

カメラと SoCFPGA を用いたハードウェアとソフトウェアの協調処理による画像
処理とサッカーロボットコントロールの高速化

1230014 家永 拓実 (Soft Intelligent System on Chip 研究室)

(指導教員 星野 孝総 准教授)

1. はじめに

本研究では、SoCFPGA を用いてハードウェアとソフトウェアの協調処理により、高速な演算を行うことでリアルタイム性の確保を目指す。また、SoCFPGA は、CPU やペリフェラルをハード IP として 1 チップに集積しており、CPU と FPGA を別々に組み合わせて構成するのに比べて消費電力を抑えることができる。カメラの映像からサッカーロボットのコントロールを行い、カメラデバイスを用いる OV7670 実験と USB カメラを用いる C270 実験とでの比較実験により検証を行う。

2. 協調処理の設計

本研究では、協調処理のための設計として、カメラデータの読み込みをハードウェアに行わせることで高速化を図る。NIOS CPU が DMA Controller へ転送容量、転送元アドレス、転送先アドレスを命令しておくことで、DMA Controller は転送が終わるまで動作を続ける。ARM CPU の動作を必要とせず、指定したメモリのアドレスを書き換えることでカメラデータの更新が行われる。OV7670 実験の概要を図 1 に示す。OV7670 からカメラデータの読み込みをハードウェアで行うことで、ARM CPU の負担を減らすことができる。

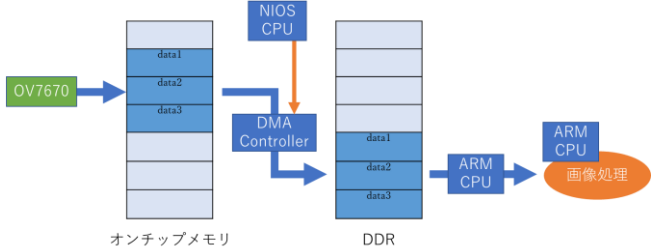


図 1 OV7670 実験の概要

2.1 DMA 転送

Camera Controller IP を設計し、16bit のカメラデータ、ライン番号、ピクセル番号、制御信号を生成する。Camera Controller IP では、ダブルラインバッファ方式で OpenCV に合わせた 16bit のカメラデータに成形されたデータの、読み出しと書き込みを行う。ダブルラインバッファ方式により、DMA 転送の際に書き込み速度に縛られず動作を行うことができる。DMA 転送ではラインバッファから 8 フレーム分のリングバッファに転送するように設計している。ここでは、メモリの先頭アドレスから、目的のフレームとライン番号のオフセットサイズを計算し加算することで転送先アドレスとしている。これをカメラ信号に同期した割り込み処理を行うことで、リアルタイム転送を実現している。

3. サッカーロボットのコントロール

本研究で用いた DE1-SoC は Cyclone V SoC を搭載しており、HPS 部に ARM や DDR3 SDRAM などを搭載しているため、FPGA と独立して LinuxOS を起動することができる。これにより、画像処理などができるオープンソースライブラリである OpenCV を使うことができる。mmap によって HPS 側のソフトウェアがアクセスできるように仮想アドレスにマップし、最終的な制御値を GPIO に出力する。

3.1 画像処理

OpenCV を用いて画像処理を行う。RGB 色空間から HSV 色空間に変換し、閾値を設定することで 2 値化処理を行う。ノイズにより要素数が増えることで処理数が増えてしまうため、オープニング処理とクロージング処理によってノイズ除去を行う。ConnectedComponentsWithStats 関数では、重心座標と面

積値を求めることができる。これにより、サッカーロボット、サッカーロボットの背の両支柱、ボールの抽出を行っている。

3.2 制御計算

ラベリングによって得られた面積を比較し、ノイズと抽出対象を区別する。その後、抽出対象の重心座標を取得する。サッカーロボットの背の両支柱の重心座標をもとに、図 2 に示すように仮想点を決定する。前と左右の仮想点とボールとの距離によって前進、左回転、右回転のいずれかを決定する。

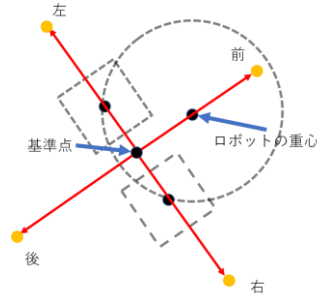


図 2 サッカーロボットの仮想点

4. 実験結果

1 ループにかかる処理時間を clock 関数によって計測した。clock 関数は、処理にかかった総クロック数をカウントし、ARM Cortex-A9 のクロック周波数 1GHz で割ることによって処理時間を求める。20 回の計測の平均を表 1 に示す。

表 1 処理時間の平均

	処理時間[ms]
OV7670 実験	237
C270 実験	1554

表 1 から、DMA 転送を用いた OV7670 実験の方が 6.6 倍速くなっていることが分かる。また、図 3 に示す計 12 か所からの到達時間の計測も行い、全てにおいて OV7670 実験の方が速くなることを確認した。最大で 7.5 倍、最小で 3.7 倍の違いがみられた。



図 3 到達時間測定でのサッカーロボットの向きと位置

5. おわりに

本研究では、ハードウェアとソフトウェアの協調設計で画像処理によるサッカーロボットコントロールの高速化を行った。時間比較の結果より、DMA 転送を用いた OV7670 実験の方が DMA 転送を用いなかった C270 実験よりも 6.6 倍程度速くなっており、ハードウェアとソフトウェアによる協調処理の有用性が示された。実際のロボットなどはさらに高度な計算や処理数が必要であることが考えられる。そのため、本研究では OpenCV によって行っている画像処理を、FPGA に並列処理行わせることでさらにソフトウェアでの計算量を減らすことなどが可能と思われる。