

平成 21 年 5 月 8 日現在

研究種目：若手研究 (A)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18680016
 研究課題名 (和文) ユビキタス情報環境と相互作用する高速ビジョンネットワークの研究
 研究課題名 (英文) High-Speed Vision Networks interacting with Ubiquitous Computing Environments
 研究代表者 鏡 慎吾 (KAGAMI SHINGO)
 東北大学・大学院情報科学研究科・准教授
 研究者番号：90361542

研究成果の概要：汎用的な IP ネットワークを用いて毎秒 1000 フレームの視覚情報を配信するビジョンシステムの開発を行うとともに、ユビキタス化された情報環境におけるさまざまな情報機器とビジョンシステムが相互作用する応用システムの開発を行うことを目指し、高負荷なネットワークを経由したビジュアルフィードバックを実現するビジョンシステム、照明光を介して同期するビジョンシステム、高速プロジェクタ・カメラシステムによる対象追跡システム、加速度センサとビジョンセンサの協調による人物検出・追跡システム等の開発を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2007 年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2008 年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
年度			
年度			
総計	20,700,000	6,210,000	26,910,000

研究分野：センサ情報処理工学

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：画像処理，センサネットワーク，加速度センサ，高速ビジョン

1. 研究開始当初の背景

毎秒 1000 フレームを超える高速なリアルタイムビジョンシステムが開発され、特にロボット制御などの分野においてその有効性に対する認識が広まりつつある。一方でその利用は、カメラと計算機、アクチュエータ、あるいはカメラどうし等のシステム要素間が密結合された構成でなされるのがほとんどであり、疎結合なネットワーク環境での利用や、日常環境での利用などの必ずしもハード

リアルタイムでない条件での応用は十分に検討されているとはいえなかった。

2. 研究の目的

以上のような背景を踏まえ、本研究では、汎用的な IP ネットワークを用いて毎秒 1000 フレームの視覚情報を配信するビジョンシステムの開発を行うとともに、ユビキタス化された情報環境におけるさまざまな情報機器とビジョンシステムが相互作用する応用シ

システムの開発を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 汎用的な IP ネットワークを用いたネットワークビジョンシステムを実現するため、研究代表者らがこれまで開発を続けてきた高速ビジョンシステム VCS-IV をベースとして、ネットワークプロトコル処理および画像特徴送受信機能を実装したユニットの開発を行った。また、画像処理を行う FPGA とイメージセンサや外部プロセッサ間の通信に対して統一的なインターフェースを提供するインターフェースモジュールの開発を行った。

(2) 分散した複数のビジョンシステムによって運動する対象を計測する場合、各ビジョンシステムの撮像タイミングを同期させることが重要となる。同期のための専用配線等を排除するため、変調照明を用いた撮像タイミング同期手法の開発を行った。オン・オフ変調された照明の明るさを入力信号として、ビジョンシステムの撮像タイミングを出力信号とした位相同期ループ(PLL)をビジョンシステム内に実現する。PLL の構成要素となるループフィルタ部はビジョンセンサのフォトダイオード部のアナログ動作とソフトウェアとのハイブリッドな構成により実装し、位相検出器、発振器はソフトウェアにより実装した。

(3) 情報機器とビジョンシステムの連携の例として、高速プロジェクタと高速ビジョンとの連携システムの開発を行った。高速ビジョンシステムが得た視覚情報に基づいて高速プロジェクタの投影パターンを制御する毎秒 1000 フレームの視覚フィードバックを実現し、対象の形状や動きに応じた能動的計測を行うシステムの開発を行った。

(4) 情報機器とビジョンシステムの連携の例として、ビジョンと加速度センサの連携システムの開発を行った。最近のモバイルデバイスの多くが加速度センサを搭載するようになったことに着目し、環境に設置された固定カメラにより検出された動き情報と、加速度センサからの信号の相関を計算することにより、両者の対応付けを行うアルゴリズムとシステムの開発を行った。加速度センサの軸の方向は未知であり、また重力加速度を検知してしまうことから、画像上の軌跡から得られた加速度信号に重力加速度を加算することとし、また相関の計算は両ベクトルのベクトル長どうしについて行った。

4. 研究成果

(1) 高負荷なネットワークを介して毎秒 1000 フレームの視覚情報を配信する実験および高速対象追跡への適用実験を行った。開発したネットワーク処理ユニットを導入することでアクチュエータ制御 PC やビジョンセンサなどの端末ホストの処理とは独立してネットワーク処理が実行でき、また、優先度制御を行う Gigabit Ethernet を用いることで負荷トラフィックの影響を最小化する通信が実現できた。提案する構成、優先度制御のない場合、ネットワーク処理ユニットのない場合のそれぞれの通信パケット受信間隔を図 1 に示す。

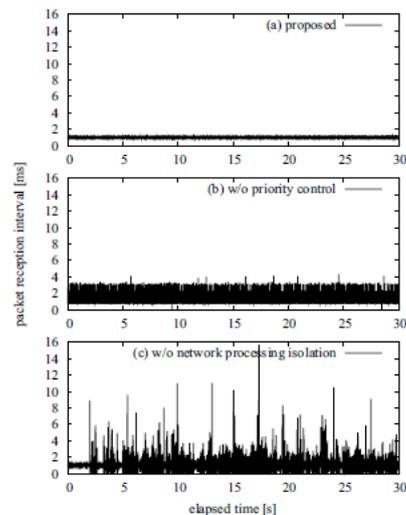


図 1: パケット受信間隔

(2) 500 Hz でオン・オフ変調された LED 光に同期して、毎秒 1000 フレームで高速ビジョンシステム VCS-IV を動作させる実験を行った。適切なフィードバックゲインを設定することで、撮像タイミングが変調照明光に同期されることがわかった。システムの様子を図に、変調光と撮像タイミングの同期の様子を図 2 に示す。

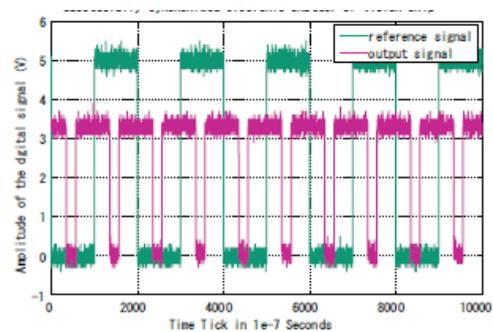


図 2: 照明光と撮像タイミングの同期結果

(3) 具体的な形状特徴抽出・追跡の例として、物体の表面のうちカメラに最も近い点を抽出・追跡する実験を行った。白黒エッジ 3 本で構成されるパターンを、エッジに直交する

方向（左右）に自由にシフトできる投影パターンを用いた。画像上で検出された各エッジにおける視差より局所的な奥行き分布を計測し、最近点を逐次的に探索するようにパターンのシフトを動的に制御する。図3に示すように毎秒 1000 フレームでの追跡が実現できた。

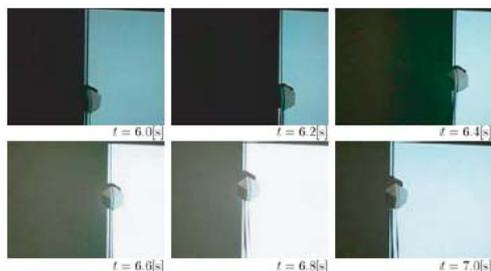


図3: 最近点追跡結果

(4) 3 軸並進加速度センサを手中、ズボンのポケット、カバンの中(固定/非固定)等に入れた状態で自由に、または決められた軌道上を歩行する人をビジョンシステムにより撮影・追跡した。画像上の人物の軌跡と加速度センサとの対応が取れている場合の両者の正規化相互相関の時間変化の例と、その相関ピークを逐次的ベイズ推定により追跡した結果を図4に示す。この相関ピークが一定の時間遅れの点に発生することを対応付けの条件とし、その他統計的な有意性を確認するための条件を補助的に加えることで、手に握られた加速度センサと手の画像追跡結果の対応づけに関してはほぼ 100%、ズボンのポケットに入れられた加速度センサと上着の画像追跡結果の対応づけに関しては 90%以上の認識率を実現した。カバンの中の場合については、カバンの持ち方や歩き方によって認識率に大きなばらつきが見られた。

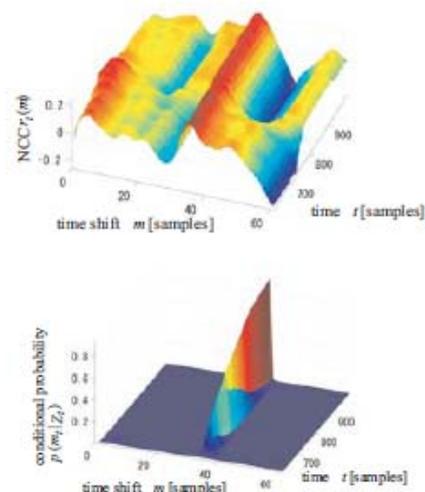


図4: 正規化相互相関の時間変化(上)とそのピーク追跡結果(下)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[学会発表] (計 8 件)

- ① Daisuke Wako, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto: 1,000-fps Visual Feedback Control of an Active Vision System over a High-Load Network, IAPR Conference on Machine Vision Applications 2009 (Yokohama, Japan, 2009.05.20), pp.114-117, 2009. (査読有, accepted)
- ② 鏡 慎吾: 未来の生活を変えるAIPSロボティクス -- 高速リアルタイムビジョンの視点から, 情報処理学会第 71 回全国大会 (滋賀県草津市, 2009.03.12), 2009. (査読無, パネル討論)
- ③ Lei Hou, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto: Illumination-based Real-Time Contactless Synchronization of High-Speed Vision Sensors, 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (Bangkok, Thailand, 2009.02.25) / Proceedings, pp.1750-1755, 2009. (査読有)
- ④ Osamu Shigeta, Shingo Kagami, Koichi Hashimoto: Identifying a Moving Object with an Accelerometer in a Camera View, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (Nice, France, 2008.09.22) / Proceedings, pp.3872-3877, 2008. (査読有)
- ⑤ 鏡 慎吾: 高速プロジェクタ・カメラシステムによる 3 次元画像計測, International Topical Meeting on Information Photonics 2008 プレミエーティング 2007 (兵庫県淡路市, 2007.12.22) / 講演資料集, pp.56-60, 2007. (査読無, 招待講演)
- ⑥ Shingo Kagami, Shoichiro Saito, Takashi Komuro, Masatoshi Ishikawa: A Networked High-Speed Vision System for 1,000-fps Visual Feature Communication, First ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras (Vienna, Austria, 2007.09.26) / Proceedings, pp.95-100, 2007. (査読有)
- ⑦ Tomoyuki Inoue, Shingo Kagami, Joji Takei, Koichi Hashimoto, Kenkichi Yamamoto, Idaku Ishii: High-Speed Visual Tracking of the Nearest Point of an Object Using 1,000-fps Adaptive Pattern Projection, 2007 IEEE International Workshop on Projector-Camera Systems

(Minneapolis, U.S.A., 2007.06.18) /
Proceedings of IEEE CVPR2007, 2007.
(査読有)

- ⑧ 鏡 慎吾: ユビキタス・センサネットワークを支える理論 --センサフュージョンの視点から--, 電子情報通信学会 ユビキタス・センサネットワーク研究会 (東京都千代田区, 2007.05.24) / 電子情報通信学会技術研究報告, USN2007-2, pp.3-7, 2007. (査読無, 招待講演)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称: 視覚センサ同期装置および視覚センサ同期方法

発明者: 鏡 慎吾

権利者: 東北大学

種類: 特許出願

番号: 特願 2008-307855

出願年月日: 2008年12月2日

国内外の別: 国内

名称: 映像表示装置および映像表示方法

発明者: 鏡 慎吾

権利者: 東北大学

種類: 特許出願

番号: 特願 2008-307828

出願年月日: 2008年12月2日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.ic.is.tohoku.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鏡 慎吾 (KAGAMI SHINGO)

東北大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 90361542

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 研究連携者

()

研究者番号: