

音情報の高信頼高品質ネットワーク通信技術の開発 (051302004)

Development of highly-reliable high-quality network communication technologies
for acoustic information

研究代表者

鈴木陽一 東北大学電気通信研究所

SUZUKI Yôiti Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

研究分担者

牧野正三[†] 伊藤彰則[†] 鈴木基之[†] 静谷啓樹^{††} 酒井正夫^{†††} 坂本修一^{†††}

MAKINO Shozo[†] ITO Akinori[†] SUZUKI Motoyuki[†] SHIZUYA Hiroki^{††} SAKAI Masao^{††}

SAKAMOTO Sakamoto^{†††}

[†]東北大学大学院工学研究科 ^{††}東北大学高等教育開発推進センター ^{†††}東北大学電気通信研究所

[†]Graduate School of Engineering, Tohoku University ^{††}Center for the Advancement of Higher Education, Tohoku University ^{†††}Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

ネットワーク環境において高信頼高品質音情報伝送を可能とするデジタル信号処理技術の開発を行い、コンテンツ産業のインターネット利用を促進させる。具体的には、以下の 3 つのサブテーマに取り組む。

1. デジタル音信号コンテンツの著作権をアナログ化された後にも追跡するため、デジタルおよびアナログの両方において耐性のある電子透かしを開発する。
2. 高音質かつ高圧縮音楽信号のストリーミング配信技術を開発する。
3. インターネット音声通話において、高い秘話性を実現する技術を開発することで、オープンなネットワークを経由する環境においても重要な内容の会話を可能とする。

Abstract

This project aims at developing key technologies enabling highly reliable and high quality transmission of acoustic information via network. To realize this, the following three topics were investigated :

1. Digital watermarking technologies which are robust even after conversion into analog signals, to trace copy rights of music signals recorded on analog media such as cassette tapes.
2. Streaming technologies to distribute digital music signals with high quality and high compression rate.
3. Secure VoIP communication technologies enabling high secrecy based on digital signal processing compatible with encryption with ordinary cipher technologies.

1. まえがき

高速ネットワークの広がりや情報処理技術の発展により、マルチメディア通信が急速に普及しつつある。マルチメディア通信技術の中でも音情報通信は、重要な要素技術の一つである。ネットワーク環境下における高度で安全な音声および音楽の通信技術開発は、だれもが安心して利用できることを目指す次世代マルチメディア通信技術の健全な発展と普及のために、非常に重要である。

そこで本研究では、音響情報処理の専門家と基礎情報科学の専門家とが緊密な共同研究体制を構築し、ネットワーク環境下における使用を前提とした、高信頼性と高性能、頑健性を有する高度な音声・音楽信号通信技術の開発を進めた。具体的には、次節に述べるように、電子透かし、ストリーミング配信、秘話の 3 課題について研究を推進した。

2. 研究内容及び成果

① デジタルおよびアナログの両方に耐性のある音信号電子透かしアルゴリズムの開発

(1) 空気およびカセットテープによるジッタの歪特性の解明。現手法適用時の性能評価、(2) アナログ伝送時、検出率 90% において、16 bps の伝送レートの音信号電子透かしの開発、(3) 新たな電子透かし手法の開発の 3 つの課題に取り組んだ。課題 (1) のジッタ歪み特性の解明結果に

基づき、課題 (2)、(3) について以下のような検討を行った。

(2) では、従来法であるエコー法、および我々の開発したエコー拡散法を用いた空気伝搬による透かしの検出実験を行った。エコー法とエコー拡散法でエコーを埋め込む際に要する総エネルギーを等しくした場合、雑音環境においてもエコー拡散法の方が PN 系列による逆拡散のため、デジタル伝送時同様、検出率が高いことが確認された。エコー拡散法を用いた場合、ビットレート 16 bps までは 100%、32 bps でも約 90% の検出率を達成した。

(3) では、データマイニング技術に基づく新しい電子透かし技術を行うとともに、既存の電子透かしの埋め込み／検出技術と併用し、その秘匿性と除去攻撃耐性を向上させる「乱択法」を開発した。乱択法の実現性能は、併用する埋め込み／検出技術の特性に依存する。また、乱択法では、秘匿性と除去攻撃耐性が向上する一方、透かしデータの埋め込み効率が低下する問題がある。そこで、併用する埋め込み／検出技術の特性と要求性能に応じた乱択法のパラメータの最適値を推定する方法も開発した。また、乱択法との併用を考慮した新しい埋め込み／検出技術として「うなり法」を開発した。うなり法では、電子透かしを人間が知覚困難な程度の微少なうなり（局所的な周波数スペクトルの変動）の有無に対応させる。計算機シミュレーションにより、うなり法を併用した場合の乱択法の性能を定量的に評価し、その有効性を明らかにした。

②高品位音情報の高信頼ネットワーク通信技術の開発

(1)MP3符号化音声のMultiple Description(MD)符号化、(2)64kbit logPCM 音声の MD 符号化、(3)高能率音楽符号化方式の3課題に取り組んだ。

Multiple Description(MD)符号化は、インターネットのように通信路の信頼性が低い通信環境において、放送型通信を実現するために不可欠な技術である。MD 符号化は、一つの信号系列を2つ以上の「同等に重要な」符号列に符号化する。全ての符号列が受信できた場合には原信号とほぼ同等な品質の信号が再生でき、一部の符号列のみしか受信できなかった場合でもある程度の品質で信号の再生が可能である、本研究ではMP3のような高能率音楽符号化に初めて MD 符号化を適用した。これを実現するため、パケット内データを周波数領域で2つに分割する「周波数ストライプ分割」を開発した。また、MP3における周波数情報である MDCT 係数の正負の符号情報を冗長に伝送する(約 7.8 kbit/s)ことにより、パケット欠落時の復元信号の品質を向上させることに成功した。提案法の主観評価結果を図1に示す。提案法に冗長符号情報とインターリーブを組み合わせたことにより、5段階主観評価値で4以上の高い品質が得られた。

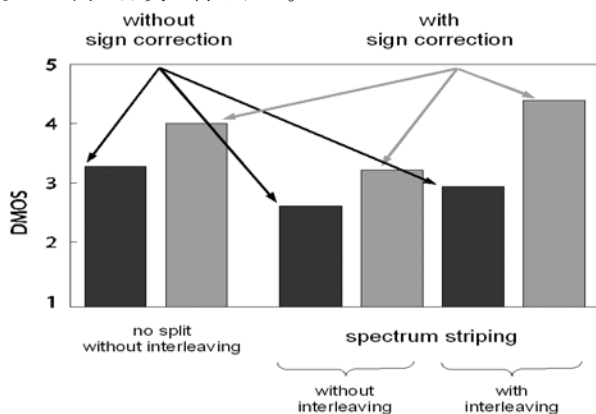


図1 MD符号化の主観評価結果

③マルチパス伝送を用いた音情報のセキュア通信技術に関する研究

LD-CELP、CS-ACELP、ADPCM についてそれぞれ適切な部分分散のビットを検討し、データ増加量 1.5 倍以下で明瞭度が 10%未満となるマルチパス伝送による音情報セキュア通信アルゴリズムの開発を行った。

LD-CELP についての検討では、ベクトルコードブックの上位 3 ビットを部分秘密共有分散することによって、データ伝送量 1.3 倍で明瞭度 0%であることを聴取実験およびマルチパスルーティングを実装した実環境により確認した。聴取実験の結果を図2に示す。

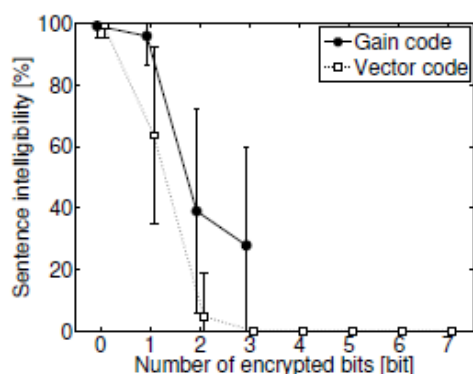


図2 LD-CELP の聴取実験結果

CS-ACELP についての検討では、80 ビット中ビット反転感度の高い上位 16 ビットを部分秘密共有分散することによって、データ伝送量 1.2 倍で明瞭度 0.39%であることを聴取実験により確認した。

ADPCM についての検討では、最上位ビットのみを部分秘密共有分散することにより、データ伝送量 1.25 倍で明瞭度 0%を達成することができるとを示した。

3. むすび

マルチメディア通信における重要な構成要素である音情報の通信に関し、高信頼性と高性能、頑健性を有する高度な音声・音楽信号通信技術の開発を推進した。

その結果、(1)ディジタルのみならずアナログ信号への変換後も高い耐性と検出率を有する電子透かし、(2) 高圧縮音楽信号に対する高音質ストリーミング配信技術、(3) 高い秘話性を有し既存の暗号技術との併用が可能な VoIP 技術、のいずれについても目標を超える成果を得た。

これらの成果は、ネットワーク環境下において誰もが安心して利用できる通信技術の実現と高度化に、重要な貢献をなし得るものと考えている。

【誌上発表リスト】

- [1]N. Fujita, R. Nishimura and Y. Suzuki, "Audio secret sharing for 1-bit audio", Acoustical Science and Technology Vol.27 No.3 pp171-173 (May, 2006)
- [2]A. Ito and S. Makino, "Increasing Correlation using a Few Bits for Multiple Description Coding", Proceedings of 3rd International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (Kaohsiung, Taiwan), (26 November, 2007)
- [3]魏浩石、西村竜一、伊藤彰則、小林まおり、鈴木陽一、"LogPCM および ADPCM への Multiple Description スカラー量子化の適用"、電子情報通信学会論文誌(A)、Vol.J90-A、No.12、pp.918-921 (2007)

【申請特許リスト】

- [1]鈴木陽一、西村竜一、佐々木直哉、アソシエーション分析を用いた音響電子透かし、日本、2006年2月7日
- [2]榎本敦之、鈴木陽一、西村竜一、藤田倫弘、秘話通信システム、秘話送信装置、秘話受信装置および秘話通信方法、日本、2006年9月6日
- [3]鈴木陽一、伊藤彰則、阿部俊一郎、須藤裕史、吉木伸二、染谷大、"データ通信方法、データ通信システムおよびデータ通信プログラム"、日本、2008年3月4日

【受賞リスト】

- [1]A. Ito and S. Makino, Best Paper Award of 3rd International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, "Increasing Correlation using a Few Bits for Multiple Description Coding" (26 November, 2007)

【報道発表リスト】

- [1]"秘密共有分散に基づく CELP 音声秘話通信システム"、日本経済新聞、河北新報、IT-PLUS、nikkei BPnet、Yahoo! JAPAN、日経パソコン Online、日経プレスリリース、CNET JAPAN、Enterprise Watch、INTERNET Watch、IP NEXT、2007年1月24日
- [2]"複数記述符号化分割転送による IP ネットワーク上のリアルタイムストリーミング方式"、日本経済新聞、nikkei BPnet、BCN、ZDNet Japan、CNET JAPAN、ITmedia、RBB TODAY、ITERNET Watch、Broadband Watch、2007年3月23日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.ais.riec.tohoku.ac.jp/lab/budget/index-j.html>