



Title	監視制御アプリケーションに対するクラウドコンピューティングの適用に関する研究
Author(s)	金子, 雄
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69723
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名（金子雄）	
論文題名	監視制御アプリケーションに対するクラウドコンピューティングの適用に関する研究

論文内容の要旨

監視制御システムとは、機器群の状態を計測し、必要に応じて制御することで、機器群および機器群から構成されるシステムの稼働状態を安定に保つためのシステムである。監視制御システムの適用対象は様々であり、例えば、ビル、工場、プラント、飛行機、鉄道、自動車などがある。監視制御システムは、監視制御対象の安定性を保つためのシステムであるから、高い安定性が要求される。この場合の安定性とは、稼働率と性能により定義される。

現在、多くの監視制御システムは、高い安定性を達成するために、専用のハードウェアを用いて構築されている。さらに、専用のオペレーティングシステム(OS; Operating System)が用いられている場合もある。そのため、監視制御システムは高価になる傾向があり、低コスト化が求められている。

監視制御システムを、クラウドコンピューティングを利用して構築することで、監視制御システムの低コスト化を実現しようとする研究が注目されている。クラウドコンピューティングにおいて、ベースとなる技術は計算機の仮想化技術である。計算機の仮想化技術は、ソフトウェアによって仮想的な計算機(VM; Virtual Machine)を作成する。ここで、VM上で動作するアプリケーションの性能は低下する傾向にあるため、求められる性能を達成できなくなる可能性が生じる。また、既存のパブリッククラウドのプロバイダが保証するVMの稼働率は、監視制御システムに要求される稼働率に及ばない。そのため、単純にパブリッククラウドを利用すると、要求される稼働率を達成できない。クラウドコンピューティングを利用した監視制御システムにおいて安定性を実現するためには、これらの問題を解決する必要がある。

そこで本論文では、監視制御システムにクラウドコンピューティングを適用した場合に、高い安定性を保証するための方法について議論する。

本論文は5章から構成され、その内容は次の通りである。まず第1章で序論を述べる。第2章では、プライベートクラウド上で監視制御システムを構築することを想定する。プライベートクラウドであるから、監視制御システムに要求される高い稼働率を、ハードウェアにより保証できる。一方、VM上で動作するアプリケーションの性能は低下する傾向にある。監視制御アプリケーションに要求される性能を達成するためには、VMが監視制御アプリケーションの性能に与える影響を把握することが重要である。第2章では、VMに割り当てるリソース量や、複数のVMの実行が性能に与える影響を評価する。また、物理マシンのCPUコアの一部を仮想化ソフトウェアに占有させることによる性能への影響や、CPUスケジューリングの方法が性能に与える影響を評価する。評価結果から、VM間のCPU競合や、仮想化ソフトウェアのCPU不足が、監視制御アプリケーションの性能を低下させる主要因であることを確認した。

次に第3章において、第2章で得られた知見に基づき、VM上で動作する監視制御アプリケーションの性能を推定する手法を提案する。この手法は、物理マシンやVMの挙動をモデル化し、そのモデルに基づくシミュレーションにより、複数の監視制御アプリケーション/VMを単一の物理マシン上で実行した場合の性能を推定する。モデルにおける物理マシンの性能に依存するパラメータは、実機をモニタリングした結果から値を求めることで、シミュレーションの精度を向上する。複数のVMによるCPU競合を考慮して性能を推定する点と、仮想化ソフトウェアのCPU不足を考慮して性能を推定する点が、提案手法の特徴である。実機を用いた性能評価と、提案手法による推定結果を比較し、提案手法の推定精度を検証した。その結果、監視制御アプリケーションの性能が著しく低下する状況を推定できることを確認した。

第4章では、監視制御アプリケーションをパブリッククラウド上で実行する環境を想定し、その稼働率を向上させる手法を提案する。この手法では、各クラウド上で実行される監視制御アプリケーションが、定期的にメッセージを交換することで、互いに生存確認を行う。また、単に生存確認を行うだけでなく、それぞれが実施している監視制御処理の情報や、監視制御アプリケーションと監視制御対象との間のネットワークの品質の情報を共有することで、障害発生時の制御品質の低下を抑える。パブリッククラウドを使用した評価を行い、提案手法が制御品質の低下を抑えられるかを検証した。その結果、提案手法は、監視制御処理の情報やネットワーク品質を共有しない場合と比べて、制御品質の低下を抑えられることを確認した。

第5章では、本論文の成果を要約した後、今後の研究課題について述べる。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (金子雄)		
	(職)	氏名
論文審査担当者	主査 教授	原 隆浩
	副査 教授	松下 康之
	副査 教授	下條 真司
	副査 教授	藤原 融
	副査 教授	鬼塚 真

論文審査の結果の要旨

監視制御システムは、管理対象となる機器群の状態を計測し、必要に応じて制御することで、その機器群および機器群から構成されるシステムの稼働状態を安定に保つために用いられる。そのため監視制御システムを運用する際には、高い稼働率と性能を安定的に保つことが要求される。近年、クラウドコンピューティングを利用して低成本に監視制御システムを構築する研究が盛んに行われている。クラウドコンピューティングは、ソフトウェアによって仮想的な計算機(VM; Virtual Machine)を作成する仮想化技術に基づいている。しかし、制御監視アプリケーションをVM上で動作させた場合、その性能が低下する傾向にあるため、求められる性能を達成できなくなる可能性が生じる。そのため、クラウドコンピューティングを適用する場合は、VM上で動作する監視制御アプリケーションの性能を保証する必要がある。また、既存のパブリッククラウドは安価であるが、そのプロバイダが保証するVMの稼働率は、監視制御システムに要求される稼働率に及ばない。そのため、パブリッククラウド上で監視制御アプリケーションの稼働率を向上させる仕組みが必要である。本論文では、これらの課題のそれぞれについて考慮し、低成本かつ安定した監視制御システムを実現することを目標としている。本論文の主要な研究成果を要約すると次の通りである。

- (1) VMに割り当てるリソース量や、複数のVMの実行が、監視制御アプリケーションの性能に与える影響を評価している。さらに、物理マシンのCPUコアの一部を仮想化ソフトウェアに占有されることによる性能への影響や、CPUスケジューリングの方法が性能に与える影響も評価している。評価結果から、VM間のCPU競合や、仮想化ソフトウェアのCPUリソース不足が、監視制御アプリケーションの性能を低下させる主要因であることを確認している。
- (2) VM上で動作する監視制御アプリケーションの性能を推定する手法を提案している。この手法は、物理マシンやVMの挙動をモデル化し、そのモデルに基づくシミュレーションにより、複数の監視制御アプリケーション／VMを单一の物理マシン上で実行した場合の性能を推定する。モデルにおける物理マシンの性能に依存するパラメータを、実機をモニタリングした結果から値を求めてシミュレーションの精度を向上する。複数のVMによるCPU競合を考慮して性能を推定する点と、仮想化ソフトウェアのCPU不足を考慮して性能を推定する点が、提案手法の特徴である。提案手法により、監視制御アプリケーションの性能が著しく低下する状況を推定できる。
- (3) 監視制御アプリケーションをパブリッククラウド上で実行する環境を想定し、その稼働率を向上させる手法を提案している。この手法では、各クラウド上で実行される監視制御アプリケーションが、定期的にメッセージを交換することで、互いに生存確認を行う。これにより、主系に障害が発生した場合には、従系に処理を切り替えられる。また、それぞれが実施している監視制御処理の情報や、監視制御アプリケーションと監視制御対象との間のネットワークの品質の情報を共有することで、障害発生時の制御品質の低下を抑えられる。

以上のように、本論文は監視制御アプリケーションに対するクラウドコンピューティングの適用に関する先駆的な研究として、情報科学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。