

氏 名 (本籍)	表 祐志
学 位 の 種 類	博 士 ( 工 学 )
学 位 記 番 号	博 甲 第 7282 号
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 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	Computer Systems Management with a Para Pass-through Virtual Machine Monitor (準パススルー型仮想マシンモニタを用いたコンピュータシステム管理に関する研究)
主 査	筑波大学 教授 博士 (理学) 加藤 和彦
副 査	筑波大学 教授 理学博士 北川 博之
副 査	筑波大学 教授 学術博士 和田 耕一
副 査	筑波大学 准教授 博士 (工学) 新城 靖
副 査	東京大学 准教授 博士 (理学) 品川 高廣

## 論 文 の 要 旨

システムの仮想化技術はコンピュータシステムの管理において様々な利点をもたらす一方、仮想化に伴う一定のオーバーヘッドが避けられない。また、仮想化することによって、実際の物理デバイスがゲスト OS から見えなくなるため、ゲスト OS が物理デバイスの全ての機能を活用することが難しくなる。そのため、非常に高性能・高機能な計算環境が求められる場面では、仮想化の弊害をいかに軽減するかが大きな課題となっている。本研究では、準パススルー型というアーキテクチャの仮想マシンモニタを発展させることで、この課題に対処している。準パススルー型では、ゲスト OS に対して物理マシンのインターフェイスを仮想化せずにそのまま見せることによって、仮想化によるオーバーヘッドを削減しつつ、物理マシンの機能も最大限活用できるようにする。一方で、ゲスト OS から物理マシンへのアクセスを仮想マシンモニタで捕捉して最小限の処理を施すことにより、様々な機能を実現するものである。従来の準パススルー型アーキテクチャでは、ゲスト OS からのアクセスに対して受動的に暗号化を施すだけのものであった。本研究ではこれを拡張して、まずゲスト OS からのアクセスを仮想マシンモニタでネットワークに転送できるようにすることで、ゲスト OS から透過的にネットワークブートを実現できるようにした。また、仮想マシンモニタからのアクセスをゲスト OS からのアクセスと多重化して能動的に扱えるようにすることで、ゲスト OS のインストールを実現できるようにした。また、これらを同時におこなって OS のプロビジョニングシステムを実現出来るようにした。最終的には仮想化を OFF にすることにより、仮想化のオーバーヘッドをゼロにすることもできるようになった。これらの技術により、準パススルー型アーキテクチャの応用可能性をさらに広げることができるようになった。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本研究は、準パススルー型アーキテクチャの概念を発展させて、より広範な用途に応用することを目指したものである。従来のアーキテクチャにおいては限定的な機能のみしか実現することが出来なかったのに対して、本研究ではその根本にある設計思想は十分に生かしつつも、さらなる機能強化をはかることによって、当該アーキテクチャが様々な用途に応用可能であることを実証するとともに、アーキテクチャの潜在的な有用性を明らかにしたという点において、学術的にも実用的にも非常に有意義な試みである。具体的には、従来の準パススルー型アーキテクチャにおいては、ゲスト OS からのアクセスを監視・変換するのみであったのに対して、アクセスを捕捉してネットワークへのアクセスと変換することができるようになった。これは、従来のアーキテクチャがローカルのマシンに閉じていたのに対して、ネットワークを介してサーバと連携できるようにしたという点で、応用可能性を飛躍的に向上させることができる技術である。また、従来はゲスト OS からのアクセスに対して受動的に動作しているだけであったのに対して、仮想マシンモニタから物理マシンへのアクセスを多重化できるようになった。これは仮想マシンモニタで実現できる機能を大幅に増やすことが可能になる技術である。従来の仮想マシンモニタのように仮想デバイスとデバイスドライバを組み合わせる手法と異なり、原則としてゲスト OS に直接デバイスを制御させつつも、仮想マシンモニタからのアクセスを適切なタイミングで多重化するという高度な技術を実現しており、その新規性・有用性は非常に大きいといえる。また、これらの技術を組み合わせることで同時に実現することにより、物理マシンの性能・機能を最大限に活用できるようにしつつゲスト OS に依存しないプロビジョニングシステムを実現することができるようになった。これは、既存の製品や研究では存在しない大変有益なシステムであり、クラウド環境のみならずクライアント端末環境におけるシステム管理においても非常に有用性の高いシステムの実現が可能になっている。更に、最終的に仮想化を無くしてゼロ・オーバーヘッドでの実行を可能にするシステムは、既存のアーキテクチャでは実現できなかったことである。このように、学術面及び実用面の両面において有意義な成果を上げていることに加えて、実際に仮想マシンモニタという難易度の高いシステムソフトウェアに対して、比較的広範な範囲にわたって実装をおこなっており、その実装力の高さも評価できる。これらのことから、本研究は非常にレベルの高い成果を上げていると判断することができる。

### 【最終試験の結果】

平成 27 年 2 月 9 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、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。