

Lab name (Supervisor)	Computing Architecture Laboratory (Professor Nakashima Yasuhiko)		
Name (surname) (given name)	YUTTAKONKIT Yuttakon	Date	2017/2/1
Title	GPU Optimization and Hardware Acceleration for Light-field Image Processing		
<p>Abstract</p> <p>Light-field image processing has been widely employed in many areas, from mobile devices to manufacturing applications. The fundamental process to extract the usable information requires a significant computation with high-resolution raw image data. A high performance computation unit such as a GPU has been an essential device, and also a limitation for such application to apply to an embedded device. Eradicating this limitation, we explore an architecture design that has better power efficiency with adequate performance. We found that a sparse memory access pattern of the applications costs high memory latency accessing. Therefore, we redesign this memory access pattern, which alleviates this memory bottleneck and achieve performance improvement up to 82% on desktop GPUs. However, a mobile GPU is affected by a lower occupancy from our optimization and performed worse. Since a GPU relies on the multiple threads to fully utilize the memory bandwidth such a method generates an enormous short-burst memory transfer and does not exploit the burst transfer mode of the conventional memory unit. Therefore, we propose a Coarse Grain Reconfigurable Accelerator (CGRA), called EMAXV, which utilizes a long-burst data transmission to improves the memory bandwidth utilization.</p> <p>Unlike the complex multi-threading with on-demand multiple data loading on GPU, EMAXV has a single thread design avoid cache race, and a pipeline stage to the obscure memory latency. Evaluating on identical host CPU's frequency and main memory bandwidth, EMAXV, which has only 38% computation capability of the mobile GPU, achieved 2.2x and 89% of mobile GPU's performance for light-field depth extraction and light-field image rendering, respectively.</p>			

(論文審査結果の要旨) (A 4 1枚 1、200字程度)

ライトフィールド画像は、携帯機器や製造品の不良検査システムなど様々な分野に応用されつつある。しかし、非常に高い解像度のライトフィールド原画像から有用な情報を取り出すためには、極めて多くの計算を必要とする。高性能計算基盤としては、これまで、GPU に代表されるアクセラレータが利用されてきたものの、携帯機器への本格的応用を考えた場合、より省電力かつ高性能な計算基盤が必要となる。本論文では、アーキテクチャレベルの改良により、電力効率の良い高性能計算基盤を提案している。まず、第1の貢献として、ライトフィールド画像処理が、多次元の疎な主記憶参照からなることに着目し、GPU における最適化を行い、デスクトップ用 GPU では最大82%の性能向上を達成できることを明らかにした。一方で、第2の貢献として、組み込み用途 GPU では、このような主記憶参照をある程度最適化できるものの、高性能を発揮させることが極めて難しいことを明らかにし、特に、バースト長の短い主記憶参照と大規模マルチスレッディングの組み合わせが主記憶バンド幅を効率良く利用できないことを明らかにした。さらに、第3の貢献として、多次元の疎な主記憶参照に対応できる疎粒度再構成可能アーキテクチャ (Coarse Grain Reconfigurable Accelerator: CGRA) をベースとする EMAXV アーキテクチャを提案し、シミュレーションに基づき、マルチスレッディングに依存しないバースト長の長い計算モデルが極めて有効であり、主記憶バンド幅を有効に利用できることを明らかにした。最終的に、同じ主記憶バンド幅を仮定した場合、GPU に対して38%の演算資源を用いて、奥行き検出アルゴリズムとレンダリングアルゴリズムの各々について、2.2倍の高性能、および、89%の性能を発揮できることを確認した。

以上、本論文は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。