

マルチメディア配信システム

- No.10 音声・音響符号化標準 -

渡辺 裕

Multimedia Distribution System

- No.10 Speech/Audio Coding Standard -

Hiroshi Watanabe

音声・音響符号化

- 低ビットレート(<32kbps)
 - LPC(線形予測符号化)ボコーダ
 - マルチバンド励振線形符号化
 - CELP(符号励振線形予測)
- 中ビットレート(32kbps-64kbps)
 - ADPCM(適応差分パルス符号変調)
 - サブバンドADPCM
- 高ビットレート(>64kbps)
 - サブバンド符号化
 - ATC(適応変換符号化)+心理聴覚重みづけビット割り当て

Speech/Audio Coding

- Low bitrate (<32kbps)
 - LPC(Linear Predictive Coding) Vocoder
 - Mixed Excitation Linear Predictive Coding
 - CELP(Code Exited Linear Prediction)

- Middle bitrate (32kbps-64kbps)
 - ADPCM(Adaptive Differential Pulse Coded Modulation)
 - Subband ADPCM

- High bitrate (>64kbps)
 - Subband Coding
 - MDCT(Modified DCT)+Psycho-acoustic weighted bit allocation

符号化標準

■ 規格とアルゴリズム

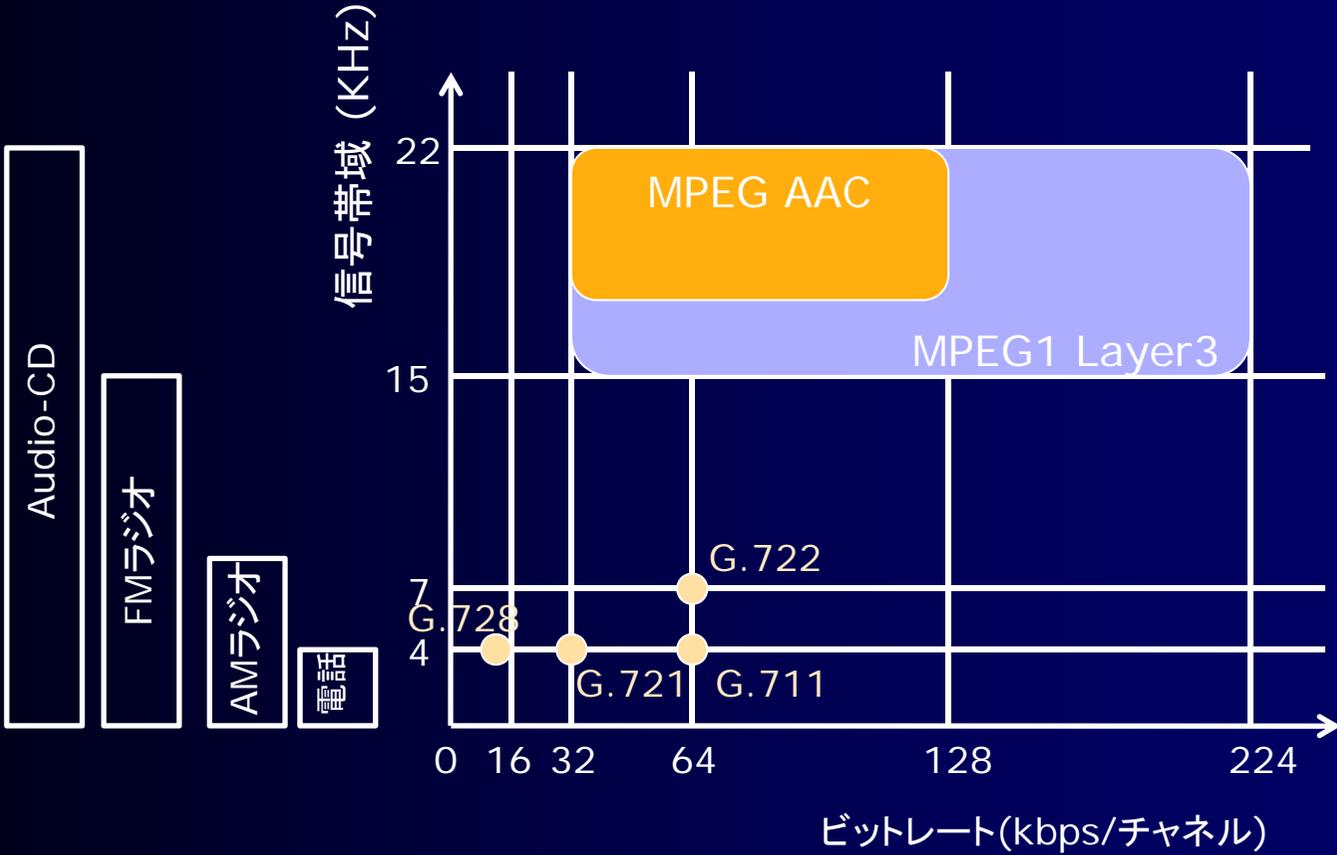
時期	名称	ビットレート	アルゴリズム
1972	CCITT G.711	64 kbps	非線形量子化
1984	CCITT G.721	32 kbps	ADPCM
1986	CCITT G.722	64 kbps	サブバンドADPCM
1991	CCITT G.728	16 kbps	低遅延CELP符号化
1993	ISO MPEG	32k-224kbps	サブバンド+MDCT
1997	ISO MPEG AAC	32k-128kbps	MDCT+ステレオ処理

Standard

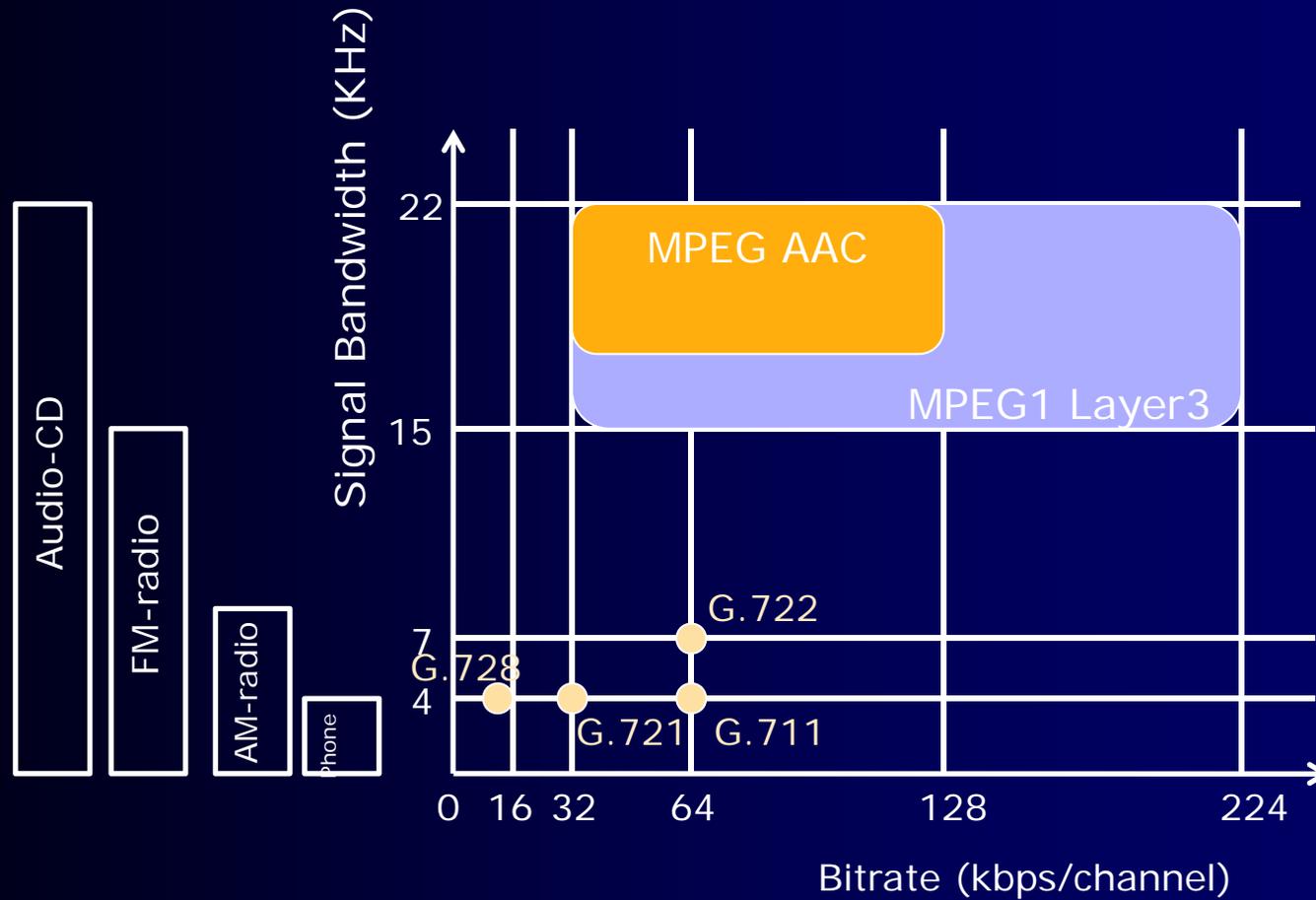
■ Standard and Algorithm

Year	Name	Bitrate	Algorithm
1972	CCITT G.711	64 kbps	Non-linear Quantization
1984	CCITT G.721	32 kbps	ADPCM
1986	CCITT G.722	64 kbps	Subband-ADPCM
1991	CCITT G.728	16 kbps	Low-delay CELP
1993	ISO MPEG	32k-224kbps	Subband+MDCT
1997	ISO MPEG AAC	32k-128kbps	MDCT+Stereo

対象信号



Target Signal



標準化組織

- 標準化組織
 - 国際電気通信連合電気通信標準化部門 (ITU-T, 前CCITT)
 - 欧州電気通信標準化機構 (ETSI)
 - 国際標準化機構 (ISO)
 - 米国電気通信工業会 (TIA)

 - <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-111.590/2002/chapter3.pdf>

Standardization Organization

- Standardization Organization
 - International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector (ITU-T, former CCITT)
 - European Telecommunication Standards Institute (ETSI)
 - International Standards Organization (ISO)
 - Telecommunication Industry Association (TIA)
 - <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-111.590/2002/chapter3.pdf>

ITU G.726, G727

- 適応差分パルス符号変調 (ADPCM)
 - G.726: 個々に最適化された量子化器を使用
 - G.727: パケットネットワークアプリケーションに応じた量子化器を組み込み
 - ビットレート: 16, 24, 32, 40, 60 kbit/s
 - 主観品質 32 kbit/s: 4.1
 - 演算規模: 2 MIPS

ITU G.726, G727

- ADPCM
 - G.726: individually optimized quantizers
 - G.727: embedded quantizers developed for packet network applications
 - Bitrate: 16, 24, 32, 40, 60 kbit/s
 - MOS for 32 kbit/s: 4.1
 - Complexity: 2 MIPS

インマルサット-B ボコーダ

- 国際衛星機構 B 標準, 適応予測ボコーダ
 - ADPCM 長時間予測(LTP) と 6次短時間予測(STP)
 - ビットレート: 9.6, 12.8 kbit/s
 - 主観品質 9.6 (12.8) kbit/s: 3.1 (3.4)
 - 演算規模: 10 MIPS

Inmarsat-B Vocoder

- The International Mobile Satellite B standard using adaptive predictive vocoder
 - ADPCM with Long Time Prediction (LTP) and 6th order Short Time Prediction (STP)
 - Bitrate: 9.6, 12.8 kbit/s
 - Mos for 9.6 (12.8) kbit/s: 3.1 (3.4)
 - Complexity: 10 MIPS

LPC-10(e) FS-1015

- LPC-10(e) 米国連邦標準1015
 - 米国国防省 1976
 - 秘話通信が目的
 - 10次予測器を使用
 - ビットレート: 2.4 kbit/s
 - 主観品質 2.4 kbit/s: 2.3
 - 演算規模: 7MIPS

LPC-10_(e) FS-1015

- LPC-10(e) federal standard 1015
 - USA Department of Defense in 1976
 - Secure communications
 - 10th order predictor
 - Bitrate: 2.4 kbit/s
 - MOS for 2.4 kbit/s: 2.3
 - Complexity: 7MIPS

MELP コーデック

- 混合励起線形予測(MELP)コーデック
 - 米国政府 1996
 - 開発動機はLPC-10における音声エラー
 - 遅延: 122.5 ms
 - ビットレート: 2.4 kbit/s
 - 主観品質 2.4 kbit/s: 3.2
 - 演算規模: 40 MIPS

MELP codec

- Mixed Excitation Linear Prediction (MELP) codec
 - US government in 1996
 - Motivated by voicing errors in LPC-10
 - Delay: 122.5 ms
 - Bitrate: 2.4 kbit/s
 - MOS for 2.4 kbit/s: 3.2
 - Complexity: 40 MIPS

GSM 6.10

- 欧州電気通信標準化機構(ETSI) フルレート方式 GSM 6.10
 - 欧州携帯電話での標準音声符号化方式
 - 等間隔パルス励起(RPE)による長時間予測(LTP)
 - 励起は複数の等間隔パルス系列による
 - ビットレート: 13.0 kbit/s
 - 主観品質 13.0 kbit/s: 3.5-3.9
 - 演算規模: 5-6 MIPS

GSM 6.10

- ETSI full-Rate GSM 6.10
 - EU digital cellular standard
 - Regular-Pulse Excitation (PRE) with Long Term Prediction (LTP)
 - Excitation is a sequence of multiple uniformly spaced pulses
 - Bitrate: 13.0 kbit/s
 - MOS for 13.0 kbit/s: 3.5-3.9
 - Complexity: 5-6 MIPS

FS-1016

- 米国連邦標準 1016
 - 米国国防省 (DoD)
 - 第3世代秘話通信方式(STU-III)
 - 国防省とベル研による共同開発
 - 符号励起線形予測方式(CELP)
 - 励起は長期予測ベクトルと統計的コードブックの組み合わせによる
 - ビットレート: 4.8 kbit/s
 - 主観品質 4.8 kbit/s: 3.2
 - 演算規模: 16 MIPS

FS-1016

- Federal Standard 1016
 - USA Department of Defense (DoD)
 - 3rd generation secure telephone unit (STU-III)
 - Jointly developed by DoD and Bell Lab.
 - CELP
 - Excitation is formed by combining vectors from long time prediction (LTP) and stochastic codebook
 - Bitrate: 4.8 kbit/s
 - MOS for 4.8 kbit/s: 3.2
 - Complexity: 16 MIPS

VSELP

- ベクトル和励起線形予測(VSELP)
 - 世界で3地域の携帯電話で音声符号化標準として使用
 - TIA IS-54 (日本と北米)
 - 日本では1990年にPDCフルレート方式(ARIB標準STD-24, 音声 6.7 kbit/s, 検査データ 4.5kbit/s)
 - ETSI 6.20 GSM ハーフレート (欧州)
 - 高度に構造化されたコードブック
 - 演算規模削減
 - チャネルエラー耐性強化
 - ビットレート: 5-6 kbit/s
 - 主観品質 6.3 (8.0) kbit/s: 3.4 (3.5)
 - 演算規模: 14 MIPS

VSELP

- Vector Sum Excited LP (VSELP) Standards
 - Algorithm embedded to 3 digital cellular standards
 - TIA IS-54 (Japan and North America)
 - Full rate algorithm in PDC in 1990 (ARIB recommendation STD-24, speech 6.7 kbit/s, ECC 4.5kbit/s)
 - ETSI 6.20 GSM half-rate (EU)
 - Highly structured codebooks
 - Reduces computational complexity
 - Increases robustness to channel errors
 - Bitrate: 5-6 kbit/s
 - MOS for 6.3 (8.0) kbit/s: 3.4 (3.5)
 - Complexity: 14 MIPS

ITU G.728

- ITU G.728 低遅延CELP
 - 短フレーム, 短励起ベクトル, 短時間予測(STP)
 - 符号化音声品質: G.728>G.726
 - ビットレート: 16 kbit/s
 - 主観品質 16 kbit/s: 3.4
 - 演算規模: 30 MIPS

ITU G.728

- ITU G.728 Low Delay CELP
 - Short frames, short excitation vectors, short term prediction (STP)
 - Speech quality: G.728>G.726
 - Bitrate: 16 kbit/s
 - MOS for 16 kbit/s: 3.4
 - Complexity: 30 MIPS

IS-96

- 米国電気通信工業会TIA IS-96は、携帯電話方式の一つである符号分割多元接続(CDMA)で使われる
 - CELPと短時間予測(STP)を使用
 - 線形予測パラメータへのビット割り当てを制御することにより可変ビットレートを達成
 - ビットレート: 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 kbit/s
 - 主観品質 9.6 kbit/s: 3.3
 - 演算規模: 15 MIPS

IS-96

- TIA IS-96 used in Code Division Multiple Access (CDMA) for cellular communications
 - CELP with Short Term Prediction (STP)
 - Variable bitrate by controlling bit allocation to LP parameters
 - Bitrate: 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 kbit/s
 - MOS for 9.6 kbit/s: 3.3
 - Complexity: 15 MIPS

ITU G.729, G.729A

- ITU G.729, G729A CS-ACELP
 - マルチメディアネットワークアプリケーション用
 - 共役構造代数CELP
 - 低遅延: 15 ms
 - フレームサイズ: 10 ms
 - コードブック2個
 - G.729 Annex はより低遅延で品質が多少低下
 - アルゴリズムに互換性を確保
 - ビットレート: 8 kbit/s
 - 主観品質 8 kbit/s: 4 (G.729), 3.8(G.729A)
 - 演算規模: 20 MIPS (G.729), 11 MIPS (G.729A)

ITU G.729, G.729A

- ITU G.729, G729A CS-ACELP
 - Designed for wireless and multimedia network applications
 - Conjugate Structure Algebraic CELP
 - Low-delay: 15 ms
 - Frame size: 10 ms
 - 2 codebooks
 - G.729 Annex has lower complexity and quality
 - Algorithm interoperable
 - Bitrate: 8 kbit/s
 - MOS for 8 kbit/s: 4 (G.729), 3.8(G.729A)
 - Complexity: 20 MIPS (G.729), 11 MIPS (G.729A)

ITU G.723.1

- ITU G.723.1 MP-MLQ/ACELP
 - 公衆交換電話網におけるテレビ会議システムのための音声・音響符号化方式
 - テレビ会議システム標準であるITU H.323, 324の一部
 - VoIPアプリケーションにおけるデフォルト方式
 - 二つの励起構造による方式
 - 多重パルス最尤量子化 (6.3 kbit/s)
 - ACELP (5.3 kbit/s)
 - 主観品質 5.3 (6.3) kbit/s: 3.7 (4.0)
 - 演算規模: 16 MIPS

ITU G.723.1

- ITU G.723.1 MP-MLQ/ACELP
 - Speech coder for audio and videoconferencing over public switched telephone network (PSTN)
 - Part of ITU H.323, 324 standards
 - Default audio codec for VoIP
 - Dual rate with 2 excitation schemes
 - Multipulse maximum likelihood quantization for 6.3 kbit/s
 - ACELP for 5.3 kbit/s
 - MOS for 5.3 (6.3) kbit/s: 3.7 (4.0)
 - Complexity: 16 MIPS

ITU G.722

- ITU G.722 サブバンド符号化
 - ISDNにおけるテレビ会議用
 - サブバンド分割とビット割り当て
 - 低域周波数: 48 kbit/s を割り当て
 - 高域周波数: 16 kbit/s を割り当て
 - ビットレート: 64 kbit/s
 - 主観品質 64 kbit/s: 4.1
 - 演算規模: 5 MIPS

ITU G.722

- ITU G.722 subband coder
 - Targeted for ISDN video conferencing
 - Subband splitting and bit allocation
 - Low frequency: 48 kbit/s allocated
 - High frequency: 16 kbit/s allocated
 - Bitrate: 64 kbit/s
 - MOS for 64 kbit/s: 4.1
 - Complexity: 5 MIPS

方式比較

標準	方式	ビットレート (Kbit/s)	主観品質 (MOS)	演算規模 (MIPS)	フレームサイズ (ms)
G.711	PCM	64	4.3	0.01	0
G.726	ADPCM	32	4.1	2	0.125
G.722	SBC	48/56/64	4.1	5	0.125
G.728	LD-CELP	16	4.0	30	0.625
G.729 (-A)	CS-ACELP	8	4.0 (3.8)	20 (11)	10
G.723.1	MPC-MLQ	6.3/5.3	4.0/3.7	11	10
GSM HR	VSELP	6.3	3.4	14	20
IS-54	VSELP	8	3.5	14	20
IS-96	QCELP	1.2/2.4/4.8/ 9.6	3.3	15	20
Inmarsat-B	APC	9.6/12.8	3.1/3.4	10	20
US MELP	MELP	2.4	3.2	40	22.5
FS 1016	CELP	4.8	3.2	16	30

Algorithm Comparison

Standard	Algorithm	Bitrate (Kbit/s)	Quality (MOS)	Complexity (MIPS)	Frame size(ms)
G.711	PCM	64	4.3	0.01	0
G.726	ADPCM	32	4.1	2	0.125
G.722	SBC	48/56/64	4.1	5	0.125
G.728	LD-CELP	16	4.0	30	0.625
G.729 (-A)	CS-ACELP	8	4.0 (3.8)	20 (11)	10
G.723.1	MPC-MLQ	6.3/5.3	4.0/3.7	11	10
GSM HR	VSELP	6.3	3.4	14	20
IS-54	VSELP	8	3.5	14	20
IS-96	QCELP	1.2/2.4/4.8/ 9.6	3.3	15	20
Inmarsat-B	APC	9.6/12.8	3.1/3.4	10	20
US MELP	MELP	2.4	3.2	40	22.5
FS 1016	CELP	4.8	3.2	16	30