符号理論･暗号理論

- No.15 電子透かし技術 -

渡辺 裕

Coding Theory / Cryptography

- No.15 Digital Watermarking -

Hiroshi Watanabe

データハイディング

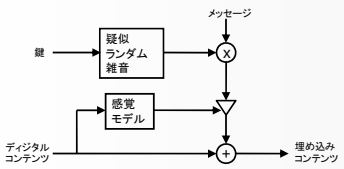
- 知覚可能形データハイディング
  - 電子透かし
    - 画像や音楽等のデジタルコンテンツに情報を埋め込む
    - 埋め込み情報は著作権関連データ（ex. 作者名，課金情報，コピー可能回数など）
- 知覚困難形データハイディング
  - ステガノグラフィー
    - 画像や音楽等のデジタルコンテンツに情報を埋め込む
    - 埋め込み情報はコンテンツに無関係であることが多い

Data Hiding

- Perceptible data hiding
  - watermarking
    - Embed information to digital content, ex. Image or music
    - Embedded information is IPR data(ex. author, charge, allowed copies, etc)
- Imperceptible data hiding
  - steganography
    - Embed information to digital content, ex. Image or music
    - Mostly embedded information does not relate to content

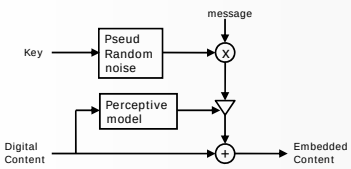
アルゴリズム (1)

- 情報埋め込み処理
  - 複数ビットからなるメッセージを，鍵により生成した疑似ランダムパターンで変調
  - ディジタルコンテンツに対して感覚モデルを適用し，変調したメッセージの強度を制御して埋め込み



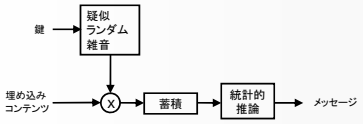
Algorithm (1)

- Information embedding process
  - Modulate message consists of multiple bits by pseud-random pattern generated by a key
  - Apply perceptive model to digital content, control strength of modulated message



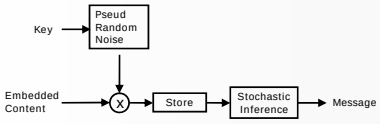
アルゴリズム (2)

- 情報検出処理
  - 埋め込みコンテンツを，鍵により生成した疑似ランダムパターンで変調
  - 変調されたコンテンツを蓄積
  - 統計的推論によりメッセージを検出



Algorithm (2)

- Information detection process
  - Modulate embedded content by pseud-random pattern generated by a key
  - Store modulated content
  - Detect message by stochastic inference



信頼性

- 電子透かし/ステガノグラフィーの検出時のエラー
  - フォールス･ポジティブ･エラー
    - 埋め込みされていないコンテンツに対して,“埋め込みメッセージあり”と判定する場合
    - ユーザにとってこのエラーが低いことが必要
      - DVD-video: 10^{13}秒に1回以下, DVD-audio: 1.5* 10^{13}秒に1回以下 (10^{13}秒=300000年)
  - フォールス･ネガティブ･エラー
    - 埋め込みされているコンテンツに対して，“埋め込みメッセージなし”と判定する場合
  - ビット･エラー
    - 埋め込みされているコンテンツから間違ったメッセージを検出してしまうエラー

Reliability

- Detection error at watermarking/steganography
  - False positive error
    - Judge as “there is an embedded massage” to “not embedded content”
    - Low error rate for user is required
      - DVD-video: once at 10^{13} sec, DVD-audio: once at 1.5* 10^{13} sec (10^{13} sec = 300000 year)
  - False negative error
    - Judge as “there is not embedded massage” to “embedded massage”
  - Bit error
    - Wrong message is detected from embedded content

耐性 (1)

- ビデオ
  - フィルタリングなど一般的にスタジオで使われるビデオ処理
  - MPEGの符号化と復号化
  - デジタルからアナログへの変換
  - ノイズの追加
  - 水平方向あるいは垂直方向へのシフト
  - 任意倍率での伸縮 (アスペクト比可変)
  - 切り取り
  - 時系列の順序交換

Tolerance (1)

- Video
  - Video processing generally used at studio such as filtering
  - MPEG encoding and decoding
  - Digital to analog conversion
  - Addition of noise
  - Shift in horizontal and vertical direction
  - Expansion at arbitrary rate (change aspect ration)
  - Cutout
  - Change order of time series

耐性 (2)

- オーディオ
  - 連続する2度のD/A変換・A/D変換
  - FMラジオ放送の受信後のA/D変換
  - リサンプリングとチャンネル・ミックス
  - 音程の変化を伴う時間伸縮，音程の変化を伴わない時間伸縮
  - MP3，AACなどのオーディオ圧縮
  - 非線形コンプレッション
  - ノイズの追加
  - イコライジングなど周波数応答の歪み
  - エコー
  - バンドパス・フィルター
  - ミキシング

Tolerance (2)

- Audio
  - Consecutive two D/A・A/D conversion
  - A/D conversion after receiving FM radio program
  - Re-sampling and channel mixing
  - Time expansion with/without change of tone
  - Audio coding such as MP3, AAC
  - Non-linear compression
  - Addition of noise
  - Frequency distortion such as equalizing
  - Echo
  - Band-pass filtering
  - Mixing

耐性 (3)

- 耐性のある静止画の電子透かし
  - フィルタリング
  - 圧縮と非圧縮
  - 切り取り
  - 幾何学的変換
    - ローテーション，ズーム，アスペクト比の組合せ
  - レタリング
- 改ざん検出のための静止画電子透かし
  - 画像IDとディジタル署名をJPEG圧縮データへ埋め込み
  - 圧縮状態，復号画像のどちらからでも検出可能
  - 画像の改ざん位置の検出も可能

Tolerance (3)

- Tolerant still image watermarking
  - filtering
  - Lossy and lossless
  - Cutout
  - Geometric transform
    - Combination of rotation, zoom, aspect ratio
  - Lettering
- Still image watermarking for detecting falsification
  - Embed picture ID and digital signature to JPEG coded data
  - Detectable both from coded and decoded images
  - Location of falsification can be detected

耐性 (4)

- 静止画に対する可視透かし
  - 不正使用に対する抑止効果
  - ロゴマークや著作権を可視状態で埋め込み

Tolerance (4)

- Visible watermarking to still image
  - Deterrent effect to unauthorized use
  - Embed logo and IPR with visible status

埋め込み技術

- 電子透かしの場合
  - スペクトル拡散
    - 加法的な改ざんなどに対応できる埋め込み技術
  - 量子化レベル制御
    - 頑強ではないが，埋め込み情報量が多い
  - 振幅変調
    - 加法的な改ざんに対応，特に空間領域での処理

Embedded technology

- Watermarking
  - Spread spectrum
    - Embedded technology to additive falsification
  - Control quantization level
    - Less robust, lot of embedded information
  - Amplitude modulation
    - Respond to additive falsification, especially in space domain

アプリケーション

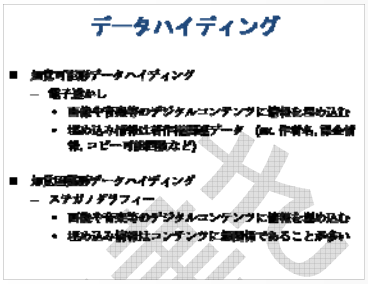
- ビデオ
  - インターネットでのビデオ配信
- オーディオ
  - インターネットでの音楽配信
  - コマーシャル放送回数のカウント
  - 再生回数のカウント
- 静止画
  - インターネットでの改ざん検出
  - セキュアディジタルカメラ
    - ロスレス電子透かし，生体認証と電子署名ハッシュ

Application

- Video
  - Video distribution on the Internet
- Audio
  - Music distribution on the Internet
  - Count numbers of commercial broadcasting
  - Count numbers of playback
- Still image
  - Detection of falsification on the Internet
  - Secure digital camera
    - Lossless watermarking, biometric certification and digital signature hash function

可視電子透かしの例

- MS-word



Example of Visible Watermaking

- MS-word