

GPU上のフィルタバンク再構成のためのJITコンパイラシステム

A Just In Time Compiler System for Reconfigurable Filter Banks Implemented in a GPU

依田 融
Akira Yoda

井口 幸洋
Yukihiro Iguchi

明治大学 理工学部 情報科学科
Department of Computer Science, Meiji University

1 はじめに

突発的大振幅信号に重畳した小振幅高周波雑音の除去を目的とした ϵ -分離型非線形フィルタが提案されている。これを複数組合せたフィルタバンクは、顔画像美肌化に応用できる [3]。我々は、GPU上で ϵ -フィルタバンクを構成し、640×480の動画像に対して、リアルタイムで美肌処理を行った [1]。本稿では、実行時に最適化コードを生成し、より高解像度の動画像に適用できることを示す。

2 GPUを用いた美肌化システム

図1に美肌化システムの概要を示す。動画像を ϵ -フィルタバンクによってリアルタイムで美肌処理を行う。入力、USBカメラ及び動画像ファイルである。GPUは、ユーザ定義のフィルタバンクに従って入力動画像を処理する。フィルタバンクの定義には、FDL (Filter Description Language)[1]を用いる。FDLを動的にコンパイルできるJIT (Just In Time) コンパイラシステムを導入する。これにより、実行時にGPU上のフィルタバンクを再構成できる。そのため、試行錯誤的にフィルタバンクの構造やパラメータを変更でき、ユーザが望む美肌化を行える。動画像のフレームレートは30FPSとし、GPUはGeForce GTX285Mを用いる。処理結果はRGBディスプレイに表示する。

3 FDLのJITコンパイラシステム

図2にフィルタバンクの記述から、GPUによる実行までの処理過程を示す。FDLコードや入力動画像のサイズを変更すると、本コンパイラシステムはGPU向けのバイナリコードを生成する。まず、FDLコードをPTX (Parallel Thread eXecution) コードに変換する。PTXコードが得られれば、CUDAドライバAPIのJITコンパイラで、バイナリコードが得られる [2]。本稿では、FDLコードからPTXコードへのコンパイラを提案する。本コンパイラは、実行時に得られるパラメータを定数としてPTXコードに組み込み、高速化を行う。つまり、フィルタバンクのそれぞれのフィルタ処理では、計算ループにおいてアンロールを行う。また、入力動画像のサイズから予めアドレスの計算の一部を行う。この手法により、窓サイズが33×33の ϵ -フィルタにおいて、定数化しない方法と比べて約3.47倍高速化できた。

図3にFDLコードの例と、対応するフィルタバンク及びカーネルの構成を示す。func_input及びfunc_outputは、RGB色空間で表されたピクセルをchar↔floatで変換する定義済みのカーネルである。func_nは、ユーザがFDLで定義したフィルタバンクを表すカーネルである。フィルタ処理は、複数のピクセルの値を使うため、処理の前に同期をとる必要がある。そこで、フィルタ処理ごとにFDLコードを分割し、それぞれにカーネルを割り当てて実行することでビデオメモリの同期を行う。このとき、以下の手法を用いることでビデオメモリへのアクセスを減らす。

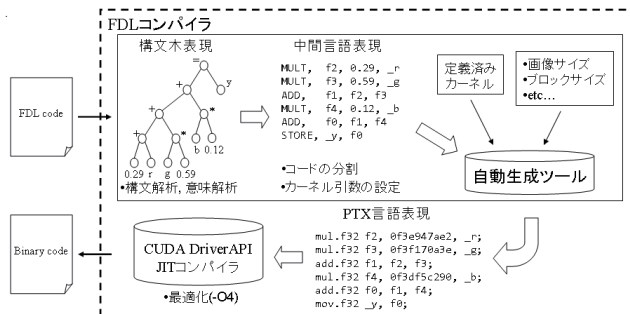


図2 FDLのJITコンパイラシステム

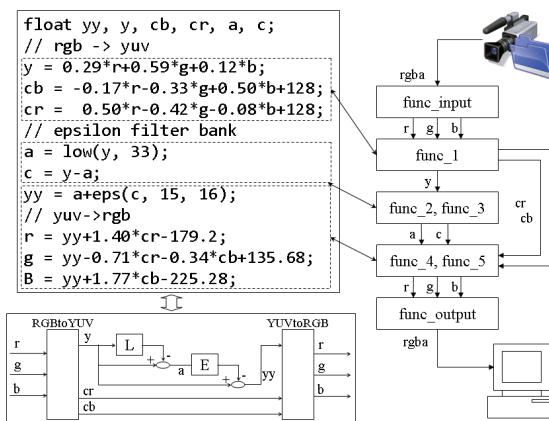


図3 FDLの記述例とカーネルの分割

- フィルタ処理とその他の計算をできるだけ同じカーネルに組み込み、カーネルの個数を減らす。
- 各カーネル間の関係を調べ、必要最低限の変数をビデオメモリに書き込む。
- カーネル全体の引数の総数が最小になるように、コードの順序を入れ替える。

各々のフィルタ処理は、計算量の削減のため、2つの一次元フィルタ処理に分割する。そのため、2つのカーネルが必要になるが、計算量の削減による効果が大きいため、高速化できた。生成されたPTXコードは、バイナリコードに変換するとき、-O4オプションの最適化を適用する。

4 実験結果とまとめ

GPU上で顔美肌化のためのフィルタバンク [3]を構成し、入力から出力までの時間を計測する。640×480の動画において、1フレームの処理時間は4.23msとなり、文献 [1]の手法と比べて2.26倍高速化した。また、1600×1000の動画に対して適用したところ、1フレームを21.36msで実行できた。

参考文献

- [1] Akiara Yoda, et al, "Development of Nonlinear Filter Bank System for Real-Time Beautification of Facial Video Using GPGPU," ISCIT2010, Oct 28, 2010.
- [2] NVIDIA Corporation, Santa Clara, "NVIDIA CUDA Programming Guide Version 2.3.1," Aug 26, 2009.
- [3] 荒川, 他, " ϵ -分離型非線形フィルタバンクとその顔画像美観化への応用," 信学論 (A), vol. J88-A, No. 11, pp. 1216-1225, 2005.

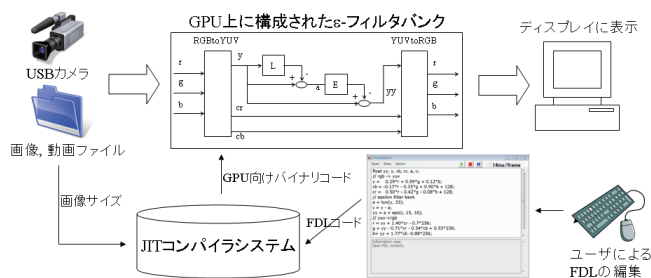


図1 美肌化システム