

超解像度医療画像の記述・配信・提示技術の研究開発 (0211010)

Description, Communication and Presentation of Superresolution Medical Images

寅市 和男 筑波大学大学院システム情報工学研究科 先端学際領域研究センター

Kazuo Toraiichi, Center for Tsukuba Advanced Research Alliance, University of Tsukuba

海老原 義彦[†] 和田 耕一[†] 片岸 一起[†] 亀山 啓輔[†]

Yoshihiko Ebihara[†], Koichi Wada[†], Kazuki Katagishi[†], Keisuke Kameyama[†],

中村 浩二[†] 三輪 正直[†] 三田村 好矩^{††} 小谷 誠^{†††}

Koji Nakamura[†], Masanao Miwa[†], Yoshinori Mitamura^{††}, Makoto Kotani^{†††},

内川 義則^{†††} 村上 仁己^{††††} 浅見 徹^{†††††}

Yoshinori Uchikawa^{†††}, Hitomi Murakami^{††††} and Toru Asami^{†††††}

[†]筑波大学 ^{††}北海道大学 ^{†††}東京電機大学 ^{††††}KDDI (株) ^{†††††}(株)KDDI 研究所

[†]University of Tsukuba, ^{††}Hokkaido University, ^{†††}Tokyo Denki University,

^{††††}KDDI Corporation, ^{†††††}KDDI R&D Laboratories

研究期間 平成 14 年度～平成 16 年度

概要

本研究はフルーエンシ情報理論に基づき、近年医療に欠かすことのできない存在となりつつあるデジタルマルチメディアの高精細かつスケーラブルなマルチメディア記述形式を提案し、その広い表現・記述能力とスケーラビリティを生かし、眼底をはじめとする医療画像記述や、オーディオ用 DA コンバータ、デスクトップパブリッシングシステム、図形データベースの内容検索、携帯電話カメラ等フルカラー画像の高精細拡大などへと発展させた。そして、それぞれのモダリティにおいて、従来法以下のデータ量をもってより高い再現品質が実現できることを示した。さらに、ネットワーク化された医療システムにおいて重要となる利便性や安全性を考慮した通信システムを、広域無線ネットワーク (FWA) 上に実現し、長期の運用実験によりその有用性を示した。研究期間の後半には、製品化への協力やプロトタイプ開発と平行して、マルチメディアの受け手である人間の知覚特性を生かした符号化手法へと研究開発を進めるべく、聴覚や視覚の特性について実験やデータ収集を行い、知覚系のモデル化を行うことで次世代のマルチメディア符号化形式開発に向けた研究を進めた。

Abstract

This project introduced high-precision, scalable coding methods for multimedia, based on the Fluency information theory. In addition to developing a specialized function-approximation-based format for medical images such as fundus images, coding methods for modalities including audio, still image and video, have been developed, all achieving the merit of high-quality and scalability. Also, communication techniques aimed for use in networked medical systems, that improve security and reliability, was developed and tested over a three-span setup of long-distance fixed wireless access (FWA) network. Furthermore, models of human auditory and perceptual systems have been investigated for further improvements in apparent quality, aimed in the next generation multimedia coding methods.

1. フルーエンシ情報理論

本開発の理論的基盤であるフルーエンシ情報理論は、Walsh 関数によって張られる不連続な信号からなる空間から、帯域制限された信号空間までの加算無限個の信号空間を連続微分可能性という滑らかさ基準により類別し、それぞれの空間における離散情報との同型な対応付けを可能とし、Shannon の標本化定理の一般化となっている。このフルーエンシ情報理論を基盤に置き、原信号の特徴に応じた再生信号空間を切り替えて用いることにより、離散符号化された医療画像をはじめとするマルチメディア信号は、高精細、スケーラブル、低サイズに符号化・復号化することが可能となる (図 1)。

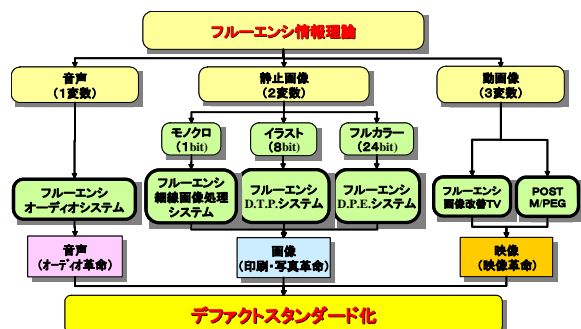


図 1. フルーエンシ情報理論に基づき統一的に記述されるマルチメディアの各種モダリティ

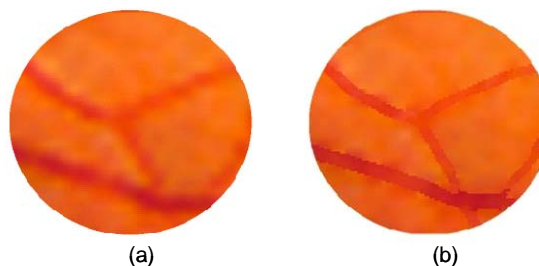


図 2. 眼底画像のスケーラビリティの比較。2.5 倍補間拡大。
(a) 従来法 (バイキュービック)
(b) 血管輪郭情報を用いたフルーエンシ補間方式

2. 医療画像およびマルチメディア記述への応用

医療画像をはじめとするフルカラー画像については、ピクセルの濃淡値の変化をフルエンシ関数化することでスケラビリティを実現し、これを特に眼底写真画像の符号化に用いた。眼底写真においては、病状を判定する上で毛細血管等の様相が重要な情報源となる。血管の輪郭に相当する境界においては、濃淡値が急峻に変化し、この変化を忠実に符号化することが要求される。従って本研究では、この血管の輪郭を抽出し、信号空間を切り替える境界として用いて符号化することで、データ容量を抑えながらも、血管の輪郭情報を失わない眼底画像専用の符号化形式を開発した。本方式は従来の解像度変換の代表的な手法であるバイリニア補間法や、バイキュービック補間法に比べ、解像度変換後も毛細血管等の境界を鮮明に表示することができ、かつ JPEG 等では実現できないスケラビリティの問題を解決している(図 2)。この結果は、境界等の輪郭情報が重要となる医療画像の解像度変換への提案方式の有効性を示すものである。

この成果をはじめとして、本研究開発では音声、静止画、動画などのマルチメディア記述にフルエンシ情報理論を応用し、(1) 超音波周波数帯域を含む高品質オーディオ再生を可能とする DA コンバータ開発、(2) 画像輪郭関数符号化によりイラストなどの高精細出力を可能とする D.T.P.システム開発、(3) テレビ信号のフルエンシ DA 変換処理により、NTSC 信号をハイビジョン並みの映像に変換可能な信号変換器の実用化など、数多くの成果を得た。

今後は、人間の知覚特性に基づく改良により、携帯電話などのモバイルネットワークで送信された低品質の医療画像や音声を、超高精細化するためのメディア符号化技術を確立し、各種の医療情報システムへ適用してユビキタスネットワーク社会に適したシステム基盤を確立する。

3. 長距離加入者無線ネットワーク (FWA) を用いた伝送実験

KDDI (株)、(株) KDDI 研究所の協力により整備された長距離・高速加入者無線システム (22GHz 帯、6.3Mbit/s) を用い、配信に関する研究開発を行った。同システムの通常仕様であるアンテナ間の対向距離約 5km に対して、約 7 倍の 35km 以上という条件下で長期にわたり電波疎通実験を行い、エード・ツー・エンド (筑波大学と KDDI 研究所間) における稼働率が平均 99.491% であり実用上問題がないことを確認した。また、医療情報コンテンツの伝送における「安全性」とセキュリティ・システム構築における「利便性」の 2 つの観点から、PGP (Pretty Good Privacy) を利用した大規模組織向けのセキュリティ・メール・ゲートウェイ (SEMAIL) の試作と評価を行い、その有効性を実証した。

誌上发表リスト

- [1] 寅市和男、中村浩二、Paul Wing Hing Kwan, “DVD-Audio 用二次の標本化関数”、画像電子学会論文誌、Vol.123-C、No.5、pp.928-937 (May 2003)
 - [2] 寅市和男、河副文夫、中村浩二、杉山哲男、和田耕一、“D.T.P.へのフルエンシ関数近似化手法”、日本印刷学会誌、Vol.39、No.3、pp.169-179 (May 2002)
 - [3] K. Sheng, K. Katagishi, K. Toraichi, Y. Mitamura, H. Murakami, A. Koike and T. Asami, “Two-variables Compactly Supported Fluency Sampling Functions-Based Scalable Resolution Conversion for Fundus Photograph”, 2003 IEEE Pacific Rim Conf. Comm., Comp. Signal Proc., (August 2003)
- 他 論文誌発表 9 編、査読付き国際学会発表 33 編

申請特許リスト

- [1] 寅市和男 他、画像処理装置、方法およびプログラム、2003 年 6 月 12 日、2003-167750
 - [2] 寅市和男 他、画像処理装置、2003 年 8 月 27 日、2003-303000
 - [3] 寅市和男 他、信号処理方法及び装置、2004 年 2 月 27 日、2004-53525
- 他 23 申請

登録特許リスト

- [1] 寅市和男 他、SAMPLING FUNCTION GENERATOR、CN, JP, KR, US, EU、2002 年 5 月 21 日、US 6,392,398
 - [2] 寅市和男 他、Digital to analog converter using B spline function、CN, JP, KR, US, EU、2003 年 10 月 28 日、US 6,639,535
 - [3] 寅市和男 他、DATA INTERPOLATING SYSTEM、CN, JP, KR, US, EU、2004 年 6 月 8 日、US 6,748,409
- 他 2 登録

受賞リスト

- [1] 寅市和男 他、平成 15 年度日本印刷学会論文賞、“D.T.P.へのフルエンシ関数近似化手法”、2002 年 5 月
 - [2] S. Chihara, K. Katagishi, T. Asami, H. Murakami and K. Toraichi、Paper Award for Young Researchers、“PGP-based Security Enhanced Mail Gateway for a Large-scale Organization”、ISITA2002、2002 年 10 月
 - [3] 寅市和男、第 4 回船井情報科学振興賞 (エレクトロニクス部門)、2005 年 3 月 12 日
- 他 32 受賞

報道発表リスト

- [1] “TV 用画質改善 IC チップの開発”、日経産業新聞、2003 年 6 月 26 日
 - [2] “フルエンシ TV チップ開発 (ルネサス) に関する記事”、日経産業新聞、2004 年 11 月 5 日
 - [3] “携帯電話用音質改善フルエンシチップの開発 (KDDI)”、日経新聞、2004 年 11 月 16 日
- 他 33 発表