

## 信号理論

- No.13 画像/動画信号処理への応用 -

渡辺 裕

信号理論 / Signal Theory

1

## Signal Theory

- No.13 Application to Image/Video Signal Processing -

Hiroshi Watanabe

信号理論 / Signal Theory

2

## 画像符号化標準

- グラフィクス(限定色)
  - GIF
  - PNG
- 2値画像
  - JBIG
- 自然画像
  - JPEG
  - JPEG2000

信号理論 / Signal Theory

3

## Image Coding Standard

- Graphics (Limited Color)
  - GIF
  - PNG
- Binary Image
  - JBIG
- Natural Image
  - JPEG
  - JPEG2000

信号理論 / Signal Theory

4

## GIF

- グラフィクス交換フォーマット
  - コンピュータで使われた
  - 256色以下の可逆符号化
  - LZW圧縮技術
  - GIF87a, GIF89a
- LZW
  - Lempel-Ziv-Welch
  - 辞書型のユニバーサル符号化
  - ユニシス特許問題 1984-2004

信号理論 / Signal Theory

5

## GIF

- Graphics Interchange Format
  - CompuServe
  - Lossless coding for 256 colors or less
  - LZW compression
  - GIF87a, GIF89a
- LZW
  - Lempel-Ziv-Welch
  - Dictionary type compression
  - Patented 1984-2004

信号理論 / Signal Theory

6

## PNG

- ポータブルネットワークグラフィクス
  - ISO/IEC JTC1/SC24で作成された標準
  - 8-24ビットカラーの可逆符号化
  - Deflate圧縮技術を使用
  - ISO/IEC 15948:2003
- Deflate
  - LZ77 + 動的ハフマン符号
  - 位置と長さ情報が分類されて符号化
  - IETF RFC1951

信号理論 / Signal Theory

7

## PNG

- Portable Network Graphics
  - ISO/IEC JTC1/SC24
  - Lossless for 8-24 bit colors
  - Deflate compression technology
  - ISO/IEC 15948:2003
- Deflate
  - LZ77 + Dynamic Huffman
  - Location and length are categorized
  - IETF RFC1951

信号理論 / Signal Theory

8

## JBIG

- Joint Bi-level Image Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 で作成された標準
  - 二値画像が対象(白黒画像)
  - マルコフモデル + QM符号化器
  - ISO/IEC 11544
- QM coder
  - マルコフモデル
  - 算術符号化
  - LPS:  $2^{-Q}$

信号理論 / Signal Theory

9

## JBIG

- Joint Bi-level Image Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1
  - Bi-level image (black/white)
  - Markov model + QM coder
  - ISO/IEC 11544
- QM coder
  - Markov model
  - Arithmetic coding
  - LPS:  $2^{-Q}$

信号理論 / Signal Theory

10

## JPEG

- Joint Photographic Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 で作成
  - 静止画像(RGB各8ビットの24ビットカラー画像)
  - 非可逆符号化/可逆符号化
  - 離散コサイン変換(DCT) + ハフマン符号化/QM符号化
  - ISO/IEC 10918: 1994 | ITU-T Rec. T-81
- 離散コサイン変換
  - 8x8 DCT, 線形量子化, 重み行列
  - ジグザグスキャン, 2次元ハフマン符号化
  - 算術符号(QM coder)はオプション

信号理論 / Signal Theory

11

## JPEG

- Joint Photographic Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1
  - Still Image
  - Lossy coding/lossless coding
  - DCT + Huffman/QM coder
  - ISO/IEC 10918: 1994 | ITU-T Rec. T-81
- DCT
  - 8x8 DCT, linear quantization, weight matrix
  - Zigzag scan, 2D-Huffman coding
  - Option: QM coder

信号理論 / Signal Theory

12

## JPEG 2000

- Joint Photographic Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 で作成
  - 静止画像(RGB各8ビットの24ビットカラー画像)
  - 非可逆から可逆まで連続的に導出可能な符号化
  - ウェーブレット +EBCOT(算術符号化)
  - ISO/IEC 15444: 2000
- ウェーブレット
  - リフティング, 線形量子化
  - EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation), 複数コンテキストの算術符号化(MQ-coder)

信号理論 / Signal Theory

13

## JPEG 2000

- Joint Photographic Experts Group
  - ISO/IEC JTC1/SC29/WG1
  - Still Image(RGB各8ビットの24ビットカラー画像)
  - From lossy to lossless
  - Wavelet +EBCOT(Arithmetic coding)
  - ISO/IEC 15444: 2000
- Wavelet
  - Lifting scheme, linear quantizer
  - EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation), multi-context arithmetic coding(MQ-coder)

信号理論 / Signal Theory

14

## 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

信号理論 / Signal Theory

15

## Video Coding Standard (1)

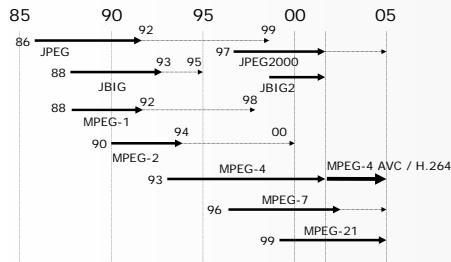
- ISO/IEC
  - MPEG-1 (1992) Video CD, Web video
  - MPEG-2 (1994) DVD, HDTV
  - MPEG-4 (1999) (Mobile)
  - MPEG-4 AVC/H.264 (2005) Mobile TV, Blu-ray, ...
- ITU-T
  - H.261(1990), H.262(=MPEG2), H.263(1995), H.264(2005)

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

信号理論 / Signal Theory

16

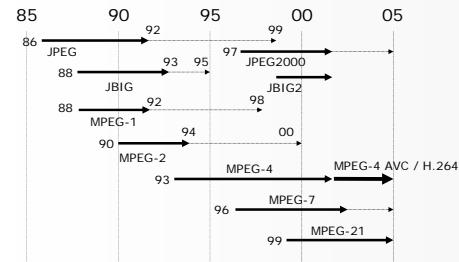
## ビデオ符号化標準 (2)



信号理論 / Signal Theory

17

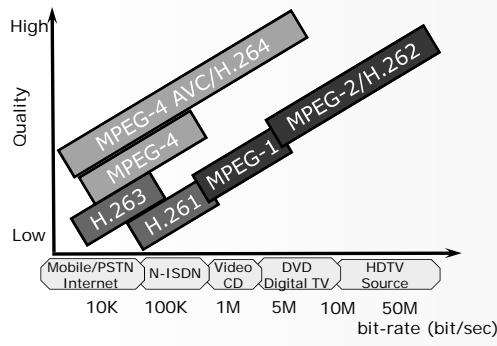
## Video Coding Standard (2)



信号理論 / Signal Theory

18

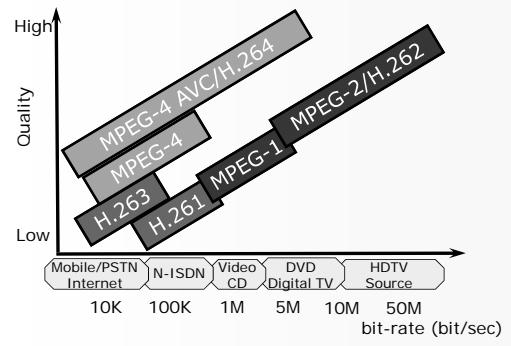
### ビデオ符号化標準 (3)



信号理論 / Signal Theory

19

### Video Coding Standard (3)



信号理論 / Signal Theory

20

### 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

信号理論 / Signal Theory

21

### H.261 (ITU-T, 1990)

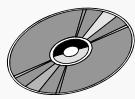
- Coding scheme for videophone, teleconferencing on digital network (ISDN)
- Bitrate:  $p \times 64\text{ kbps}$  ( $p = 1-30$ )
- DCT based (macroblock)
- Support of CIF, QCIF
- Forward MC
- Loop filter

信号理論 / Signal Theory

22

### 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, 縮散コサイン変換

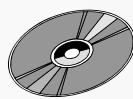


信号理論 / Signal Theory

23

### 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



信号理論 / Signal Theory

24

## 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



信号理論 / Signal Theory

25

## 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



信号理論 / Signal Theory

26

## 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



信号理論 / Signal Theory

27

## 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

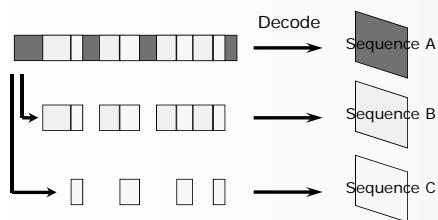


信号理論 / Signal Theory

28

## 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

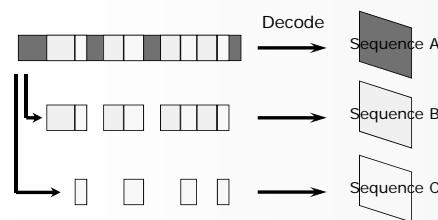


信号理論 / Signal Theory

29

## Scalability of MPEG-2 (1)

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



信号理論 / Signal Theory

30

## 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”

信号理論 / Signal Theory

31

## 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”

信号理論 / Signal Theory

32

## 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

信号理論 / Signal Theory

33

## 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

信号理論 / Signal Theory

34

## 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

信号理論 / Signal Theory

35

## 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

信号理論 / Signal Theory

36

## 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

信号理論 / Signal Theory

37

## 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

信号理論 / Signal Theory

38

## 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

信号理論 / Signal Theory

39

## 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

信号理論 / Signal Theory

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)

信号理論 / Signal Theory

41

## Object Based Video Coding

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



VOPO (background)



VOP1 (object)



Shape data(αmap)

信号理論 / Signal Theory

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、…)

信号理論 / Signal Theory

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)

信号理論 / Signal Theory

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

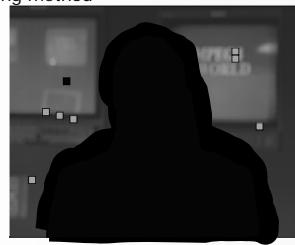


信号理論 / Signal Theory

45

## Example of Automatic VOP Detection

- Combination with edge detection and region growing/shrinking method

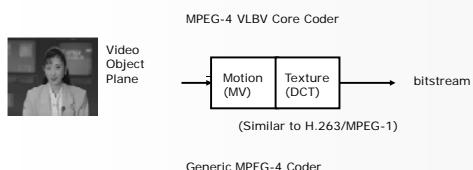


信号理論 / Signal Theory

46

## VOP符号化の構成

- Core Coder と Generic Coder

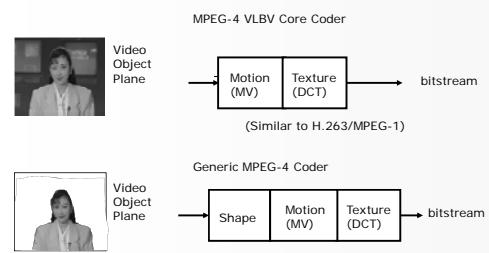


信号理論 / Signal Theory

47

## Structure of VOP Coding

- Core Coder and Generic Coder



信号理論 / Signal Theory

48

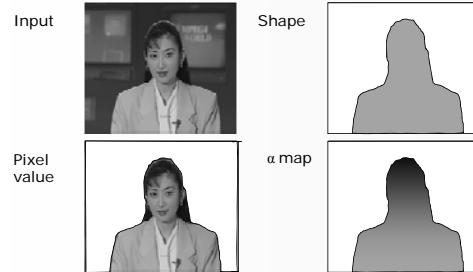
## VOPの信号



信号理論 / Signal Theory

49

## Signals in VOP Coding

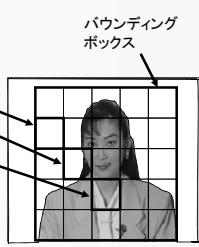


信号理論 / Signal Theory

50

## VOP符号化 -画素信号-

- 画素値情報
- 画素値そのもの(輝度・色差)
  - 動き補償DCT符号化
    - 物体外は符号化しない
    - 境界はパディング処理後に符号化
    - 物体内部のみ符号化

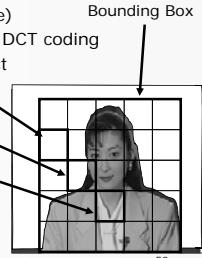


信号理論 / Signal Theory

51

## VOP Coding -Pixel Data-

- Information of pixel location
- Pixel value (luminance, chrominance)
  - Motion compensated interframe DCT coding
    - No coding for outside of object
    - boundary block is coded after padding
    - Normal coding for inside of object

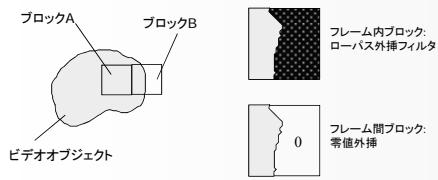


信号理論 / Signal Theory

52

## Padding DCT

- オブジェクト内 (ブロックA): 通常の8x8 DCT
- オブジェクト境界 (ブロックB): Padding後に 8x8 DCT
- オブジェクト外: スキップ

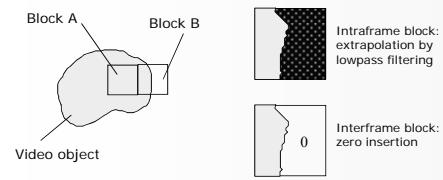


信号理論 / Signal Theory

53

## Padding DCT

- Inside of object (Block A): Normal 8x8 DCT
- Boundary of object (Block B): 8x8 DCT after padding
- Outside of object: Skip

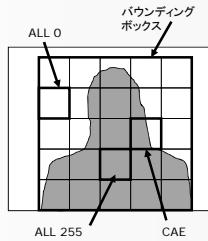


信号理論 / Signal Theory

54

## 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)

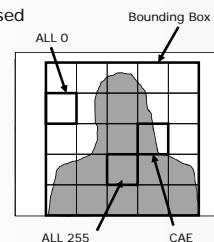


信号理論 / Signal Theory

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)



信号理論 / Signal Theory

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

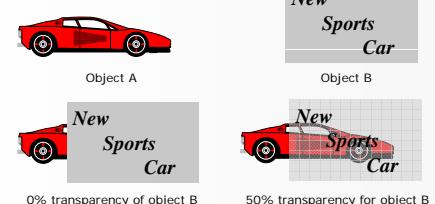


信号理論 / Signal Theory

57

## VOP Coding -Alpha Map-

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



信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

59

## Sprite Coding

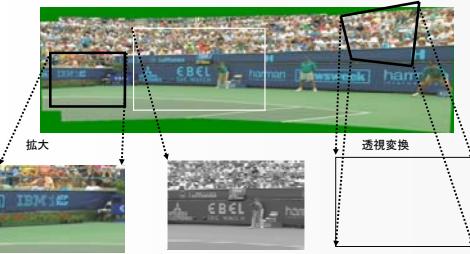
- Creation of Sprite (background) for entire video clip
- Intraframe coding for Sprite
- Object is predicted by Sprite's geometric transform
- Geometric transform can be selected
  - Still
  - Parallel motion
  - Affine transform
  - Projection transform
  - Local Affine transform
- Prediction error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

信号理論 / Signal Theory

60

## スプライト符号化 (2)

### ■ 幾何変換

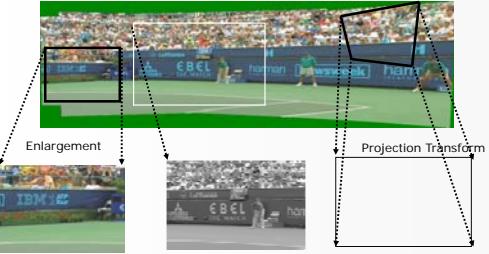


信号理論 / Signal Theory

61

## Sprite Coding (2)

### ■ Geometric Transform

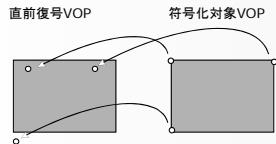


信号理論 / Signal Theory

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

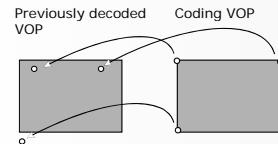


信号理論 / Signal Theory

63

## Global Motion Compensation

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



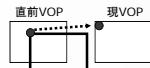
信号理論 / Signal Theory

64

## グローバル動き補償 (2)

### ■ 幾何学パラメータ

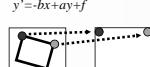
1点参照(平行移動)  
 $x' = x + c, y' = y + f$



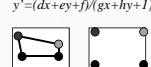
3点参照(アフィン変換)  
 $x' = ax + by + c$   
 $y' = dx + ey + f$



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)  
 $x' = (ax + by + c) / (gx + hy + I)$   
 $y' = (dx + ey + f) / (gx + hy + I)$



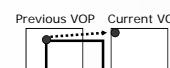
信号理論 / Signal Theory

65

## Global Motion Compensation (2)

### ■ Geometric parameters

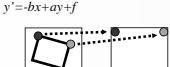
1-point refer(parallel motion)  
 $x' = x + c, y' = y + f$



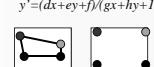
3-point refer(Affine transform)  
 $x' = ax + by + c$   
 $y' = dx + ey + f$



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



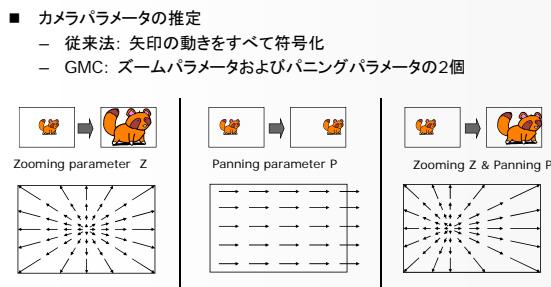
4-point refer(projection transform)  
 $x' = (ax + by + c) / (gx + hy + I)$   
 $y' = (dx + ey + f) / (gx + hy + I)$



信号理論 / Signal Theory

66

## グローバル動き補償 (3)

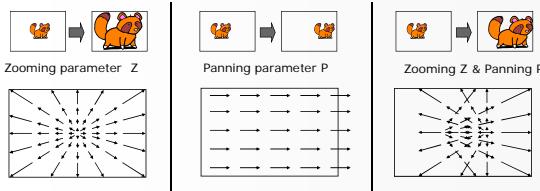


信号理論 / Signal Theory

67

## Global Motion Compensation (3)

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



信号理論 / Signal Theory

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
  - $0.95^{14} < 0.5$

信号理論 / Signal Theory

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
  - $0.95^{14} < 0.5$

信号理論 / Signal Theory

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 (Content-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)

信号理論 / Signal Theory

71

## MPEG-4 AVC/H.264の主要技術

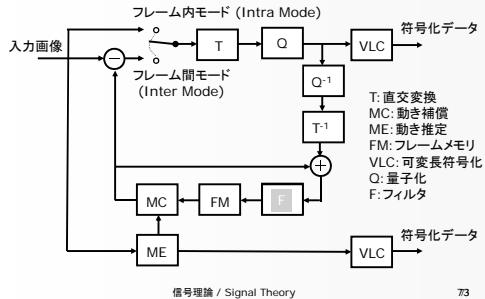
- Motion Compensated Interframe Prediction
- De-blocking filter as a loop filter
- Slice based prediction
- 1/4 pixel accuracy motion vector
- 4x4 integer DCT, Hadamard Transform
- Fine quantization step size
- Entropy coding
  - Error Resilient Golomb Code
  - Simple type: CAVLC (Content-based Adaptive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

信号理論 / Signal Theory

72

## デブロッキングフィルタ (1)

### ■ 符号化器 (Encoder) の構成

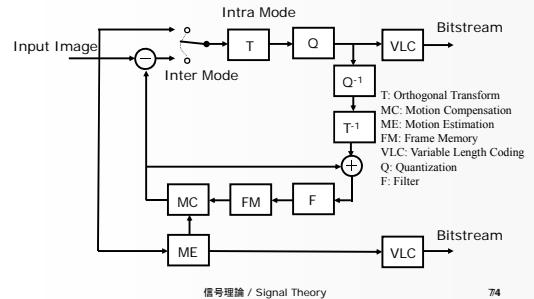


信号理論 / Signal Theory

73

## De-blocking Filter (1)

### ■ Encoder structure

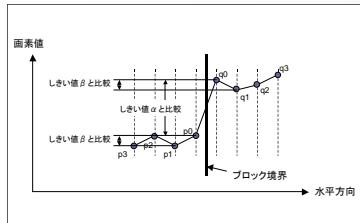


信号理論 / Signal Theory

74

## 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

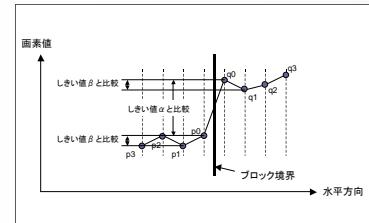


信号理論 / Signal Theory

75

## De-blocking Filter (2)

- Adaptive filtering to block boundary
- Inloop filter

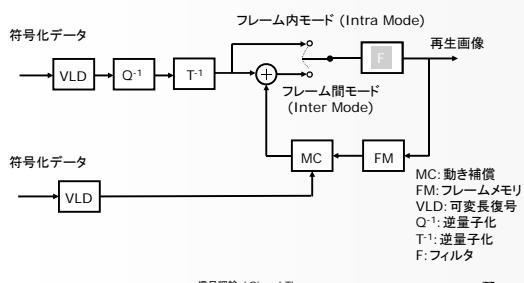


信号理論 / Signal Theory

76

## デブロッキングフィルタ (3)

### ■ 復号器 (Decoder) の構成

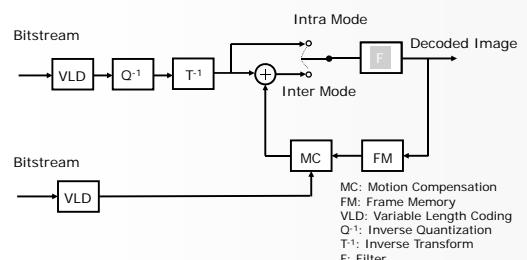


信号理論 / Signal Theory

77

## De-blocking Filter (3)

### ■ Decoder Structure

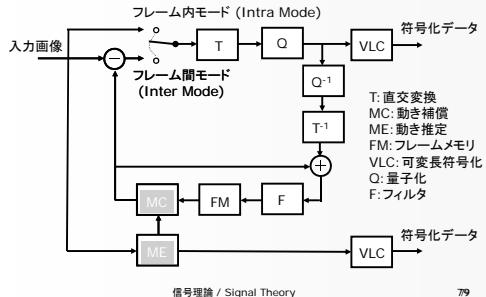


信号理論 / Signal Theory

78

## 1/4画素精度動き補償 (1)

### ■ 符号化器 (Encoder) の構成

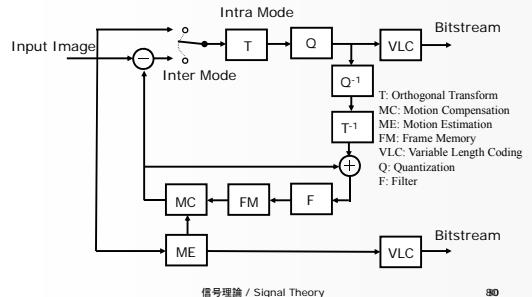


信号理論 / Signal Theory

79

## 1/4 Pel Accuracy MC (1)

### ■ Encoder structure



信号理論 / Signal Theory

80

## 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

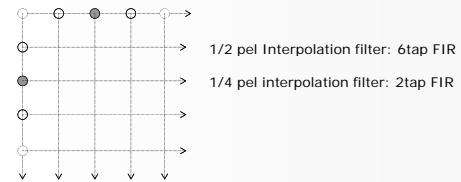


信号理論 / Signal Theory

81

## 1/4 Pel Accuracy MC (2)

### ■ Accurate motion estimation by fine interpolation

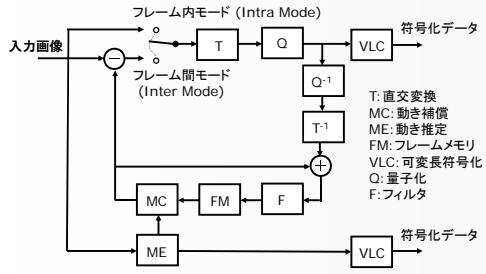


信号理論 / Signal Theory

82

## スライス単位の予測 (1)

### ■ 符号化器 (Encoder) の構成

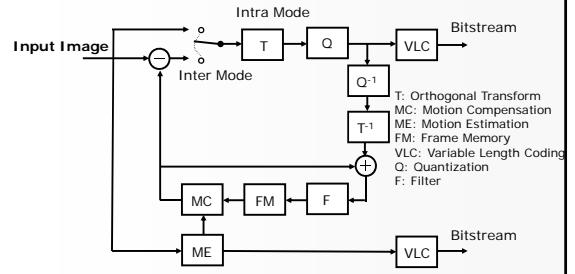


信号理論 / Signal Theory

83

## Slice Based Prediction (1)

### ■ Encoder structure

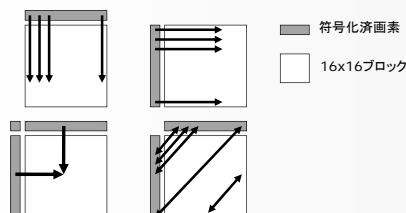


信号理論 / Signal Theory

84

## 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
- $16 \times 16$ 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)

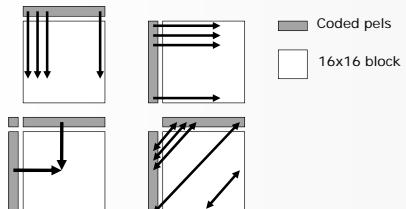


信号理論 / Signal Theory

85

## Slice Based Prediction (2)

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

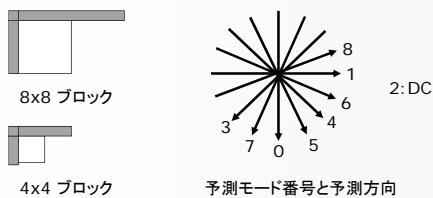


信号理論 / Signal Theory

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

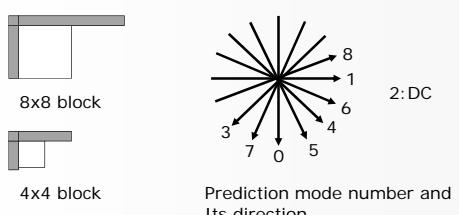


信号理論 / Signal Theory

87

## Slice Based Prediction (3)

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

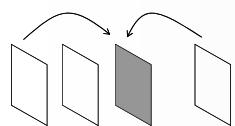


信号理論 / Signal Theory

88

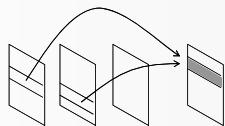
## スライス単位の予測 (4)

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



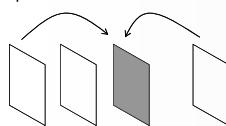
MPEG-4 AVC/H.264

信号理論 / Signal Theory

89

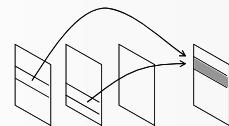
## Slice Based Prediction (4)

Frame based bi-directional prediction



MPEG-2

Prediction by arbitrary slices



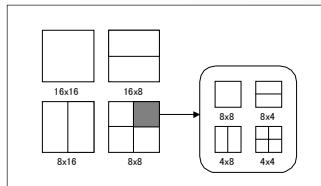
MPEG-4 AVC/H.264

信号理論 / Signal Theory

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

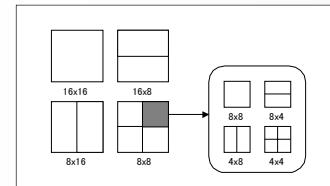


信号理論 / Signal Theory

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

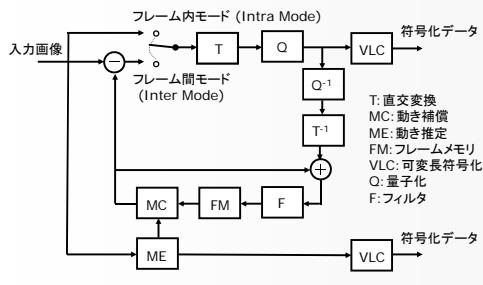


信号理論 / Signal Theory

92

## 整数精度DCT (1)

- 符号化器 (Encoder) の構成

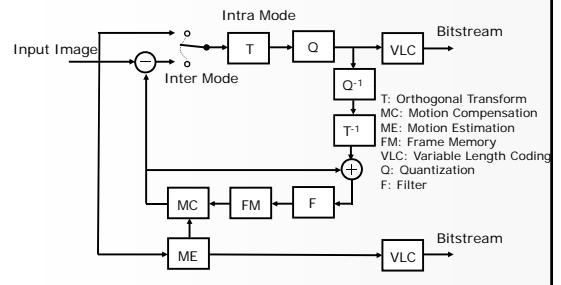


信号理論 / Signal Theory

93

## Integer DCT (1)

- Encoder structure



信号理論 / Signal Theory

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

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

信号理論 / Signal Theory

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

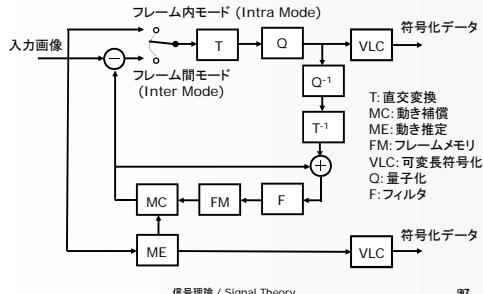
$$T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

信号理論 / Signal Theory

96

## エンタロピー符号化 (1)

### ■ 符号化器 (Encoder) の構成

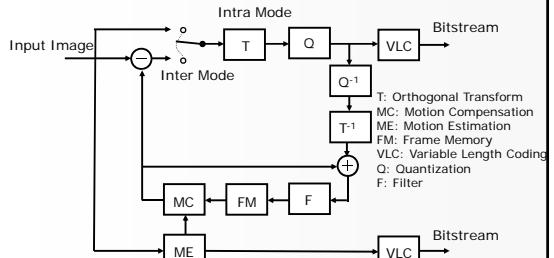


信号理論 / Signal Theory

97

## Entropy Coding (1)

### ■ Encoder structure



信号理論 / Signal Theory

98

## エンタロピー符号化 (2)

### ■ 指数Colomb符号

- ビ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Colomb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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

101

## Entropy Coding (3)

### ■ CAVLC

- Context Adaptive VLC
- Apply to integer accuracy DCT coefficient

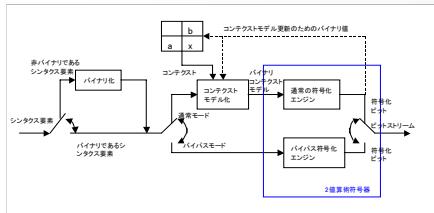
No	Context
1	Consecutive "0" before DCT coefficient
2	DCT coefficient
3	Number of non-zero coefficient
4	Number of zero coeff before the last non-zero coeff.
5	Number of consecutive  1  coeff at the last
6	Flag of consecutive "1" coeff at the last

信号理論 / Signal Theory

102

## エントロピー符号化 (4)

- CABAC
  - コンテキスト適応型2値算符符号化

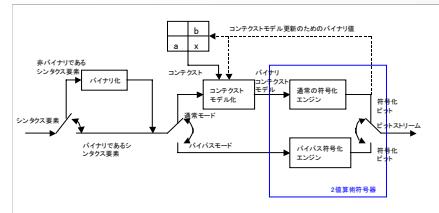


信号理論 / Signal Theory

103

## Entropy Coding (4)

- CABAC
  - Context Adaptive Binary Arithmetic Coding



信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

106

## 各国のデジタルテレビジョン (1)



From Wikipedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital\\_broadcast\\_standards.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg)

信号理論 / Signal Theory

107

## Digital Television in the World (1)



From Wikipedia  
[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital\\_broadcast\\_standards.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Digital_broadcast_standards.svg)

信号理論 / Signal Theory

108

## 各国のデジタルテレビジョン (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, ベルギー	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	-	-	-

信号理論 / Signal Theory

109

## Digital Television in the World (2)

Type	Name	Area	Video	Audio	
Terrestrial	DVB-H	Europe etc	MPEG-4 AVC/H.264	MPEG-4 AAC MPEG-4 HE-AAC MPEG-2 HE-AAC AACv2 AMR-WB AC3, Enhanced AC3	
	ISDB-T		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	-	-	-	

信号理論 / Signal Theory

110

## 各国のデジタルテレビジョン (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	GRPS, EDGE WCDMA, CDMA EV	各地	-	-
	MBMS, BCMCS MediaFlo	欧洲, 日本, 米国	-	-

信号理論 / Signal Theory

111

## Digital Television in the World (3)

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

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

信号理論 / Signal Theory

116