

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500062

研究課題名(和文) 環境調和型メディア処理ノードの組み込み実装

研究課題名(英文) Embedded system implementation of ambient media processing engine

研究代表者

尾上 孝雄 (Onoye, Takao)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：60252590

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、空間認識に基づく音声情報の効率的提示手法の確立とその組み込み実装を行った。具体的には、以下に示す項目について研究開発し、それを組み込みシステム化実装することにより統合化を可能とした。1)フレーム補間による空間認識の精度向上、2)距離情報を考慮した人物認識手法の確立、3)空間中物体に対するレイトレーシング音響レンダリング、4)組み込みインタフェース制御LSIの設計に取り組んだ。これらの本研究の成果をアンビエント情報基盤用コグニティブ無線通信システムと結合する形で評価した。この結果、今後の環境調和型メディア処理ノードの実用化が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this research project, an efficient presentation scheme of acoustic information based on 3-D environmental recognition has been developed. Specifically, the following research items are tackled. 1) an improvement of space recognition accuracy by frame interpolation, 2) a human object recognition scheme utilizing distance information, 3) a ray-tracing based acoustic information rendering scheme, and 4) a VLSI design of embedded interface controller LSI. By integrating these hardware IPs with an ambient cognitive wireless communication platform, we can enable a practical implementation of an environment-friendly media processing node.

研究分野：組み込みシステムアーキテクチャ・実装

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：システムオンチップ 計算機システム 情報通信工学

1. 研究開始当初の背景

我が国は2007年に65歳以上の人口比率が21%を超える超高齢社会に突入した。このような社会環境において、ICTを使いこなせる人と使いこなせない人の間の情報格差、いわゆるデジタル・デバイドは益々深刻化している。ユーザ自らが能動的に計算機ネットワークに接続しさまざまな情報を得るユビキタス環境では、ユーザが働きかけなければ沈黙したままであり、このような情報格差を助長する傾向にある。これに対し、ポストユビキタス環境として注目されているアンビエント情報環境では、ユーザが機械を操作せずとも、生活空間に溶け込んだ情報技術が自然な形でサービスを提供し、ICTに慣れ親しまない高齢者や幼児でもその恩恵を享受できるようになる。

2. 研究の目的

アンビエント情報環境においては、空間内で多数の人と多数の環境デバイスがインタラクションを起こすため、基盤技術確立の鍵はデータの取得や提示の効率化にあると考えられる。特に、ある空間内に複数人が混在する場合、空間内に存在する物体を認識し、提示対象者の位置を把握したうえでそれぞれの対象者に適した情報提示を行う必要がある。また、空間認識から情報提示を行うノードが各所に配置されることによってはじめて、機能的な情報環境が構築できるため、小型、省電力、低コストで実現した環境調和型メディア処理ノードの開発が必要不可欠であるといえる。そこで本研究では

- (1) 複眼光学系による空間認識とその高画質化
  - (2) 人物位置認識の高精度化
  - (3) 空間状況適応型音響レンダリング
  - (4) 組込みシステム化実装
- について検討する。

3. 研究の方法

下記の方法で研究を実施した。

- ・フレーム補間による空間認識の精度向上  
複眼光学系の空間認識に対し、対象が動画像であるため、時系列に変化する画像内のオブジェクトで領域分割しながら実行する特徴点抽出に基づくフレーム補間を適用することにより、より高い精度の距離情報を得ることが可能となる。また、本処理はフレームメモリに対するアクセスが大部分を占めるため、効率の良いメモリアクセス機構とそのVLSIアーキテクチャを構築する。
- ・距離情報を考慮した人物認識手法の確立  
人物認識では、共起輝度勾配ヒストグラム(CoHOG)特徴ベクトルに対してマルコフ連鎖モンテカルロ法を適用すれば、サンプリング数を削減することができるが、前述の距離情報を利用すれば、背景に相当する領域を前処理で取除くことが可能となる。また、GPUを用いることで高速化をはかる。
- ・空間中物体に対するレイトレーシング音響

レンダリング

レイトレーシングを音響分野で用いるために、解析的二次音源モデルを用いて音響レンダリングを行う手法を応用する。距離付き空間画像において、提示対象者と物体の相対位置から、音響効果を得るために重要となる物体のモデルに対して本手法を適用し、提示対象者に特化した音声提示を確立する。

- ・組込みシステム化実装と評価  
本研究で得られた成果を統合し、センサノード制御用組込みプロセッサと集積化することにより、環境調和型メディア処理ノードの組込みシステム化を進める。実環境でも十分な性能を達成できることを確認する。また、アンビエント情報社会基盤のプラットフォームをテストベッドとして、提案手法の更なる改善に向けた実験を行う。

4. 研究成果

まず、光学系センサ素子を利用し、空間内に存在する物体の距離分布を取得した後に、人物認識により提示対象者の位置を把握するための研究を遂行した。

空間認識の精度向上を目指して、動き検出履歴とコスト最適化に基づくデインタレース手法とそのハードウェア実装を行うことにより、従来のフレーム補間よりも高精度な補間をリアルタイム実行するための方策について模索した。具体的には、STIM (spatio-temporal inpainting method) と呼ばれる手法をベースとし、コスト最適化に基づくライン補間手法にコスト最適化の際の制約を追加することで補間結果の画質を改善するデインタレース手法を提案した。この結果テスト動画像で平均1.9dBの画質改善が得られた。また、0.13umテクノロジーでの実装の結果、388kゲート、内部SRAMが829kbitでHDTV動画像を処理可能となっている。

次に、人物認識処理自体の高性能化に取り組んだ。人物認識では、共起輝度勾配ヒストグラム(CoHOG)特徴ベクトルを用いたマッチングに、マルコフ連鎖モンテカルロ法を適用すれば、サンプリング数を削減することができる。さらに、画像の構成要素情報を利用することにより、背景に相当する領域を前処理で取除くことが可能となる。

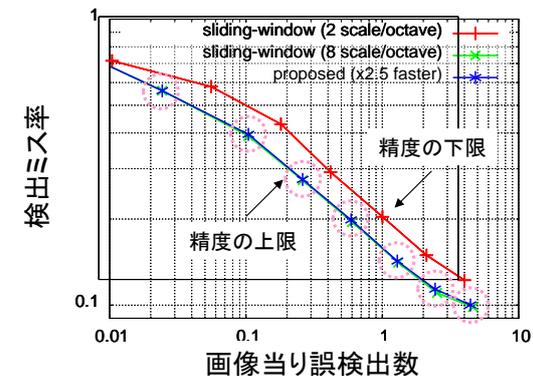


図1: 確率的サンプリング適用の効果

これまでの研究で CoHOG に対するマルコフ連鎖モンテカルロ法の適用では、GPU を用いることで 20 倍以上高速化を達成できることが判っていたが、本物体認識処理のアルゴリズムを改良することにより更に 2.5 倍程度の高速化がはかれることが判った。図 1 は、確率的サンプリングを適用の効果を示している。

次に、物体認識アルゴリズムの実装、レイトレーシング音響レンダリングの実装、ならびにインタフェース制御 LSI の設計を進めた。物体認識アルゴリズムの実装については、CoHOG に確率的サンプリングを導入することにより、アルゴリズムが従来持つ高い精度を保ったままで、約 2.5 倍の高速化を達成できることを示した。レイトレーシング音響レンダリングについては、音響レンダリングをレイトレーシングに利用する際に必要となる回折の考慮を可能とした。具体的には、解析的二次音源モデルを用いてレイトレーシングの枠組みを崩さずに音響レンダリングを行う手法について検討を進め、OptiX GPU 実装を工夫することにより空間中の物体数が増大した場合にでも、効果を落とすことなく実時間処理を達成できるようにした。図 2 は、解析的二次音源モデルの正確な回折場推定を、図 3 は、解析精度と処理時間の関係をそれぞれ示している。

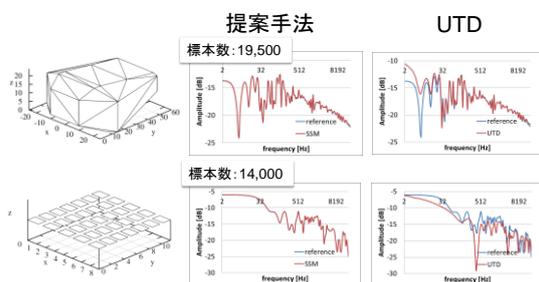


図 2: 回折場推定精度の比較

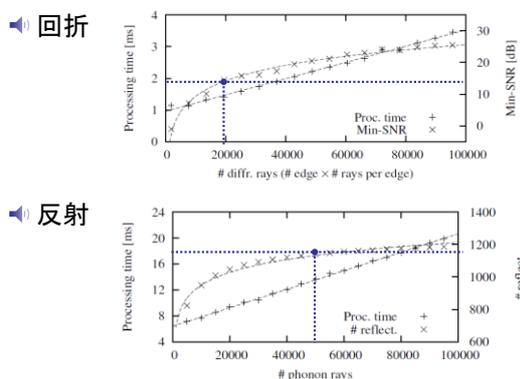


図 3: 解析精度と処理時間

インタフェース制御 LSI の設計については、粗粒度再構成可能論理に細粒度性も導入することで、メモリインタフェースや外部インタフェース、組み込みプロセッサとのインタフェースを司る LSI を組み込みシステムとして実装することを確認した。LSI 実装とその評価

環境を構築することで、環境調和型メディア処理ノードが所望の機能を実現できることを確認した。

主にフレーム補間用 HW-IP、高速人物認識用 SW-IP/HW-IP、ならびに音響レンダリング用 GPUSW-IP を、高性能組み込みプラットフォーム上に集積した。これにより、環境調和型メディア処理ノードの実現が可能となっている。インタフェース制御 LSI については、粗粒度再構成可能論理に細粒度性を組み合わせた新しいアーキテクチャを導入することで、専用 IP をより高度にかつ効率良く利用できるシステム実装が可能なることを確認した。

また、本研究の成果をアンビエント情報基盤用コグニティブ無線通信システムと結合する形で評価し、GPU による実装を経て当該無線通信システムに要求される性能や機能性についても検討した。この結果、当該無線通信システムのスペクトルセンシングに関する新手法を確立することができた。上記ハードウェア IP の一部は、本学の成果を応用する形で産学連携ベンチャー会社により FPGA 化ならびに SoC 実装を進めており、今後環境調和型メディア処理ノードの実用化が期待できる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① M. Okada, T. Onoye, and W. Kobayashi: "A Ray Tracing Simulation of Sound Diffraction Based on the Analytic Secondary Source Model," *IEEE Trans. Audio, Speech, and Language Processing*, 査読有, vol. 20, 2012, pp. 2448-2460. DOI: 10.1109/TASL.2012.2203809
- ② 劉載勳, 宮本龍介, 尾上孝雄: "CoHOG 特徴を用いた歩行者検出の確率的サンプリングに基づく高速化," *画像電子学会誌*, 査読有, vol. 42, 2013, pp. 30-40.
- ③ J. Yu, R. Miyamoto, and T. Onoye: "A Speed-Up Scheme Based on Multiple-Instance Pruning for Pedestrian Detection Using a Support Vector Machine," *IEEE Trans. Image Processing*, 査読有, vol. 22, 2013, pp. 4752-4761. DOI: 10.1109/TIP.2013.2277823

[学会発表] (計 9 件)

- ① J. Yu, R. Miyamoto, T. Onoye, H. Sugano, and Y. Nakamura: "Pedestrian Localization Using CoHOG-based Detection and HSV-based Tracking," *International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*, 2012.
- ② Y. Iwasaki, M. Hatanaka, and T. Onoye: "Performance Improvement of Channel Estimation for OFDM Baseband

Transceiver with Subcarrier Selection,” The 1<sup>st</sup> Asian Conference on Information Systems, 2012.

- ③ H. Konoura, D. Alnajjar, Y. Mitsuyama, H. Ochi, T. Imagawa, S. Noda, K. Wakabayashi, M. Hashimoto, and T. Onoye: “Mixed-grained reconfigurable architecture supporting flexible reliability and C-based design,” Int’l Conf on ReConFigurable Computing and FPGAs, 2013.

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：識別装置、データ判別装置、ソフトカスケード識別器を構成する方法、データの識別方法、および、プログラム

発明者：尾上孝雄、宮本龍介、劉載勳

権利者：大阪大学

種類：特許

番号：2013-021863

出願年月日：2013年2月7日

国内外の別：国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尾上 孝雄 (ONOYE, Takao)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：60252590

### (2) 研究分担者

畠中 理英 (HATANAKA, Masahide)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教

研究者番号：70346188