

マルチメディア配信システム

- No.9 映像符号化標準 -

渡辺 裕

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

1

Multimedia Distribution System

- No.9 Video Coding Standard -

Hiroshi Watanabe

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

2

ビデオ符号化標準 (1)

- ISO/IEC
 - MPEG-1 (1992) Video CD, Web video
 - MPEG-2 (1994) DVD, HDTV
 - MPEG-4 (1999) (Mobile)
 - MPEG-4 AVC/H.264 (2005) Mobile TV, Blu-ray, ...
- ITU-T
 - H.261(1990), H.262(=MPEG2), H.263(1995), H.264(2005)

JPEG: Joint Photographic Experts Group
MPEG: Moving Picture Experts Group

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

3

Video Coding Standard (1)

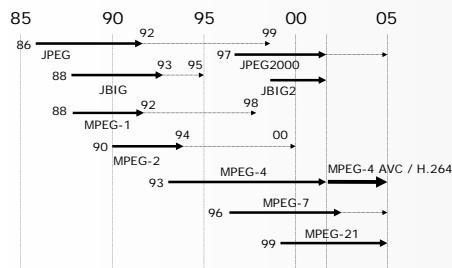
- ISO/IEC
 - MPEG-1 (1992) Video CD, Web video
 - MPEG-2 (1994) DVD, HDTV
 - MPEG-4 (1999) (Mobile)
 - MPEG-4 AVC/H.264 (2005) Mobile TV, Blu-ray, ...
- ITU-T
 - H.261(1990), H.262(=MPEG2), H.263(1995), H.264(2005)

JPEG: Joint Photographic Experts Group
MPEG: Moving Picture Experts Group

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

4

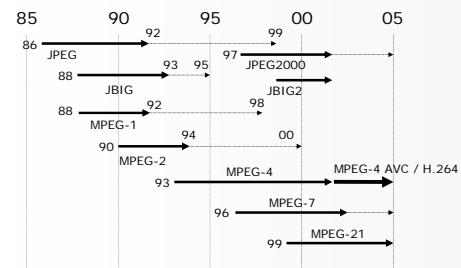
ビデオ符号化標準 (2)



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

5

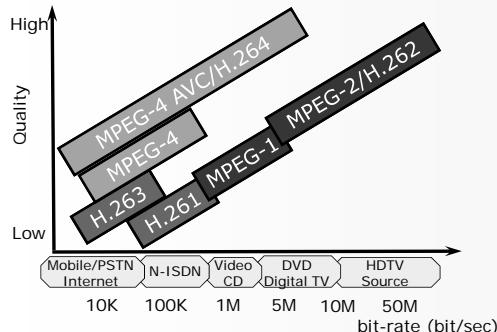
Video Coding Standard (2)



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

6

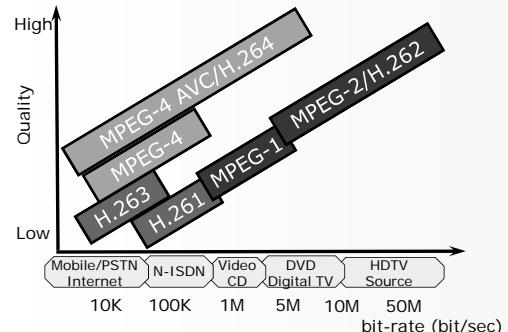
ビデオ符号化標準 (3)



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

7

Video Coding Standard (3)



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

8

H.261 (ITU-T, 1990)

- ISDN用のテレビ電話・テレビ会議用ビデオ符号化
- ビットレート: $p \times 64\text{ kbps}$ ($p = 1-30$)
- マクロブロック単位の動き補償と離散コサイン変換(DCT)
- 標準画像サイズはCIF, QCIF
- 順方向動き補償
- ループフィルタ

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

9

H.261 (ITU-T, 1990)

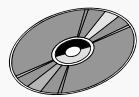
- Coding scheme for videophone, teleconferencing on digital network (ISDN)
- Bitrate: $p \times 64\text{ kbps}$ ($p = 1-30$)
- DCT based (macroblock)
- Support of CIF, QCIF
- Forward MC
- Loop filter

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

10

MPEG1 (ISO/IEC 11172, 1992)

- デジタル蓄積メディアのためのビデオ符号化
- 典型的なビットレート: 1.5Mbps (CD-ROM)
- 主な対象画像サイズSIF (NTSC, PAL)
- ランダムアクセス機能(GOP単位)
- 双方向動き補償, 半画素精度動き補償, 異散コサイン変換

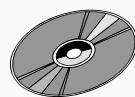


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

11

MPEG1 (ISO/IEC 11172, 1992)

- Coding Scheme for Digital Storage Media
- Typical Bit rate: 1.5Mbps (CD-ROM)
- Support of SIF (NTSC, PAL)
- Random accessibility (GOP)
- Bi-directional MC, Half-pel MC, DCT



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

12

MPEG2 (ISO/IEC 13818, 1994)

- はん用符号化(蓄積メディア、放送、通信アプリケーション)
- ビットレート: 3-6Mbps (DVD, SDTV) 6-10Mbps(HDTV)
- 対象画像: SDTV, HDTVサイズ
- 蓄積メディア用機能、放送用機能
- 双方向動き補償、半画素精度動き補償、離散コサイン変換
- インターレース対応予測方式



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

13

MPEG2 (ISO/IEC 13818, 1994)

- Generic Coding (Storage Media, Broadcasting, Communication)
- Bitrate: 3-6Mbps (DVD, SDTV) 6-10Mbps(HDTV)
- Video Size: SDTV, HDTV
- Functionality for Storage Media and Broadcasting
- Bi-directional MC, Half-pel MC, DCT
- Adaptive Prediction for Interlace Signal



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

14

MPEG-2ビデオへの要求条件

- 高品質
- マルチフォーマット (4:2:2, 4:4:4, インターレース)
- 動作ビットレートは固定(CBR)と可変(VBR)
- ランダムアクセス機能、早送り/巻き戻し制御
- スケーラビリティ(空間、時間、画品質)
- MPEG1との互換性
- 編集機能
- 誤り耐性



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

15

Requirements for MPEG2

- High quality
- Multi-format (4:2:2, 4:4:4, interlace)
- Constant bitrate (CBR) and Variable bitratre (VBR)
- Random access, FF/FR
- Scalability (Spatial, Temporal, SNR)
- Backward compatibility with MPEG1
- Editing functions
- Error tolerant

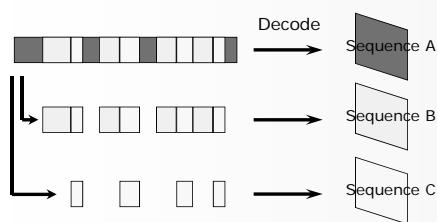


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

16

MPEG-2スケーラビリティ (1)

- MPEG-2ビットストリームの一部を復号して画像再生が可能

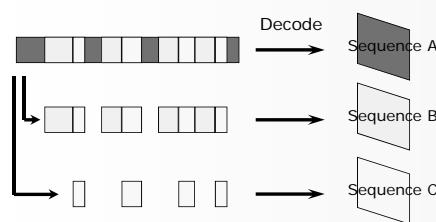


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

17

Scalability of MPEG-2 (1)

- Pictures can be decoded and reconstructed from a part of the MPEG2 bitstream



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

18

MPEG-2スケーラビリティ (2)

- 空間スケーラビリティ
 - “低解像度レイヤ”と“高解像度レイヤ”
- 画品質スケーラビリティ
 - “ぼけたレイヤ”と“高品質レイヤ”
- 時間スケーラビリティ
 - “ぎくしゃくしたレイヤ”と“滑らかなレイヤ”

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

19

Scalability of MPEG-2 (2)

- Spatial Scalability
 - “low-res layer” and “high-res layer”
- SNR Scalability
 - “blurred layer” and “high-definition layer”
- Temporal Scalability
 - “flickery layer” and “smooth layer”

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

20

MPEG-2のプロファイルとレベル

		Profile						
		Simple	Main	SNR	Spatial	High	422	Multi-view
Level	High 1920x1080		MP@HL			HP@HL	422P@HL	MVP@HL
	High1440 1440x1080		MP@H1440		SPP@H14 40	HP@H14 40		MVP@H14 40
	Main 720x576	SP@ML	MP@ML	SNRP@ML		HP@ML	422P@ML	MVP@ML
	Low 352x288			SNRP@LL				MVP@LL

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

21

Profiles and Levels in MPEG-2

		Profile						
		Simple	Main	SNR	Spatial	High	422	Multi-view
Level	High 1920x1080		MP@HL			HP@HL	422P@HL	MVP@HL
	High1440 1440x1080		MP@H1440		SPP@H14 40	HP@H14 40		MVP@H14 40
	Main 720x576	SP@ML	MP@ML	SNRP@ML		HP@ML	422P@ML	MVP@ML
	Low 352x288			SNRP@LL				MVP@LL

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

22

メインプロファイル@メインレベル仕様

- 处理画像 : 720 × 576,480 pels × 30 Hz
- ビットレート : 最大15 Mbits/s
- 形式 : 4:2:0
- ピクチャタイプ : I, P, B-ピクチャ
- 符号化単位 : フレーム構造/フィールド構造
- バッファサイズ : 最大 1.8 Mbits
- 可変ビットレート : 含まれる

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

23

MP@ML Specification

- Processing : 720 × 576,480 pels × 30 Hz
- Bitrate : Max. 15 Mbits/s
- Format : 4:2:0
- Picture type : I, P, B-pictures
- Coding Unit : Frame/Field Structure
- Buffer Size : Max. 1.8 Mbits
- VBR : Included

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

24

MPEG-4 (ISO/IEC 14496, 1998)

- オブジェクトベースのビデオ符号化
- ビットレート: 任意のレート
- 対象画像: 任意のプログレッシブ画像
- Webブラウザの概念に基づいたインタラクティブなオーディオビジュアルオブジェクトの圧縮と操作

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

25

MPEG-4 (ISO/IEC 14496, 1998)

- Object based video coding
- Bitrate: Any number
- Video: Progressive image
- Interactive audio-visual coding and manipulation based on the concept of Web browser operation

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

26

MPEG-4 (2)

- ツール
 - オーディオビジュアルオブジェクトの符号化ツール
 - オブジェクトベースのインタラクティビティ, スケーラビリティ, エラー耐性, 高能率符号化
 - 自然画像とコンピュータグラフィクスの融合
- シンタクス
 - オーディオビジュアルオブジェクトの構文記述

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

27

MPEG-4 (2)

- Tools
 - Coding tools for audio-visual object
 - Object-based interactivity, scalability error resilience and high-efficiency
 - Fusion of natural and synthetic images created by computer graphics
- Syntax
 - Scene description of audio-visual objects

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

28

MPEG4の機能

- 符号化効率の改善
- コンテンツベースのスケーラビリティ
- コンテンツベースの操作とビットストリーム編集
- エラー多発環境下でのエラー耐性
- 複数の同時発生データストリームの符号化
- 自然及び人工画像の複合符号化

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

29

MPEG4 Functionalities

- Improved coding efficiency
- Content-based scalability
- Content-based manipulation and bitstream editing
- Robustness in error-prone environments
- Coding of multiple concurrent data streams
- Synthetic and natural hybrid image coding

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

30

MPEG-4への要求条件

- 今までにない機能
 - オブジェクトベースのビデオとオーディオ
 - CGとの組み合わせ
 - シーン合成
 - オブジェクト操作と編集
 - 著作権保護機構
 - エラー耐性の強化
 - 複数データの同期再生

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

31

MPEG-4 Requirements

- New functions
 - Object-based video and audio
 - Combination with Computer Graphics
 - Scene composition
 - Object manipulation and editing
 - Copy right protection
 - Reinforced error resilience
 - Synchronized playback of multiple data

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

32

MPEG-4 ビデオ

- 自然画像符号化の特徴
 - ビデオオブジェクトプレーン(VOP)構造
 - 形状符号化, 半透明処理
 - エラー耐性
 - 可逆VLC, データ分割, スライス同期
 - 高圧縮
 - イントラAC/DC予測, ブロック歪除去フィルタ
 - オブジェクトスケーラビリティ
 - 空間, 時間, レイヤ構造のシンタクス

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

33

MPEG-4 Video

- Characteristics of natural video coding
 - Structure of video object plane (VOP)
 - Shape coding, alpha map processing
 - Error resilience
 - Reversible VLC, data partitioning, Slice header
 - High efficiency
 - Intra AC/DC prediction, De-blocking filter
 - Object-based scalability
 - Spatial-temporal layer structure syntax

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

34

MPEG-4 SNHC

- 合成画像符号化の特徴
 - 合成/自然画像ハイブリッド符号化
 - 2D/3D メッシュ符号化
 - パラメータによる顔画像アニメーション
 - テクスチャマッピング
 - テキスト多重
 - テクスチャスケーラビリティ

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

35

MPEG-4 SNHC

- Characteristics of synthetic image coding
 - Synthetic/Natural image Hybrid Coding (SNHC)
 - 2D/3D mesh coding
 - Face animation by parameters
 - Texture mapping
 - Text overlapping
 - Texture scalability

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

36

MPEG-4 システム

- システムの特徴
 - VRML'97に基づくBIFS (Binary Format for Scenes)によるシーン合成
 - 2D/3D オブジェクトの空間的、時間的配置のシンタクスとルールを提供
 - 高速データベース
 - シーングラフとノードによる3Dデータ表現
 - 知的所有権保護のためのインターフェース
 - コピーライト情報、電子透かし、暗号
 - 検索エンジンへのインターフェース
 - Object Content Information (OCI)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

37

MPEG-4 System

- Characteristics of system
 - Scene composition by BIFS (Binary Format for Scenes) based on VRML'97
 - Provides rule and syntax for spatial and temporal placement of 2D/3D objects
 - High speed data parse
 - 3D representation by scene graph and nodes
 - Interface for copy right protection
 - Information of copy right, watermarking, cryptography
 - Interface for search engine
 - Object Content Information (OCI)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

38

MPEG-4 オーディオ

- 自然音響符号化の特徴
 - 汎用オーディオ符号化
 - AAC と T/F Coder
 - スケーラブル符号化
 - スピーチ符号化
 - CELP, HVXC
 - パラメトリック符号化
- 合成音響の符号化
 - 構造化オーディオ
 - 音源記述、楽器情報、演奏情報、特殊効果 ...
 - テキスト-to-スピーチへのインターフェース

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

39

MPEG-4 Audio

- Characteristics of natural audio
 - Generic audio coding
 - AAC and T/F Coder
 - Scalable coding
 - Speech coding
 - CELP, HVXC
 - Parametric audio coding
- Characteristics of synthesized audio
 - Structured audio
 - Source description, instruments information, player information, special effects, ...
 - Interface for text-to-speech

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

40

ビデオオブジェクト符号化

- Video Object Plane (VOP)
 - VOPO と VOP1 を独立に符号化
 - 形状符号化



VOPO (背景)

VOP1 (前景)

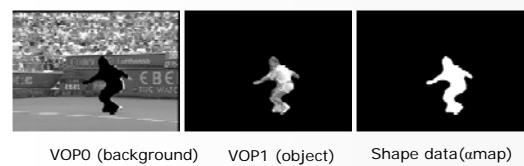
形状情報(αマップ)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

41

Object Based Video Coding

- Video Object Plane (VOP)
 - VOPO and VOP1 are independently coded
 - Shape Coding



VOPO (background)

VOP1 (object)

Shape data(αmap)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

42

VOP生成方法

- クロマキー分離
 - ブルーバック撮影、後処理による物体分離
- アニメーション
 - 複数枚のセル画の重ね合わせ
- CG生成
- 自然画像からの切り出し
 - 手作業
 - 自動切り出し
(輪郭抽出、境界追跡、テクスチャ解析、...)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

43

VOP Creation

- Separation by Chroma-key
 - Blue back video capture, separation by post processing
- Animation
 - Layered cell pictures
- CG generation
- Separation from natural images
 - By hand
 - Automatic separation
(Edge detection, contour tracking, texture analysis)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

44

自動VOP検出方法の例

- エッジ検出と領域拡大/縮小の組み合わせ



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

45

Example of Automatic VOP Detection

- Combination with edge detection and region growing/shrinking method

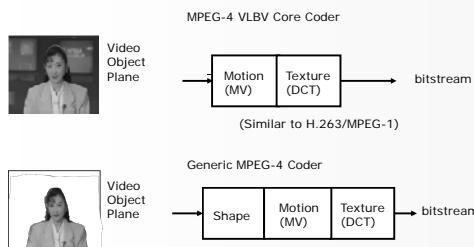


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

46

VOP符号化の構成

- Core Coder と Generic Coder

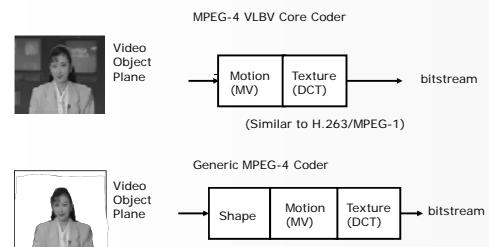


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

47

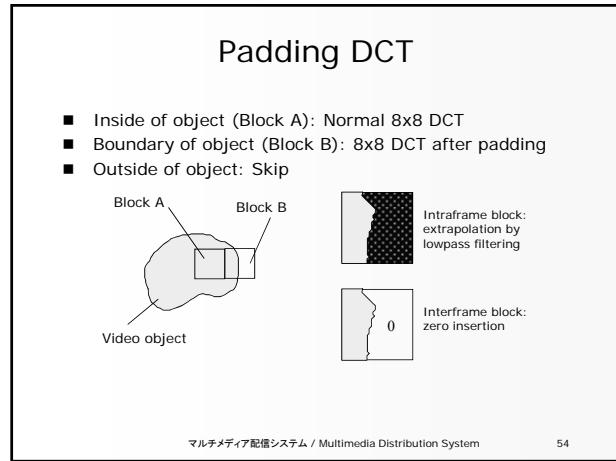
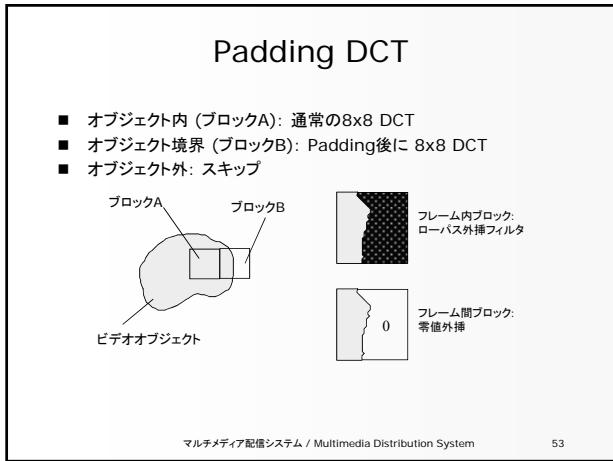
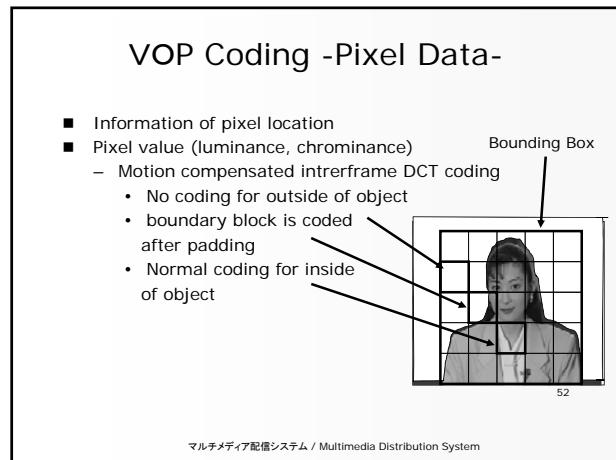
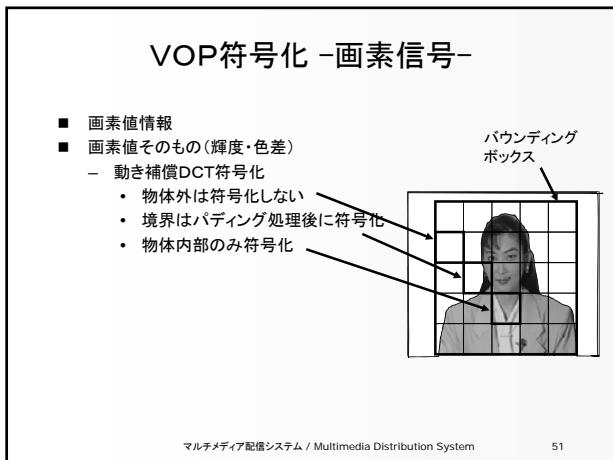
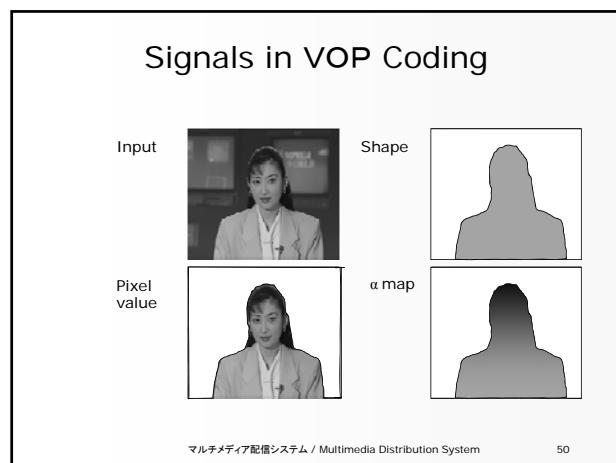
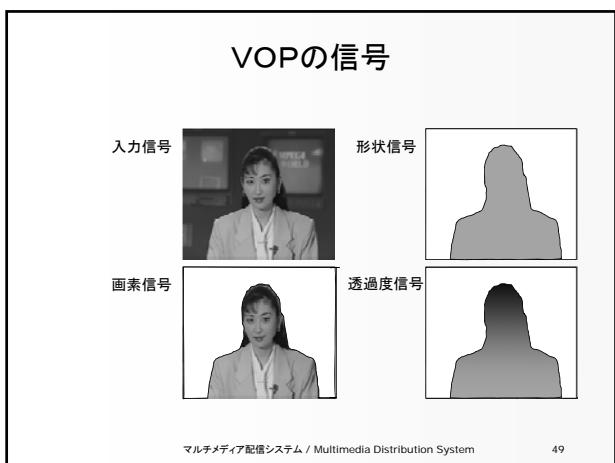
Structure of VOP Coding

- Core Coder and Generic Coder



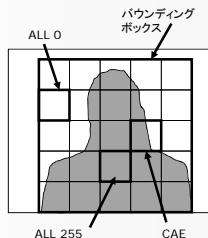
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

48



VOP符号化 -形状信号-

- 各画素が物体内部か外部かの情報 (0 or 255の2値)
- 2値形状符号化: CAE (Context-based Arithmetic Coding)
- 形状をマクロブロック単位に符号化
 - ALL "0": VOP外
 - ALL "255": VOP内
 - 境界ブロック:
 - フレーム内CAE
 - フレーム間CAE
 - (動き補償付き)

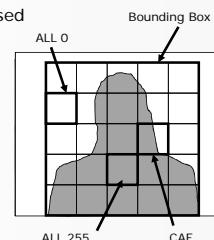


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

55

VOP coding –Shape Data-

- Flag to show inside/outside of object at pixel (0 or 255)
- Binary shape coding: CAE (Context-based Arithmetic Coding)
- Shape is coded macroblock based
 - ALL "0": outside of VOP
 - ALL "255": inside of VOP
 - Boundary block:
 - Intraframe CAE
 - Interframe CAE
 - (with MC)



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

56

VOP符号化 -透過度信号-

- 各画素が透明か不透明か、どれくらい透明かの情報
- 0~255の8ビット
- 動き補償DCT符号化

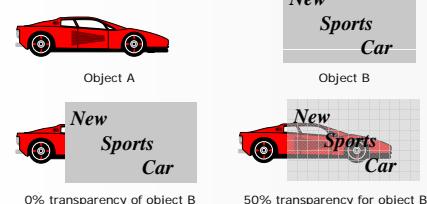


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

57

VOP Coding –Alpha Map-

- Information for level of transparency at each pixel
- 8 bit (0~255)
- MC-DCT coded



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

58

スプライト符号化

- ビデオクリップ全体の背景(スプライト)を予め作成
- スプライトをフレーム内符号化
- オブジェクトは、スプライトの幾何変換により予測
- 幾何変換は以下から選択可能
 - 静止
 - 平行移動
 - アフィン変換
 - 透視変換
 - ローカルアフィン変換
- 予測誤差は符号化しない

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

59

Sprite Coding

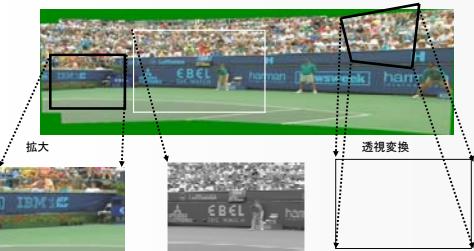
- Creation of Sprite (background) for entire video clip
- Intraframe coding for Sprite
- Object is predicted by Sprite's geometric transform
- Geometric transform can be selected
 - Still
 - Parallel motion
 - Affine transform
 - Projection transform
 - Local Affine transform
- Prediction error is not coded

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

60

スプライト符号化 (2)

■ 幾何変換

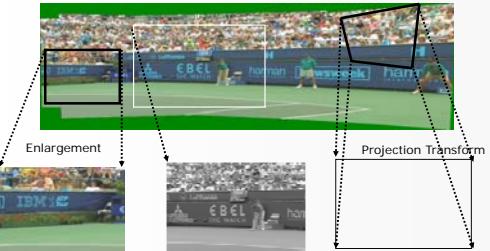


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

61

Sprite Coding (2)

■ Geometric Transform

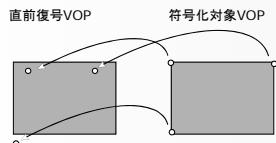


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

62

グローバル動き補償

- 画面全体の動きを幾何変換で予測
- スプライトの代わりに直前復号VOPを参照
- 予測誤差符号化

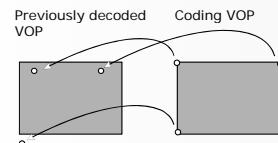


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

63

Global Motion Compensation

- Prediction of image by geometric transform
- Refer the previous VOP instead of Sprite
- Prediction error is coded



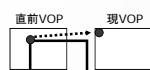
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

64

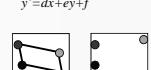
グローバル動き補償 (2)

■ 幾何学パラメータ

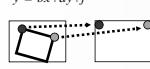
1点参照(平行移動)
 $x'=x+c, y'=y+f$



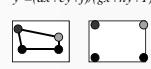
3点参照(アフィン変換)
 $x'=ax+by+c$
 $y'=dx+ey+f$



2点参照(拡大・縮小・回転)
 $x'=ax+by+c$
 $y'=-bx+ay+f$



4点参照(透視変換)
 $x'=(ax+by+c)/(gx+hy+I)$
 $y'=(dx+ey+f)/(gx+hy+I)$



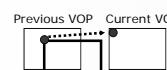
マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

65

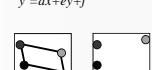
Global Motion Compensation (2)

■ Geometric parameters

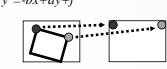
1-point refer(parallel motion)
 $x'=x+c, y'=y+f$



3-point refer(Affine transform)
 $x'=ax+by+c$
 $y'=dx+ey+f$



2-point refer(enlarge/shrink, rotation)
 $x'=ax+by+c$
 $y'=-bx+ay+f$



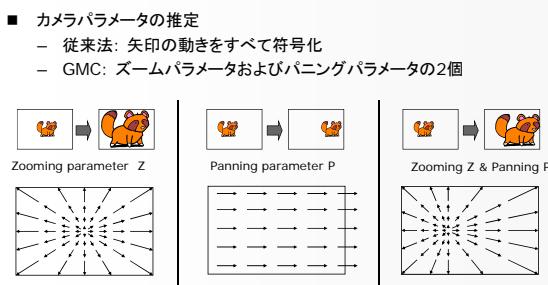
4-point refer(projection transform)
 $x'=(ax+by+c)/(gx+hy+I)$
 $y'=(dx+ey+f)/(gx+hy+I)$



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

66

グローバル動き補償 (3)

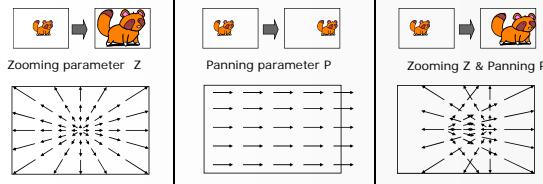


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

67

Global Motion Compensation (3)

- Estimation of camera parameters
 - Conventional method: each motion is all coded
 - GMC: zooming and panning parameters only



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

68

MPEG-4 AVC/H.264 (ISO/IEC 14496-10, 2003)

- Title: Coding of audio-visual objects,
 - Part 10: Advanced Video Coding
- プロジェクト
 - 2001年5月に開始, 最初のISは2003年に完成
- 目標
 - 超高圧縮ビデオ符号化
- アプローチ
 - $0.95^{14} < 0.5$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

69

MPEG-4 AVC/H.264 (ISO/IEC 14496-10, 2003)

- Title: Coding of audio-visual objects,
 - Part 10: Advanced Video Coding
- Project
 - Started in May 2001, The first IS was finished in 2003
- Purpose
 - High Efficiency Video Coding
- Approach
 - $0.95^{14} < 0.5$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

70

Main Technology in MPEG-4 AVC/H.264

- 基本方式は動き補償フレーム間差分符号化
- ループ内にデブロッキングフィルタを使用
- ピクチャに代わりスライス単位の予測を採用
- 1/4画素精度の動きベクトル
- 直交変換に4x4整数精度DCTあるいはアダマール変換を採用
- 細かな量子化ステップサイズの採用
- エントロピー符号化
 - 誤り耐性の強い指數Golomb符号
 - 符号化効率の高いVLCとしてCAVLC (Contet-based Adaptive Variable Length Coding)
 - 高圧縮を達成する算術符号化としてCABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

71

MPEG-4 AVC/H.264の主要技術

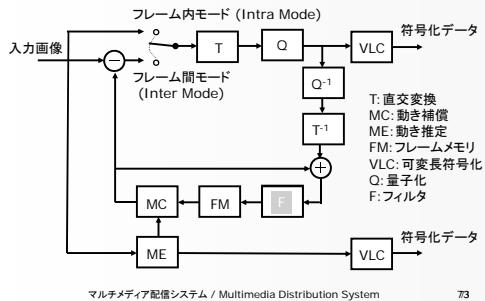
- Motion Compensated Interframe Prediction
- De-blocking filter as a loop filter
- Slice based prediction
- 1/4 pixel accuracy motion vector
- 4x4 integer DCT, Hadamard Transform
- Fine quantization step size
- Entropy coding
 - Error Resilient Golomb Code
 - Simple type: CAVLC (Contet-based Adaptive Variable Length Coding)
 - Complex type: CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

72

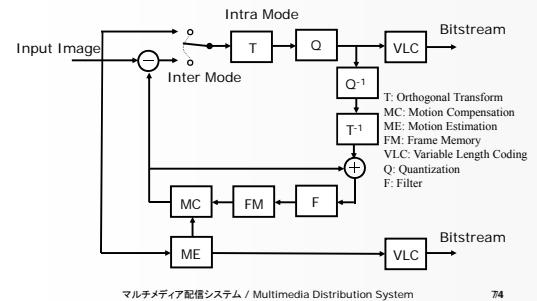
デブロッキングフィルタ (1)

■ 符号化器 (Encoder) の構成



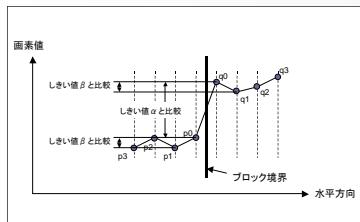
De-blocking Filter (1)

■ Encoder structure



デブロッキングフィルタ (2)

- ブロック境界のみに適応的に処理
- ループ内フィルタ

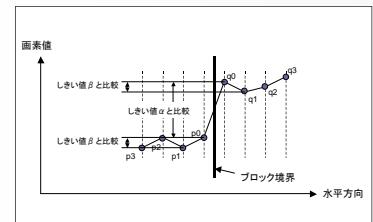


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

75

De-blocking Filter (2)

- Adaptive filtering to block boundary
- Inloop filter

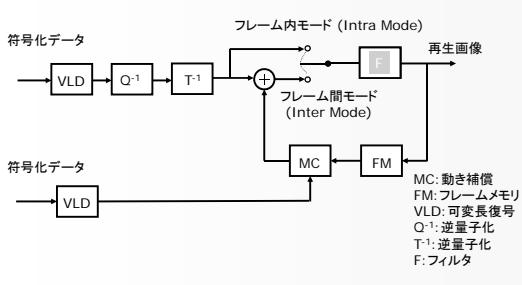


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

76

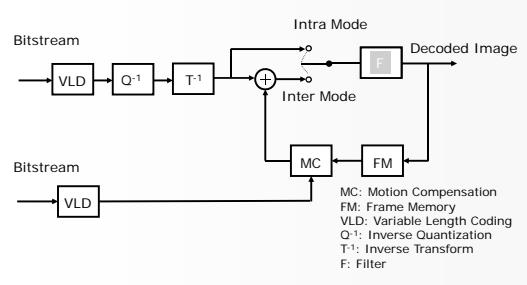
デブロッキングフィルタ (3)

■ 復号器 (Decoder) の構成



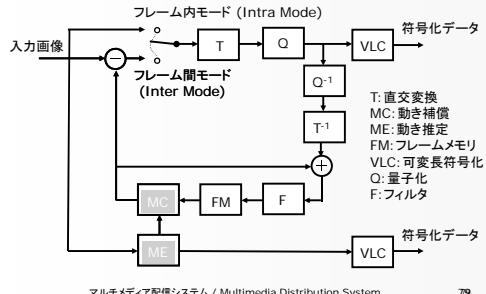
De-blocking Filter (3)

■ Decoder Structure



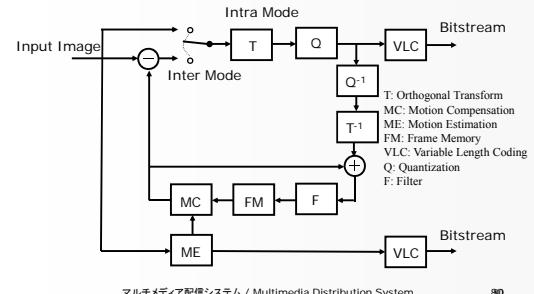
1/4画素精度動き補償 (1)

■ 符号化器 (Encoder) の構成



1/4 Pel Accuracy MC (1)

■ Encoder structure



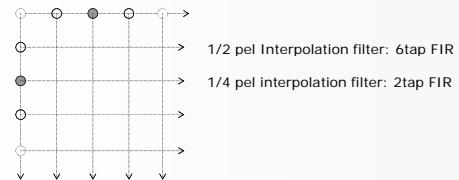
1/4画素精度動き補償 (2)

■ 補間画像の生成による高精度動き検出



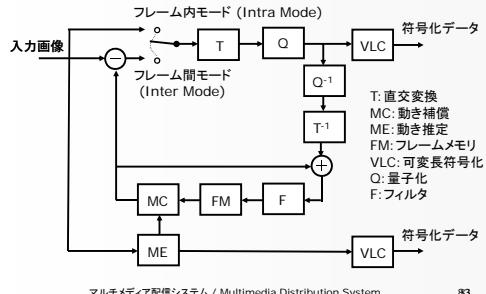
1/4 Pel Accuracy MC (2)

■ Accurate motion estimation by fine interpolation



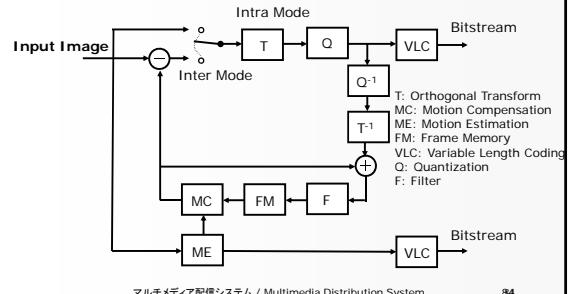
スライス単位の予測 (1)

■ 符号化器 (Encoder) の構成



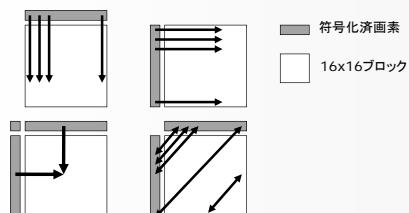
Slice Based Prediction (1)

■ Encoder structure



スライス単位の予測 (2)

- I-sliceでは $16 \times 16/8 \times 8/4 \times 4$ 画素の3種類でフレーム内予測
- 16×16 画素のブロックでは4つのモードでフレーム内予測（垂直, 水平, 平均値, 平面予測）

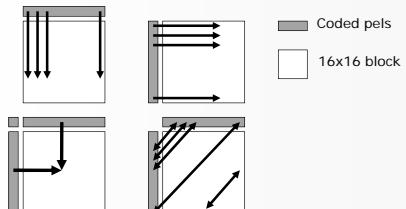


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

85

Slice Based Prediction (2)

- I-slice employs intraframe prediction with $16 \times 16/8 \times 8/4 \times 4$ pel blocks
- In 16×16 pel block, 4 modes (vertical, horizontal, average, plane) can be selected

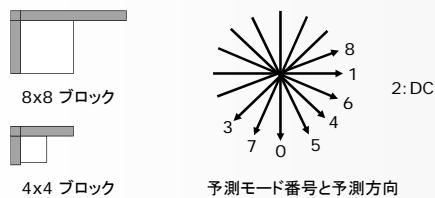


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

86

スライス単位の予測 (3)

- $8 \times 8/4 \times 4$ 画素のブロックでは9つのモードでフレーム内予測

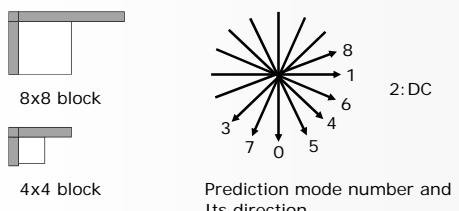


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

87

Slice Based Prediction (3)

- In $8 \times 8/4 \times 4$ pel block, 9 modes intraframe prediction are prepared



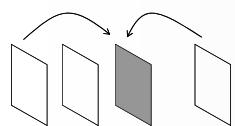
Prediction mode number and Its direction

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

88

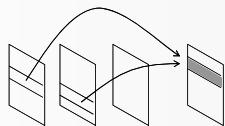
スライス単位の予測 (4)

フレーム単位の双方向予測



MPEG-2

任意のスライスから予測



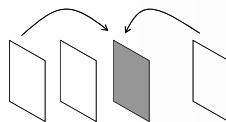
MPEG-4 AVC/H.264

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

89

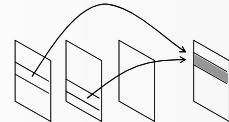
Slice Based Prediction (4)

Frame based bi-directional prediction



MPEG-2

Prediction by arbitrary slices



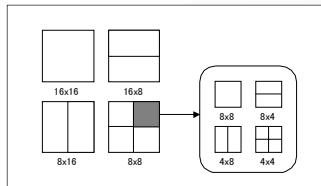
MPEG-4 AVC/H.264

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

90

スライス単位の予測 (5)

- P-sliceでは16x16画素単位のマクロブロック
- 4種類のブロックサイズを切替えて動き補償
- 8x8画素ブロックはさらに3種類に分割可能

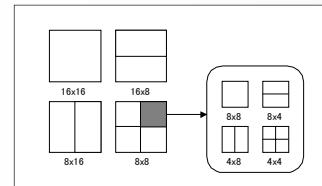


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

91

Slice Based Prediction (5)

- In P-slice, 16x16 pel macroblock
- 4 kinds of blocksize can be selected for MC
- 8x8 block can further be divided in 3 modes

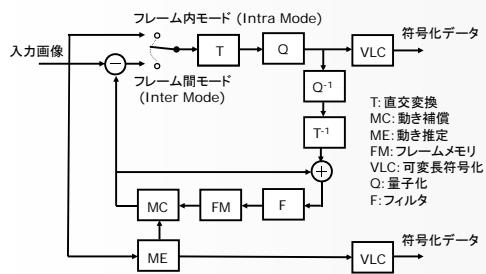


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

92

整数精度DCT (1)

■ 符号化器 (Encoder) の構成

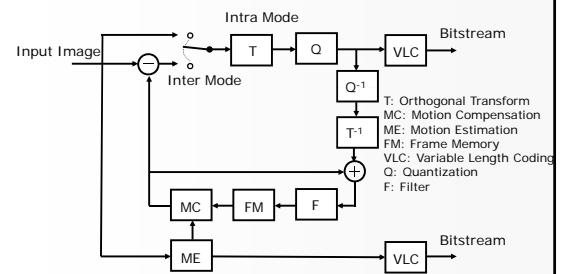


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

93

Integer DCT (1)

■ Encoder structure



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

94

整数精度DCT (2)

■ Inter-modeでは整数精度DCT (mismatch回避)

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix} \quad T^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1/2 & -1 & -1 \\ 1 & -1/2 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1/2 \end{pmatrix}$$

■ Intra-modeではアダマール変換

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

95

Integer DCT (2)

■ Integer DCT in Inter-mode to avoid mismatch

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \end{pmatrix} \quad T^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1/2 & -1 & -1 \\ 1 & -1/2 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1/2 \end{pmatrix}$$

■ Hadamard Transrom in Intra-mode

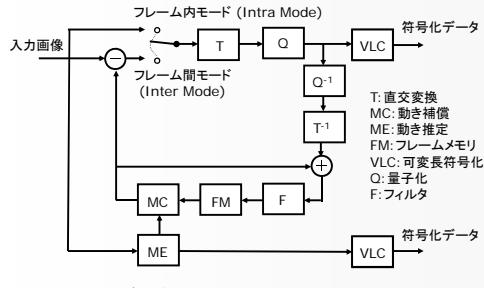
$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

96

エンタロピー符号化 (1)

■ 符号化器 (Encoder) の構成

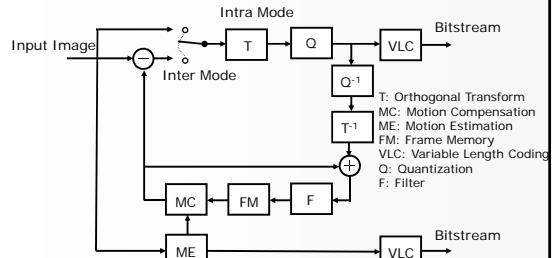


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

97

Entropy Coding (1)

■ Encoder structure



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

98

エンタロピー符号化 (2)

■ 指数Colomb符号

- ピクチャヘッダなど重要なデータに適用
- 誤り耐性を強化
- Prefix ("0"の連続) + Separator ("1") + Suffix ("0"/"1"の組み合わせ)

指数Golomb符号		
	1	
0	1	x
0 0	1	x x
0 0 0	1	x x x
0 0 0 0	1	x x x x

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

99

Entropy Coding (2)

■ Exponential Golomb Code

- Apply to important data such as picture header
- Enforce error resilience
- Prefix (Consecutive "0") + Separator ("1") + Suffix (Combination of "0" and "1")

Exponential Golomb Code		
	1	
0	1	x
0 0	1	x x
0 0 0	1	x x x
0 0 0 0	1	x x x x

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

100

エンタロピー符号化 (3)

■ CAVLC

- コンテキスト適応型VLC
- 整数精度DCT係数の符号化に適用

種類	内容
1	DCT係数値の前の0の連続個数
2	DCT係数値
3	非0係数の個数
4	最後の非0係数以前の0係数の個数
5	最後に連続する絶対値1の係数の個数
6	最後に連続する絶対値1の係数の符号

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

101

Entropy Coding (3)

■ CAVLC

- Context Adaptive VLC
- Apply to integer accuracy DCT coefficient

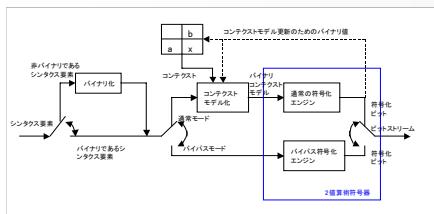
No	Contxt
1	Consecutive "0" before DCT coefficient
2	DCT coefficient
3	Number of non-zero coefficient
4	Number of zero coeff before the last non-zero coeff.
5	Number of consecutive 1 coeff at the last
6	Flag of consecutive "1" coeff at the last

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

102

エントロピー符号化 (4)

- CABAC
 - コンテキスト適応型2値算術符号化

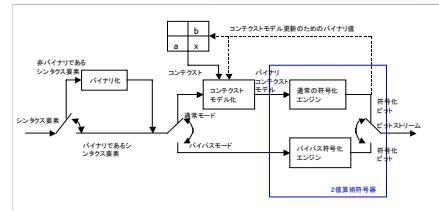


マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

103

Entropy Coding (4)

- CABAC
 - Context Adaptive Binary Arithmetic Coding



マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

104

プロファイルとレベル

- プロファイル
 - 3種類(スライス種類/エントロピー符号化/インタレース対応)
- レベル
 - 15種類(bitrate: 64-240kbps)

プロファイル	スライスの種類	エントロピー符号化	インタレース対応
ベースライン	I, P-slices	CAVLC	不可
拡張	I, P, B-slices	CAVLC	不可
メイン	I, P, B-slices	CAVLC, CABAC	可

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

105

Profile and Level

- Profile
 - 3 kinds (Slice type/Entropy coding type/Interlace capability)
- Level
 - 15 kinds (bitrate: 64-240kbps)

Profile	Slice Type	Entropy Coding	Interlace
Baseline	I, P-slices	CAVLC	No
Extention	I, P, B-slices	CAVLC	No
Main	I, P, B-slices	CAVLC, CABAC	OK

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

106

各国のモバイルテレビジョン (1)



From Wikipedia
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

107

Mobile Television in the World (1)



From Wikipedia
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

108

各国のモバイルテレビジョン (2)

区分	名称	地域	ビデオ	オーディオ
地上波	DVB-H	欧洲など	MPEG-4 AAC AVC/H.264	MPEG-4 AAC MPEG-4 HE-AAC MPEG-2 HE-AAC AACv2 AMR-WB AC3, Enhanced AC3
	ISDB-T	日本、ブラジル、アルゼンチン、ペルー	MPEG-2 (MP@ML, MP@HL)	MPEG-2 AAC
			MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-2 AAC
	T-DMB	韓国	MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-4 BSAC MPEG-4 HE-AAC
DTMB	中国	-	-	-

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

109

Mobile Television in the World (2)

Type	Name	Area	Video	Audio
Terrestrial	DVB-H	Europe etc	MPEG-4 AAC AVC/H.264	MPEG-4 AAC MPEG-4 HE-AAC MPEG-2 HE-AAC AACv2 AMR-WB AC3, Enhanced AC3
	ISDB-T	Japan, Brazil, Argentina, Peru	MPEG-2 (MP@ML, MP@HL)	MPEG-2 AAC
			MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-2 AAC
	T-DMB	Korea	MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-4 BSAC MPEG-4 HE-AAC
DTMB	China	-	-	-

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

110

各国のモバイルテレビジョン (3)

区分	名称	地域	ビデオ	オーディオ
衛星	S-DMB	韓国	-	-
ハイブリッド	CMMB	中国	AVS	AVS
	DVB-SH	欧洲など	MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-4 AAC MPEG-4 HE-AAC など
携帯電話網	GPRS, EDGE WCDMA, CDMA EV	各地	-	-
	MBMS, BCMCS MediaFlo	欧州、日本、米国	-	-

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

111

Mobile Television in the World (3)

Type	Name	Area	Video	Audio
Satellite	S-DMB	Korea	-	-
Hybrid	CMMB	China	AVS	AVS
	DVB-SH	Europe etc	MPEG-4 AAC AVC/H.264	MPEG-4 AAC MPEG-4 HE-AAC など
Mobile Network	GPRS, EDGE WCDMA, CDMA EV	Many places	-	-
	MBMS, BCMCS MediaFlo	Europe, Japan, USA	-	-

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

112

ワンセグ仕様

ビデオ規格	MPEG-4 AVC/H.264 Baseline profile 1, 2
解像度	320x240 画素 (最大)
ビットレート	可変 ex. 180/200/240kbps
フレームレート	15 fps
オーディオ規格	MPEG-2 AAC モノラル、ステレオ、デュアルモノ
オーディオレート	可変 ex. 48/64kbps
データ放送記述	BML Cプロファイル
データ放送レート	約60kbps

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

113

One-Segment Specification

Video Coding	MPEG-4 AVC/H.264 Baseline profile 1, 2
Resolution	320x240 pel at the maximum
Bitrate	Variable ex. 180/200/240kbps
Framerate	15 fps
Audio Coding	MPEG-2 AAC mono, stereo, dual-mono
Audio Rate	Variable ex. 48/64kbps
Data Broadcasting	BML C Protocol
Data Broadcasting Rate	About 60kbps

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

114

モバイル用ビデオ符号化

- モバイルデジタルテレビジョンのためのビデオ符号化
 - 限られた帯域
 - 高い符号化効率
 - 端末側の消費パワー削減
- MPEG-4 AVC/H.264
 - 高い符号化効率(MPEG-2の2倍)
 - 演算量増加(MPEG-2の10倍以上、デブロッキングフィルタ)
 - 非常に多くの特許で構成されているためpatent poolが必須

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

115

Mobile Video Coding

- Video Coding for Mobile Digital Television
 - Limited Bandwidth
 - High Coding Efficiency
 - Low power consumption at mobile devise side
- MPEG-4 AVC/H.264
 - Achieve high efficiency (2 times than MPEG-2)
 - High Computational Complexity (10 times than MPEG-2, especially de-blocking filter)
 - Contains a lot of patens, needs patent pool

マルチメディア配信システム / Multimedia Distribution System

116