

ネットワーク型高速ビジョンを用いた対象と環境の双方向認識 (121803013)

Interactive Recognition of Object and Environment Using Networked High-speed Vision

研究代表者

石川正俊 東京大学大学院情報理工学系研究科
Masatoshi Ishikawa The University of Tokyo

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

概要

本研究では、高速ビジョンを搭載した環境や移動体のネットワーク化による双方向情報通信に基づいた実環境の 3 次元情報把握を行い、通信タイミングの制御や処理遅延の無い情報伝送によって、円滑な情報サービスを提供可能な情報プラットフォームの構築を目的とする。その実現のため、高速ビジョンネットワークシステムの開発、構築システムによる対象把握に着手するとともに、その具体例として移動体の衝突回避を実現した。

1. まえがき

近年、セキュリティや自動化交通システムなど、リアルタイムの情報通信を利用した映像情報認識技術の開発が必要とされている。本研究では、双方向情報通信に基づく実環境の 3 次元情報把握を実現するために、(1) 高速ビジョンネットワークによる情報プラットフォームの構築、(2) 環境設置ビジョンによる対象把握を実現し、シームレスな時空間情報の再構成や自由に動く対象 (移動体) の識別・追跡を可能にすると同時に、その応用例として (3) ITS 応用を目指したタスク実現を目指す。

2. 研究開発内容及び成果

2.1 高速ビジョンネットワークによる情報プラットフォームの構築

構築システム (図 1) において、ネットワーク上を流通するデータは RAW 画像データではなく、画像処理後の画像取得時刻のタイムスタンプ、トラッキングターゲットの位置、およびいくつかのフラグのみで、Ethernet の最小フレーム長さの 64 byte 程度である。画素数 640×512 pixels、ビット深度 8 bit の RAW 画像データは 320 kByte となるから、その $1/5000$ 程度の圧縮比となり、ネットワークが破綻せず動作可能である。

高速ビジョン間の時間同期を実施することにより、各ビジョンから得られたデータを時間軸上において整合性の高いデータ統合が可能となる。これにより、従来よりも意味のあるデータを取得でき、以下のフレーム同期の実現も可能にする。PC のタイムスケールは、Precision Time Protocol (PTP) によって同期している。これにより、ターゲットトラッキングを続けながら常時時刻がサブミリ秒以内での時間同期を可能にしている。

フレーム間隔よりも十分小さい誤差でフレーム同期を実現することで、3 次元計測等における計測誤差を時間軸上の内挿補完などの処理をすることなく低減できる。

図 2 にフレーム同期のアルゴリズム概略図を示す。なお、ネットワークシステム上の各高速ビジョンは時間同期が実行されているものとする。マスタ側のシャッターが切られたときのタイムスタンプ t_1 と所望のフレーム間隔 Δt を参照し、スレーブ側に送信する。スレーブ側では、次のシャッタータイミング $t_2 (= t_1 + \Delta t)$ を求め、そのタイミングでシャッターを切る。この時、マスタ側でも t_2 のタイミングでシャッターを切る。これにより、マスタ側・スレーブ側ともに同タイミングでシャッターを切るため、フレーム同期が実現される。ここで、情報送信の遅れがフレーム間隔 Δt より小さいことが提案手法の適用条件であり、条件が満たされれば、本提案手法によりフレーム同期が可

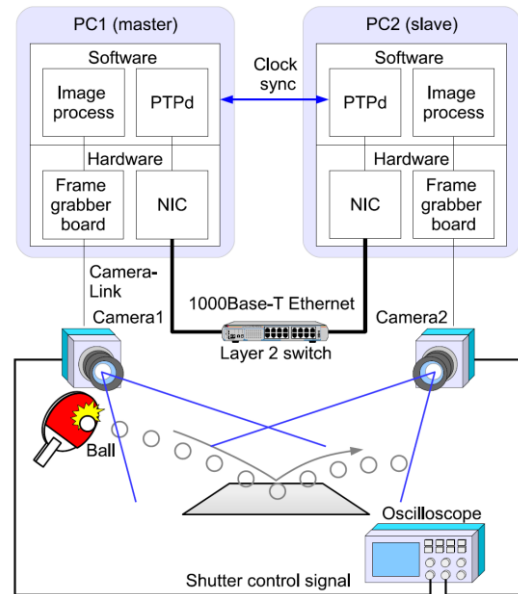


図 1 システム構成

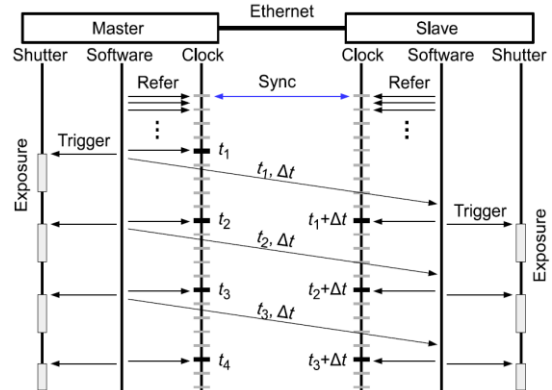


図 2 フレーム同期手法

能となる。

構築システムの基本評価を行った。その結果、タイムスタンプの誤差は $-0.25 \sim 1.5 \mu s$ 以内と十分な精度で時間同期に成功しており、また同タイミングでシャッターのトリガー信号の ON/OFF を取得できていることからフレーム同期にも成功していることを確認している。したがって、構築した高速ビジョンネットワークシステムにおいて、高フレームレートでありながら、高い精度での時間同期およびフレーム同期が実現されており、実用性の高いシステムを構築している。

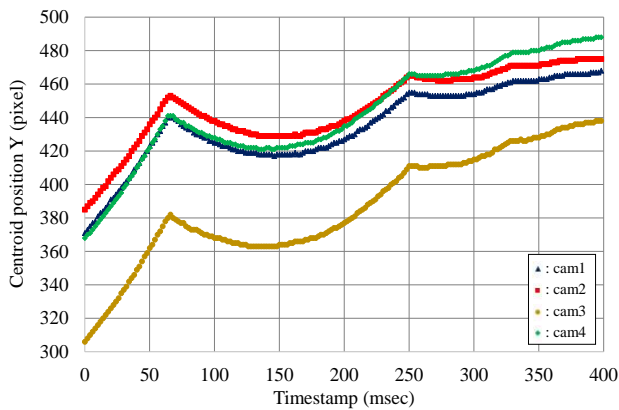


図3 バウンドするボールのトラッキング結果

2.2 環境設置ビジョンによる対象把握

図1に示すセットアップと同様に、4台の高速ビジョンを用いたネットワークシステムを構築し、バウンドするボールの高速トラッキングを実施した。トラッキング手法には、Self Window法を用いた。

実験結果を図3に示す。図3は対象物体の上下方向の運動軌跡のみを示しており、各ビジョンにおいてボールのトラッキングに成功していることが分かる。特に、ボールの運動方向が急激に変化するバウンドにおいても、観測できていることが確認できる。さらに詳しく見ると（本稿ではスペース上、拡大図を省略）、各ビジョンのデータプロットが2ミリ秒毎に行われており、かつバウンドの瞬間も同タイミングであることから、時間同期およびフレーム同期に成功していることも確認できている。

2.3 ITS 応用を目指したタスク実現

上述したシステムと対象把握技術を用いて、高速移動体の衝突回避実験を実施した。移動体は約10 km/h（実サイズでは時速100 kmに相当）で走行し、障害物を避ける際には、車線変更を行うようなアルゴリズムを実装した。高速走行は高速道路で見られ、高速道路での車線変更を模擬した衝突回避実験として考えられる。ITS分野では高速道路の安全運転も大きな課題として挙げられており、本実験はその一端を担うものと考えられる。

障害物回避実験の結果を図4に示す。高速ビジョンネットワークシステム（600 fps）を用いることにより、衝突せずに障害物を回避していることが確認できた。低速ビジョンネットワークシステム（30 fps）の場合には衝突することを確認しており、本システムの有効性が示されている。さらに、物理シミュレーションにおいても、本システムの有効性を確認している。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究で実現された基盤技術は、ネットワークを通じて大規模に展開する高度知能化システムへの道筋をつけるものであり、日常環境での安全かつ柔軟な運用が必要な分野で応用が見込まれる。また、高速高精度のセンシングに限らず、そのセンサ情報を基にした制御性能の向上も期待され、例えばセキュリティ、ITS等が考えられる。

セキュリティでは、オクルージョンを排除した上で、人間がどこに移動しても、完全な追跡と行動把握が可能となる。特に、緊急時には広視野から注視野へと遷移させることで、詳細な画像取得・認識が可能となり、監視体制の向上が見込める。さらに、システム上でイベントトリガを用いることで、撮影および動画保存モードに切り替え可能となり、データ保存を最小限に抑えられる。

ITSでは、経路計画や制御アルゴリズムを追加すること

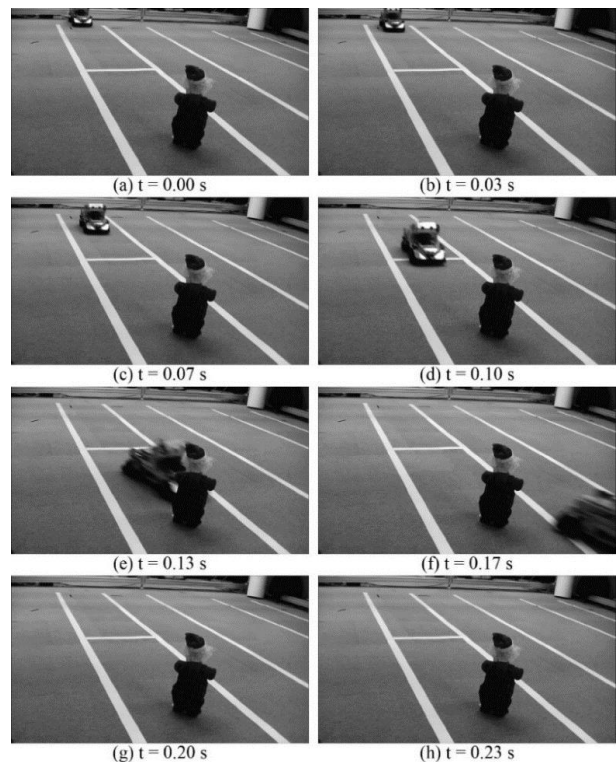


図4 高速移動体の衝突回避の実験結果

により、路車間、車車間等のネットワークによる自動運転や運転支援が可能になると考えられる。また、高速ビジョンを用いているため、msオーダーでの状況認識（移動体の移動量はmmオーダー）が可能であり、交通事故の減少が期待される。

その他にも、高速ロボットの制御やロボットルームへの応用など提案システムが必要となる場面は多く、広範における様々な応用例が考えられ、本研究課題において開発された技術の波及効果は多大であると考えられる。

4. むすび

本研究では、(1) 高速ビジョンネットワークによる情報プラットフォームの構築、(2) 環境設置ビジョンによる対象把握に対して、手法・アルゴリズムを提案し、システム内の時間同期・フレーム同期を実現するとともに、動的物体の対象把握を実現した。さらに、システムの具体的な応用例として(3) ITS応用を目指したタスク実現を目指し、実際に高速移動体の衝突回避を実現した。

【誌上発表リスト】

- [1] Masahiro Hirano, Akihito Noda, Yuji Yamakawa and Masatoshi Ishikawa, "Collision avoidance of Intelligent Vehicle based on Networked High-speed Vision System", 11th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (2014年9月1日)
- [2] Akihito Noda, Yuji Yamakawa and Masatoshi Ishikawa, "Frame Synchronization for Networked High-Speed Vision Systems", IEEE SENSORS 2014 (2014年11月3日)
- [3] Akihito Noda, Yuji Yamakawa and Masatoshi Ishikawa, "Target Tracking Behind Occlusions Using a Networked High-Speed Vision System", IEEE SENSORS 2014 (2014年11月5日)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.k2.t.u-tokyo.ac.jp/fusion/index-j.html>