



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on Acceleration Methods of Data Center Applications with Reconfigurable Hardware [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	福田, エリック 駿
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11758号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58888
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Eric_Shun_Fukuda_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(工学) 氏名 福田エリック駿

審査担当者 主 査 教 授 本村 真人
 副 査 准教授 浅井 哲也
 副 査 教 授 本久 順一
 副 査 教 授 佐野 栄一

学位論文題名

A Study on Acceleration Methods of Data Center Applications with Reconfigurable Hardware
(リコンフィギュラブルハードウェアによるデータセンターアプリケーション高速化手法に関する研究)

リコンフィギュラブルハードウェアは、これまでコンピューティングの中心として発展してきた汎用プロセッサが現在直面している問題に対する有力な解決策の一つであり、リコンフィギュラブルハードウェアが広く使われる上で課題となっている点を解決することで、新しい時代のコンピューティングを実現することが可能である。また近年のクラウドコンピューティングの台頭により、サーバあるいはデータセンターの重要性が日々増しているため、データセンターのパフォーマンスをリコンフィギュラブルハードウェアで向上させることには大きな意味がある。

汎用プロセッサが開発されてからこれまでの数十年の間に、その処理速度やエネルギー効率は格段の進化を遂げてきたが、近年チップを製造するプロセスの微細化が物理的な限界により、さらなる性能の向上が難しくなっている。しかしコンピュータの処理速度やエネルギー効率の向上は、世界中からの増え続けるデータを扱うデータセンターにおいて喫緊の課題である。したがって今後これまでの汎用プロセッサの性能向上とは違う形でコンピュータの性能向上を図っていく必要がある。その方法には様々なものが提案されているが、本研究で対象とするのがリコンフィギュラブルハードウェアの利用である。

リコンフィギュラブルハードウェアがデータセンターで利用できるようになるには解決すべき多くの課題がある。本研究では、そのような課題の中でも二つの重要な課題を取り上げる。一つはリコンフィギュラブルハードウェアを使ったアプリケーションを開発するのは、ソフトウェア(汎用プロセッサ)アプリケーションを開発することに比べて難しく、アプリケーション開発コストが高くなってしまうという問題である。近年ソフトウェアプログラミング言語によるハードウェア開発ツールである高位合成ツールが実用化されてきているが、それを利用してもなおリコンフィギュラブルハードウェア上にアプリケーションを実装するのは難しい。この課題に対して本研究では具体的なアプリケーションの実装を通して高位合成ツールの問題点を分析し、解決策を提案する。もう一つの課題は、データセンターにリコンフィギュラブルハードウェアを組み込んで利用するための方法が確立されていないということである。これに対して本研究では、データセンターで盛んに用いられる処理を高速化するための処理方式、およびそれに適したリコンフィギュラブルハードウェアの使用方法を提案する。

本論文は5章で構成されている。各章の内容は以下のとおりである。第1章では本研究の背景と

目的が述べられている。第2章では最新のハードウェア開発ツールの問題点が分析されている。具体的には、高位合成ツールを用いることで、Window Join と呼ばれるストリーム処理の演算要素を高速化するハードウェアの実装をC言語で行い、その過程で高位合成ツールを使ったハードウェア開発の問題点を分析し、その際に必要となる知識を明らかにしている。第3章ではそのような知見を元に、ストリーム処理用ハードウェアをリコンフィギュラブルハードウェアで実現する際のコストを下げるための手法が提案されている。この手法では、SQLを使ったストリーム処理ハードウェア合成の既存技術に関して、SQLからC言語に変換するパーサを開発し、C言語からハードウェアに変換する高位合成ツールと組み合わせて使うことにより、全体的な開発コストを下げる事が可能である。第4章では、データセンターのサーバ上で実行される処理とそれに必要なデータを、サーバのネットワーク・インターフェース部でキャッシュすることで処理を高速化する手法が提案されている。アプリケーションには多くのデータセンターで用いられているデータベース技術であるキーバリューストア、特にその実装の一つである memcached を用い、リコンフィギュラブルハードウェアの一つである FPGA(Field-programmable Gate Array) が載ったネットワークインターフェースカードをサーバに搭載することで、このシステムが実現されている。第5章では本研究を総括し、主要な結論が述べられている。

これを要するに著者は、既存のハードウェア開発手法の問題点を明らかにするとともにその分析に基づいたストリーム処理用ハードウェア開発手法の提案と、リコンフィギュラブルハードウェアを用いたキーバリューストア型データベースを高速化する手法の提案を行い、データセンターにおけるリコンフィギュラブルハードウェアの効率的な利用の実現につながる重要な成果を創出した。これはコンピュータ・アーキテクチャ工学の進展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。