

画像認識に基づく自動走行制御システムの HW/SW 協調設計による高効率実装

1200086 田中 知成 (集積システム研究室)

(指導教員 密山 幸男 准教授)

1 はじめに

自動運転システムの普及のためには、低消費電力かつ低コストで高性能なシステムの実現が求められる。これらの要求に対して、本研究では HW/SW 協調設計による自動走行制御システムの有用性を示すことを目的とする。低コストな実装のために、2 台のカメラと 1 枚のプログラマブル SoC 搭載ボードを使用して実装を行う。プログラマブル SoC は組込みプロセッサ、プログラマブルロジックの両方を搭載しており、組込みプロセッサ-プログラマブルロジック間は複数インターフェースが用意されている。自動走行制御システムの高性能化と設計効率化を満足する高効率実装のため、次の指針により研究を進める。複雑な処理、仕様変更の多い処理は組込みプロセッサで実現し、演算量が多く、高速処理が求められる処理をプログラマブルロジックで実現する。

2 HW/SW 協調設計

提案する自動走行制御システムでは、プログラマブル SoC として、Xilinx 社 Zynq-7000(XC7Z020) を採用した。以降、Zynq 上の組込みプロセッサを PS(processing system)、プログラマブルロジックを PL(programmable logic) として表現する。図 1 に Zynq 上における提案システムのブロック図を示す。カメラとして、1 台は PL に入力される MIPI 接続 CMOS イメージセンサを使用し、もう 1 台は PS に入力される USB 接続 web カメラを使用する。

また、走行制御は次の 3 つのいずれかに基づくモータ制御によって行う。1 つ目は CMOS イメージセンサの画像を使用した PL ベース車道外側線検出である。これはリアルタイム処理が要求されるため、PS を介さず全ての処理を PL 上で行う。2 つ目は web カメラによる広範囲の画像を使用した PS ベース車道外側線検出である。3 つ目は web カメラによる広範囲の画像を使用した自己位置推定のための車体角度推定である。これら 3 つの処理による走行制御は、全てモータ制御モジュールを介して行う。この構造により、3 つのうち状況に適した走行制御を行うことが可能である。

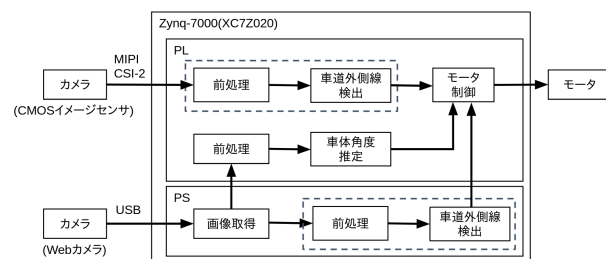


図 1 提案システムのブロック図

3 車道外側線検出

2 章で述べた PL ベース車道外側線検出は、走行中は、常に車道外側線を検出し続けることを目的としている。このため、パイプライン処理に基づいた HW 実装により、処理の高速化を行った。車道外側線検出は次の 2 ステップで行う。まず、前処理として、取得画像に canny 法と 2 値化を施す。次に、これら 2 つの画像を重ねあわせて車道外側線

を検出する。高位合成ツール Vivado HLS を用いて、これら 2 つの処理の HW 実装を行った。1 クロック 1 ピクセルの処理を行う構成 [1] を採用し、パイプライン化を実現した。これにより、PS ベースの車道外側線検出処理に対し、約 130 倍の高速化を達成した。

表 1 処理時間の比較

	画像サイズ	前処理	前処理 + 車道外側線検出
PS	640×480	293 ms	356 ms
PL	1280×720	6.25 ms	8.23 ms

4 走行テスト

提案する自動走行制御システムの有用性を示すため、ロボットカーを用いた実機評価を行った。ロボットカーの制作、走行評価は FPT2019 Design Competition[2] のレギュレーションに基づいて行った。車道外側線が連続した道路で PL ベースの車道外側線検出及び PS ベースの車道外側線検出に基づくレーンキープ制御により、道路からはみ出さず走行できることを確認した。また、広範囲の画像による PS ベースの車道外側線検出処理について、PL ベースの車道外側線検出処理よりも広範囲で車道外側線を検出し、走行できることを確認した。

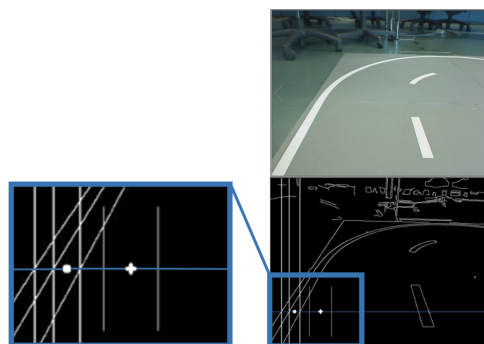


図 2 車道外側線検出

5 結論

本研究では、プログラマブル SoC を用いた HW/SW 協調設計により、開発の効率化を図りつつ、高性能な自動走行制御システムを実現した。車道外側線検出によるレーンキープ制御については、HW 実装することにより、プロセッシングシステム上での処理に対して約 130 倍の高速化を達成した。FPT2019 Design Competition[2] のレギュレーションに基づいて、ロボットカーによる走行テストを行い、PL ベースの車道外側線検出、PS ベースの車道外側線検出により、道路をはみ出すことなく走行できることを確認した。

参考文献

- [1] A. Yamawaki and S. Serikawa, "A Describing Method of an Image Processing Software in C for a High-Level Synthesis Considering a Function Chaining", IEICE Trans. Inf. & Syst., Vol.E101 D, No.2, pp.324-334, Feb.2018.
- [2] FPT2019 FPGA Design Competition, http://fpt19.tju.edu.cn/Contest/FPT2019_FPGA_Design_Competition.htm, 2019.