

氏 名	深井 貴明
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 2 8 9 2 号
学位授与年月日	平成 3 0 年 9 月 2 5 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	ベアメタルクラウドにおける物理マシン管理に関する研究
主 査	筑波大学 教授 博士 (理学) 加藤 和彦
副 査	筑波大学 教授 学術博士 和田 耕一
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 天笠 俊之
副 査	筑波大学 准教授 博士 (工学) 阿部 洋丈
副 査	筑波大学 准教授 博士 (理学) 大山 恵弘
副 査	東京大学 准教授 博士 (理学) 品川 高廣

論 文 の 要 旨

本論文は、ベアメタルクラウドと呼ばれる物理マシンを貸し出すサービスにおいて、信頼性、可用性、完全性、機密性といったサービス品質を高いレベルで実現するためのシステムに関する研究である。ベアメタルクラウドは、一般的な仮想化のソフトウェアを入れず、ユーザが物理マシンの全ての機能に直接アクセスできるサービスであるため、仮想化のオーバーヘッドを削減できるほか、物理マシンの機能を最大限活用できるなどのメリットがあり、近年注目されているサービスである。しかし、ベアメタルクラウドでは、従来の仮想化ソフトウェアで行っていた管理機能が実現できないため、信頼性、可用性、完全性、機密性の実現が難しい。具体的には、物理マシンの信頼性を確保するためにマシンを停止してハードウェアのメンテナンスをおこなうと可用性を維持することが難しくなったり、仮想化のオーバーヘッドを削減するためにハードウェアへの直接的なアクセスを許すと、ハードウェア自体に永続的な損害や、不正ソフトウェアを仕掛けられたりするなどの被害が生じる可能性がある。

本論文では、物理マシンモニタという新しい概念を導入することで、性能面や機能面での利点を維持しつつ、物理マシンを管理するための機能を提供することを可能にしている。具体的には、物理マシンの状態をライブマイグレーションできるようにすることで、ユーザの OS やアプリケーションを止めることなく別のマシンに移して物理マシンのメンテナンスを可能にすることで、信頼性と可用性の両立を実現している。また、物理マシンに搭載されているハードウェアデバイスのうち、永続的な改変を加えられる可能性がある不揮発メモリの部分だけアクセスを遮断しつつ、他のハードウェアに対しては直接アクセスできるようにすることで、性能と完全性・機密性を両立することを可能にして

いる。実験により、従来の仮想マシンモニタよりはるかに低いオーバーヘッドで物理マシンの管理機能を実現できることを確認している。

審 査 の 要 旨

【批評】

本研究は、ベアメタルクラウドという比較的新しいサービスに対してその問題点を明らかにしたうえで、従来の仮想化技術においては仮想マシンモニタが仮想マシンを管理していたのとは異なり、物理マシンモニタという概念を用いた、非常に薄い仮想化層で物理マシンを管理している点に新規性がある。ソフトウェアで実現している仮想マシンとは異なり、物理マシンは内部状態を必ずしも自由に制御できるとは限らないため、その管理は技術的には容易ではない。本研究では、ソフトウェアで制御可能なインターフェイスを用いて、間接的に内部状態を制御する独創的な手法によって、物理マシンの管理を可能にしている。これにはコンピュータシステムに関する豊富な知識と高い実装能力が必要であり、その成果は高く評価できる。

ベアメタルクラウドにおいて信頼性、可用性、完全性、機密性といった性質を実現することは、実用上極めて重要なことであると考えられる。従来のベアメタルクラウドでは、最大の特徴である仮想化層がないという点で、上記のすべてを同時に実現することは難しかった。しかし、本研究の非常に薄い仮想化層で物理マシンを管理する技術により、ベアメタルクラウドの特徴を損なうことなく上記の4性質を実現しており、ベアメタルクラウドの利用者と運用者の双方にとって有用性のある内容である。

また本研究の成果は、この分野の著名国際会議や著名国際雑誌で発表されており、さらに著名国際会議の Best Paper として選ばれるなど、高い評価を受けている。

上記の事から、本研究は新規性と有用性を兼ね備えた優れた内容であると言える。

【学力の確認】

平成30年8月2日、システム情報工学研究科において論文審査委員全員出席のもと、著者の論文について説明を求め関連事項について質疑応答を行った。その結果、国立大学法人筑波大学学位規程第2条第4項の「大学院の行なう博士論文の審査に合格し、かつ、大学院の博士課程を修了した者と同等以上の学力を有すること」を論文審査委員全員によって確認し、合格と判定された。

【結論】

上記の論文審査ならびに学力の確認結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。