Delay Code Excited Linear Prediction	Линейное прогнозирование, генерируемое кодом с низкой задержкой
G.729, G.729a	CS-ACELP	8, 6.4, 11.8	1997	ТЛФ	Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction	Линейное прогнозирование, генерируемое алгебраическим кодом сопряженной структуры
G.723.1	MP-MLQ	6,3	1996	ТЛФ	MultiPulse Maximum Likelihood Quantization	Многоимпульсное квантование с максимальным правдоподобием
G.723	ACELP	5,3	1996	ТЛФ	Algebraic Code Excited Linear Prediction	Линейное прогнозирование, генерируемое алгебраическим кодом
INMAR-SAT-M	IMBE	6,4	1990	спутник	Improved Multi-Band Excitation Coding	
ETSI GSM	RPE-LTP	13	1992	GSM	Regular Pulse Excitation - Long Term Prediction	
ETSI TETRA	ACELP	4,8	1996	GSM	Algebraic Code Excited Linear Prediction	Линейное прогнозирование, генерируемое алгебраическим кодом
США	MELP	2,4	1998	армия		
USFS 1015	LPC10e	2,4			Linear Prediction Coding	Кодирование с линейным предсказанием
TIA IS-54	VSELP	5.6		GSM	Vector Sum Excited Linear Prediction	
D-AMPS	VSELP	7.95		GSM	Vector Sum Excited Linear Prediction	
TETRA	ACELP	4.57		транкинг	Algebraic Code Excited Linear Prediction	Линейное прогнозирование, генерируемое алгебраическим кодом
eXpressDSP	MMBE	2.4		утилиты	Mixed Multi-Band Excitation	
eXpressDSP	RCELP	3.6		утилиты	Regular Code Excited Linear Prediction	
eXpressDSP	ICELP	4.8		утилиты	Improved Code Excited Linear Prediction	
AudioCodes	NetCoder	8	1999	ТЛФ		

Стандарт	Вокодер	Ср, кБит/с	Кадр, мс	Задержка, мс	MOS 1	MOS 2	MOS 3	MOS 4	MOS 5	MOS 6	MOS 7	MOS 8	MOS сред.
G.711	PCM	64	0,125	0,125/0,75/5	4,1	4,11	4,1	4,1	4,3		4,11	4,2	4,15
G.722	SB-ADPCM	64	40	5									
		56	35	5									
		48	30	5									
G.726	ADPCM	40	25	5									
		32	0,125/20	1/5	3,85	3,85	3,8	3,8	4,1		3,85	4,1	3,91
		24	15	5									
		16	10	5									
G.728	LD-CELP	16	0,625/10	2,5/3 ... 5	3,61	3,61	3,6	3,6	3,7		3,61	4,1	3,69
G.729	CS-ACELP	8	10	10	3,92	3,92	3,9					4,1	3,96
1 пере- прием		8	10		3,27								3,27
2 пере- приема		8	10		2,68								2,68
G.729a	CS-ACELP	8	10	10	3,7	3,85	3,9				3,27	3,85	3,71
G.723.1	MP-MLQ	6,3	30/24	30/37,5	3,98		3,9	3,9		3,8		4,05	3,93
G.723	ACELP	5,3	30/20	30/37,5	3,65		3,7	3,7		3,7	3,65	3,55	3,66
INMAR-SAT- M	IMBE	6,4					3,1						3,10
	IMBE	3,6		80						3,5			
ETSI GSM	RPE-LTP	13	20				3,3						3,3
ETSI TETRA	ACELP	4,8					3,4						3,4
США	MELP	2,4		45			3,5						3,5
USFS 1015	LPC10e	2,4					2,5		2,5				2,5
TIA IS-54	VSELP	5.6	20										
D-AMPS	VSELP	7.95	20							3,3			3,3
TETRA	ACELP	4.57	30										
eXpressDSP	MMBE	2.4	30	45						3.5			3.5
eXpressDSP	RCELP	3.6		30						3.5			3.5
eXpressDSP	ICELP	4.8	30	60						3.7			3.7
AudioCodes	NetCoder	6,4	20			3.85							3.85
AudioCodes	NetCoder	7,2	20			3.91							3.91
AudioCodes	NetCoder	8	20			4.1							4.1

В таблицах приведены характеристики далеко не всех вокодеров применяемых в настоящее время. Из широко известных устройств, следует упомянуть: ABATE, MRELP, STC, QCELP, W1.

К сожалению, идеального вокодера не существует. Выбор нужной схемы сжатия зависит от важности тех или иных параметров канала. Сейчас наиболее популярны вокодеры, выполненные по стандартам G.723.1 и G.729a.

В тоже время объективно лучшим вокодером в последние три года является Net-Coder фирмы AudioCodes. Его широкое распространение сдерживается тем, что кодек G.729a при всех его недостатках является стандартом де-факто в отрасли, и

производители оборудования не хотят ничего менять. К тому же стоимость лицензии на NetCoder достаточно велика.

Очень интересным является алгоритм:

ABATE – Modified Abate Adaptive Delta Modulation 32 кБит. Используется в программе Спэйс-Шатл. При скоростях передачи 30 ... 40 кБит/с обеспечивает качество речи выше, чем G.711. Обладает уникальной помехоустойчивостью – без потери качества работает при BER $\sim 10^{-1}$

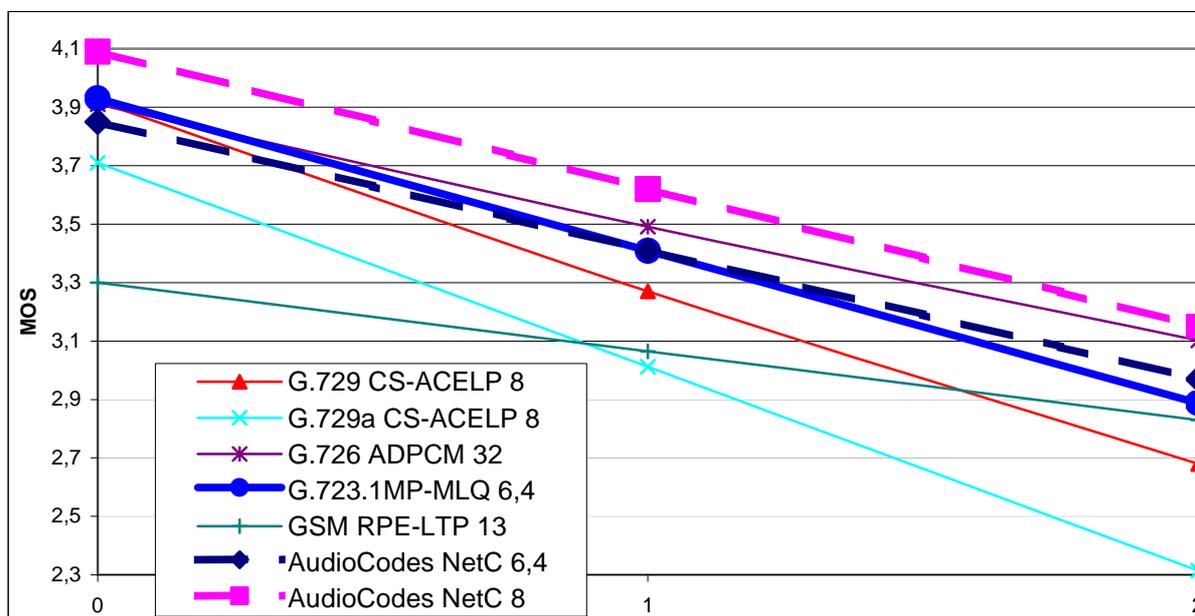
Стандарт	Вокодер	Ср, кБит/с	Речевой спектр	Качество речи	Задержка, мс	Задержка полная, мс	Помехоустойчивость	Передача одночастотного сигнала	Передача сигнала модема	Применение
ITU G.711	A-law/u-law	64	3	9	1		10	да	19,2	Аудио
ITU G.722	SB-ADPCM	64	7	10	1		9	да	9,6	Аудио
		56		9	1		9	да	4,8	Аудио
		48		8	1		8	да	2,4	Аудио
ITU G.721	ADPCM	32		8	1		9	да	4,8	Аудио
ITU G.726	ADPCM	40		8	1		9	да	9,6	Аудио
		16		4	1		8	да	0,6	Аудио
ITU G.728	LD-CELP	16	3	8	2.5		4	да	2,4	Аудио
G.729	CS-ACELP	8	3			25-35		да		Аудио
G.729a	CS-ACELP	8	3			25-35		да		Аудио
G.723.1	MP-MLQ	6,3	3			67-97		да		Аудио
DSPSE	Voice-Wave™	4,8-12,8		4-7	80-70		3-5	нет- да	нет	речь
TIA-IS-54	VSELP	8		5	68		3	нет	нет	речь
USFS 1016	CELP	4,8		3	105		2	нет	нет	речь
USFS 1015	LPC10e	2,4		1	135		1	нет	нет	речь

Стандарт сжатия **G.723.1 (MP-MLQ/ACELP)** - метод сжатия речи для приложений в области мультимедиа и видеотелефонов, подключаемых к коммутируемым телефонным сетям с помощью обычных модемов (H.324).

Метод **MP-MLQ** относится к семейству алгоритмов AbS. Вокодер MP-MLQ использует LPC-анализатор 10-го порядка и работает на скоростях 4,8; 6,4; 7,2 ; 8,0 и 9,6 кБит/с. Его структура поддерживает перепрограммирование "на лету" для одной или нескольких скоростей, что позволяет осуществлять кодирование на нескольких скоростях или с переменной скоростью и выполнять многоканальную обработку. Средняя оценка MOS показывает преимущество MP-MLQ по соотношению качество сигнала/битовая скорость.

MP-MLQ вокодер - в отличие от других устройств с низкими скоростями передачи - при повторном кодировании, когда речевой сигнал проходит через два или более цикла компрессии/декомпрессии, обеспечивает минимальный уровень искажений. Эта важно в приложениях, где речевой канал коммутируется через центральную АТС. По данным AT&T Labs и France Telecom оценка качества сигнала по шкале MOS после одного пере приема методом MP-MLQ составляет 3,409, а для G.726 ADPCM 32 Кбит/с - 3,491 (после двух пере приемов для ADPCM 32 Кбит/с - 3,102).

Стандарт	Вокодер	Ср, кБит/с	Оценка MOS при числе переприемов		
			0	1	2
G.729	CS-ACELP	8	3,92	3,27	2,68
G.729a	CS-ACELP	8	3,71	3,012	
G.726	ADPCM	32	3,91	3,491	3,102
G.723.1	MP-MLQ	6,4	3,93	3,409	
GSM	RPE-LTP	13	3,3	3,065	
TIA IS-54	VSELP	8		2,528	
AudioCodes	Netcoder	6.4	3.85	3.41	
AudioCodes	Netcoder	8.0	4.09	3.62	



Другим важным свойством вокодеров является зависимость выходного отношения сигнал/шум (среднеквадратичной ошибки восстановления) от вероятности ошибки BER в канале.

В этом смысле худшими параметрами обладают PCM вокодеры (G.711, G.721). Так G.711 устройство может потерять работоспособность при BER $\sim 10^{-5}$.

Лучшими в этом смысле характеристиками обладают вокодеры на основе дельта-модуляции, которые сохраняют работоспособность при BER $\sim 10^{-2}$... $\sim 10^{-1}$. Кроме того, они не чувствительны к пакетам ошибок малой длительности.

Промежуточное положение занимают вокодеры на основе предсказателей.

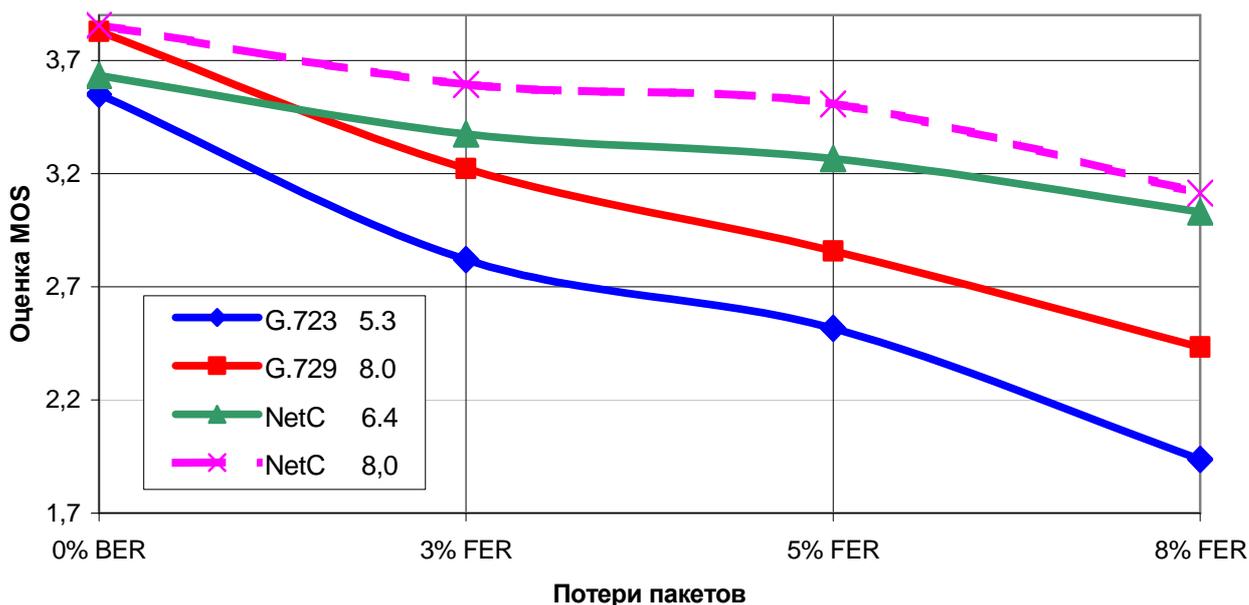
Самые старые из них (ADPCM, G.722, G.726) характеризуются наличием модуля линейного предсказания авторегрессионных последовательностей в сочетании с многоуровневым квантованием (3-5). Причем в канал передается разность истинного и предсказанного значений. Такие системы теряют работоспособность при BER $\sim 5 \cdot 10^{-3}$ и возникновении пакетов ошибок малой длительности.

Более современные вокодеры на основе предсказателей (содержат в наименовании комбинацию букв CELP, LP) передают в канал не разность истинного и предсказанного значений, а некое соответствующее ему значение из кодовой книги ко-

нечной длительности. Эти вокодеры отличаются друг от друга способом формирования значений кодовой книги, используемым предсказателем и числом уровней квантования. Для них характерно сохранение работоспособности до BER $\sim 10^{-3}$. При большем числе ошибок они сразу теряют работоспособность.

Поэтому, как правило, G.729 вокодер (CS-ACELP) применяют совместно с корректором BER ошибок Рида-Соломона, что увеличивает скорость речевого потока до 10.66 кБит/с вместо 8 кБит/с (на 2.66 кБит/с).

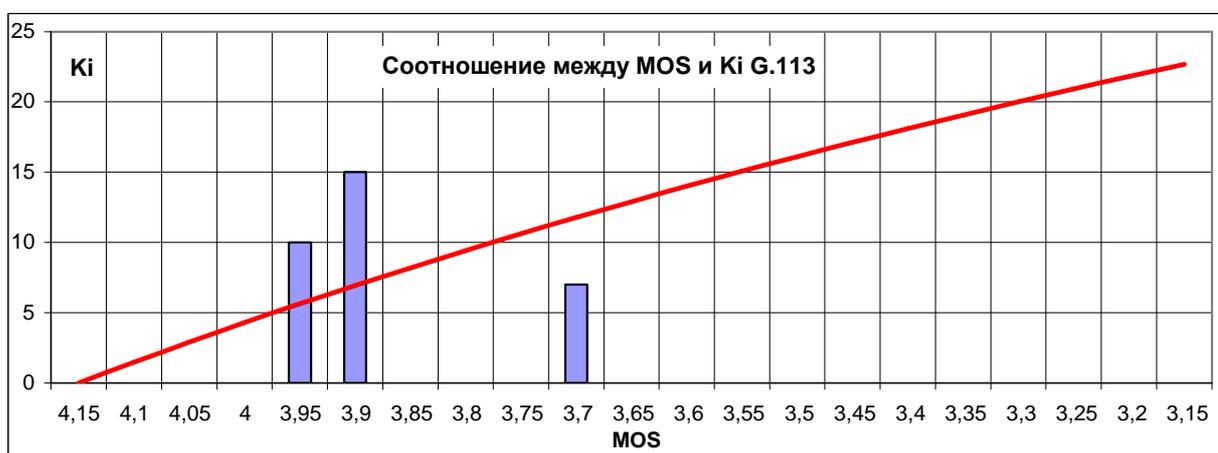
Реакция различных вокодеров на блочные ошибки так же различна.



Строго говоря, большинство вокодеров предназначено для высококачественных цифровых каналов, а не для ЦВЧ. Несмотря на это, по совокупности параметров

- качество,
- скорость передачи
- устойчивость к пере приемам
- устойчивость к ошибкам

наиболее подходящими для речевых цифровых ВЧ каналов можно считать **MP-MLQ** и **NetCoder** вокодеры.



Список используемой литературы:

- ITU-T G.111 (03/93) LOUDNESS RATINGS (LRs) IN AN INTERNATIONAL CONNECTION
- ITU-T G.113 (02/96) TRANSMISSION IMPAIRMENTS
- ITU-T G.114 (02/96) ONE-WAY TRANSMISSION TIME
- ITU-T G.121 (03/93) LOUDNESS RATINGS (LRs) OF NATIONAL SYSTEMS
- ITU-T G.122 (03/93) INFLUENCE OF NATIONAL SYSTEMS ON STABILITY AND TALKER ECHO IN INTERNATIONAL CONNECTIONS
- ITU-T G.131 (08/96) Control of talker echo
- ITU-T G.165 (03/93) ECHO CANCELLERS
- ITU-T G.164 (88/93) ECHO SUPPRESSORS
- ITU-T G.221 (88/93) OVERALL RECOMMENDATIONS RELATING TO CARRIER-TRANSMISSION SYSTEMS
- ITU-T P.861 (08/96) Objective quality measurement of telephone-band (300-3400 Hz) speech codecs
- ETSI TS 101 329-2 v2.1.1 (06/01) Definition of Speech Quality of Service (QoS) Classes
- ETSI TS 101 329-5 v1.1.2 (01/02) Quality of Service (QoS) measurement methodologies
- AUDIOCODES. White Paper. ANALYZING COMSAT TEST RESULTS FOR VOICE QUALITY. 1999
- LinCom Corporation. J. Prieto. Demonstration of Telecommunication Industry Speech Compression Algorithms. 1995
- Ken Gary. Unisys. Shuttle Delta Modulation System. 1984