FPGA を用いたスマートビジョンプラットフォームの開発

Development of the smart vision platform using FPGA

○学 栗原 慧 (芝浦工大) 正 水川 真 (芝浦工大)
正 安藤 吉伸 (芝浦工大)

Akira KURIHARA, Shibaura Inst.Tech.
Makoto MIZUKAWA, Shibaura Inst.Tech.
Ando YOSHINOBU, Shibaura Inst.Tech.

Abstract: The PAS (Physical Agent System) is the remotely controlled autonomous robot. The PAS consists of an autonomous mobile robot subsystem (PAR: Physical Agent Robot), operation subsystem.

In this paper, I propose smart vision platform and the hardware compensation method of camera image, using FPGA for PAS. The smart vision platform consist of FPGA, multiple cellular phone CMOS camera and embedded Linux.

Key Words: FPGA, Vision, PAS(Physical Agent System)

1. はじめに

今日、遠隔地間の通信手段は、電話やインターネットなどに見られるような、音声や文字情報のやり取りを行うものが中心である。しかし、それらの方法だけでは遠隔地との空間情報の共有や、協調作業を行う上で、意思の疎通が困難であると言える。そこで我々は、遠隔地間の空間情報を共有し、人間とロボットの協調作業を支援する遠隔操作ロボットシステムを開発している。

2. PAS の概要

本研究室では人間とロボットの協調作業を行うことを目的として、物理エージェントシステム (PAS: Physical Agent System)^[1]を提案し、研究開発に取り組んでいる。PAS は、遠隔操作可能なロボットを人間の代理とし、様々な物理的サービスを提供するエージェントとして用いる RT システムである。PAS の概要を Fig.1 に示す。

3. スマートビジョンプラットフォーム

遠隔操作ロボットシステムにおいて、より多くの遠隔地の情報を獲得することが可能となれば操作者にとって大きな助けとなる。限られた画像情報から状況を把握することは困難であり、画像情報の拡充が求められている。しかしながら、遠隔操作ロボットは予期せぬ障害に対処可能な高い走破性能が求められるため、センサのための設置空間を十分に確保することは難しく、大型なカメラシステムを増設することは困難である。

そこで、これらの問題点を解決するために小型で設置自由度が高い複数カメラビジョンシステムを提案してきた。このビジョンシステムはFPGAと複数のCMOSカメラから構成される小型かつ組み込み可能なシステムである。スマートビジョンプラットフォームはこれを拡張し、大容量の画像データを効率よく送信する仕組みに加え、入出力インタフェースを増やすことで、ビジョンシステムとしての汎用性を高めるものである。

4. 目的と完成時の効果

本研究では、高速並列処理が可能なハードウェアであるFPGAに画像処理及び、データ用の各種インタフェースを実装し、複数のCMOSカメラと信号処理を行うことが可能なス

Fig. 1 Outline of Physical Agent System

Fig. 2 Outline of smart vision platform

スマートビジョンプラットフォームを開発する。

様々なプロトコル、ネットワークに柔軟に対応し、既存デバイスのコンポーネント化を行うためのFPGA用IPコアを設計する。

スマートビジョンプラットフォームは画像データの伝送方法に重点を置いたシステムであり、ロボットビジョンシステムの開発者は、プラットフォーム上で自由に画像処理回路を

組み替えることで、各々のロボットに最適なビジョン環境を構築することが可能である。

本稿では、スマートビジョンプラットフォームにおけるハードウェア構成、IP コアモジュール、Daisy chain (数珠繋ぎ) について述べる。研究の概念を Fig.2 に示す。

5. ハードウェア構成

システムの中核に、AVNET 社の Spartan-3 Mini-Module を用いる。Spartan-3 Mini-Module は Xilinx 社の Spartan-3 が搭載された FPGA ボードであり、小型ながら豊富な I/O ピンを持ち、ボードの外にも自由な拡張を行うことが可能である。

スマートビジョンプラットフォームを構成する各ユニットにはカメラ、Daisy chain, VGA, Ethernet のインタフェースが搭載されている。カメラ、Daisy chain のインタフェースは、ハード、ソフト共に物理層レベルで共通なため、カメラの接続位置を限定すること無く、フレキシブルに組み替えることが可能な点も特徴の一つである。

Spartan-3 Mini-Module を含むハードウェアユニットを Fig.3 に示す。

6. IP コアモジュール

近年の HDL 設計では、過去に設計された知的財産(IP: Intellectual Property)の利用が設計効率向上のために行われている。このように IP コアを利用することで、知的財産の保護、設計資産の再利用が可能となる。そこで、本研究では 4 つの IP コアモジュールを開発した。

- ・ カメラキャプチャコア
- ・ SRAM コア
- ・ VGA コア
- ・ Daisy chain コア

これらの IP コアによって、CMOS カメラからの画像取得、メモリへの保存、VGA モニタへの表示を行うことが可能となった。また、本研究の要素技術でもある Daisy chain コアによって、画像データを効率良く次段のユニットへ送信することが可能であることも示した。Daisy chain に関しては次節で詳しく述べる。

7. Daisy chain

スマートビジョンプラットフォームの各ユニット間の信号伝送方法として Daisy chain を採用した。カメラから送られてくる 320*240 サイズの時系列データを FPGA で一旦処理し、Daisy chain を介して次段のユニットへ伝送する(Fig.4 参照)。次段への伝送の際、フレームサイズを 640*480 サイズで固定して送ることで、ユニットが増えても画像データが増大すること無く、常に同サイズのデータを安定して送ることができる。各ユニットの FPGA では、画像処理した結果のみ送ることで、処理による遅延の蓄積が少ない。

Daisy chain による実証実験の様子を Fig.5 に示す。

8. まとめ

本研究では、遠隔操作ロボットに搭載するビジョンシステムとして、スマートビジョンプラットフォームを提案した。

プラットフォームのユニットには、CMOS カメラと FPGA を採用し、4 種類の IP コアモジュールの開発、さらに Daisy chain を用いたことで、小型かつ組込み可能なシステムを実現

Fig. 3 The hardware of smart vision platform

Fig. 4 Outline of daisy chain

Fig. 5 Daisy chain experiment

した。また、実証実験を行うことで汎用性の確認も行った。

今後の展望として、本システムを PAS における他の画像処理系と統合することが考えられる。FPGA を用いた本システムへ統合することで、PAS における画像処理系の高速化、小型化が可能であると言える。

・参考文献

- [1] 水川真, 松原安彦, 安藤占伸, 平岩明, 町野保: 物理エージェント (PAS) を用いた、遠隔地間人間協調系の基本検討, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会講演論文集, pp.125-126(2000)
- [2] 尾曲大輔, 水川真, 安藤占伸: FPGA を用いたアフィン変換プロセッサの開発, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会講演論文集(2003)
- [3] 見延壮希, 田所諭: レスキューロボットによる組込み複眼ビジョンシステムの実装, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会講演論文集(2005)