

氏名(本籍)	森藤 義雄 (香川県)
専攻	信頼性情報システム工学専攻
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第 100 号
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学位授与の年月日	平成 27 年 3 月 24 日
学位論文題目	仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの構築と評価
論文審査委員	(主査) 今井 慈郎 (副査) 井面 仁志 (副査) 生越 重章 (副査) 服部 哲郎

論文内容の要旨

本研究は、従来、分散配置された情報サーバ環境を仮想化技術によって集約させるシステム構築方式を提案し、その評価について論じる。具体的には、地域コミュニティの教育機関として、地域 SNS サーバなどの情報交換の場の提供や遠隔監視システム、協調学習支援システムなどの教育支援システム、医療事務教育システムなどの目的の異なる分散情報サーバを例示して方式を実践的に示し、これを集約型教育支援システムとして実現する。また、その評価についても定性的かつ定量的に議論する。このような方式による教育支援システムの特徴は、主な利用時間の違いなど運用環境の異なるサーバを集約させることで物理サーバの稼働率を上げることができ、仮想化方式によりアプリケーションソフトウェアが稼働しているハードウェアとソフトウェアの全ての環境変化を吸収することができるため、長期的利用が可能となる。すなわちロバストな教育支援環境を構築できる点にメリットがある。

第 1 章では、地域コミュニティにおける組織の情報システムの問題を示し、情報システムを維持管理する問題を述べる。地方においても、クラウドファーストといわれる流れ、すなわち、組織の情報システムをオンプレミスからパブリッククラウド基盤への移行を検討せざるを得ない現実がある。しかし、クラウド基盤ソフトウェアの移行にはいくつかの問題があり、教育システム特有の問題もある。そこで、小規模組織でも導入可能なアプローチとなりうる「集約型教育支援システム」の研究背景を述べる。

第 2 章では、これらの問題の対策としての先行研究と、システム設計のための関連技術である仮想化ソフトウェアとクラウド基盤ソフトウェア等を述べる。先行研究としては、中川(千葉工業大)らによる VMware を利用した学習用 LAN 構築支援システムの開発がある。また棟朝(北海道大学)らによる北海道大学アカデミッククラウドなどの大規模な教育用

クラウドの事例もある。本研究では、地域と地域内の小規模教育機関を対象にしていること、ロードバランサーを使わずに協調学習支援システムなどの教育支援システムと遠隔監視システムという利用時間の異なるパッケージを1つのHostとしていること、遠隔監視などにAWSと連携させたハイブリッドクラウド環境という違いがある。

関連技術としては、仮想化ソフトウェアでは、XenServerとVMwareおよびHyperVについて比較し、XenServerを選定した理由を述べる。クラウド基盤ソフトウェアについても、CloudStackとOpenStackおよびAmazonWebServices(AWS)について述べる。これらのソフトウェアに基づいた分散情報サーバ環境として、分散情報サーバの機能とIP-StorageAreaNetwork(IP-SAN)およびネットワーク統合環境について述べる。この分散情報サーバ環境ではオンプレミスのプライベートクラウド環境に加えてパブリッククラウド環境への移行を想定しているクラウド連携システムである。

第3章では、集約型教育支援システムの提案として、既存の情報処理教育環境を示し、本研究である集約型教育支援システムの構成を述べる。すなわち、①地域SNSを構成するopen-gorotto、②防災・防犯のための遠隔監視カメラおよびその操作環境、③医療事務ソフトウェアとして近隣病院などの医療機関でも実績のあるORCA、④情報教育の仮想化を目的とし申請者を含む研究チームで共同開発している計算機シミュレータVisuSim、および⑤Webデザイン教育支援という5種類の物理サーバを仮想化して分散情報サーバに集約し、これらのサーバ群をプライベートクラウドであるクラウド基盤ソフトウェアで一元管理し、パブリッククラウドと連携するハイブリッドクラウドシステムの提案を示している。これは、集約型教育システムの具体例であると共に、実際の教育現場での需要も勘案したものとなっている。そして、多角的な検討を記述することで論文の有効性にも言及している。

第4章では、具体的な開発事例として、集約型教育支援システムの第一段階と第二段階のシステム構成を示しながら事例を述べる。協調学習支援の実施状況とWebデザイン教育支援について述べる。

第5章では、前章で開発事例を示した仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの具体的な評価を行う。まず、計算機アーキテクチャ教育用ツールを移設した運用結果と、Webデザイン教育支援の運用結果の評価、および整備費用を含めた評価を行う。また、本研究において特徴の1つとなっているライブマイグレーション（稼働中の仮想マシン環境をそれと同機能の他の環境にユーザストレスを感じさせることなく移設するサービス）の実現手法およびその適用事例についての評価を述べる。そして運用上の問題点を明示し、改善すべき事項を明らかに、提案する「仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システム」の活用事例を比較対象とすることで、その優位性や汎用性を具体的に述べる。

第6章では、本論文を結論付け、今後の課題についても言及する。また、付録として、複数の開発手法や手順をまとめ、適用事例の紹介などをドキュメント化して研究成果の一部とし、本論文の補完的役割を持たせる（潜在的読者へ資する）ため付記する。

審査結果の要旨

本学位論文は、従来、分散配置された情報サーバ環境を仮想化技術によって集約させるシステム構築方式を提案し、その評価について論じている。具体的には、地域コミュニティの教育機関として、地域 SNS サーバなどの情報交換の場の提供や遠隔監視システム、協調学習支援システムなどの教育支援システム、医療事務教育システムなどの目的の異なる分散情報サーバを例示して方式を実践的に示し、これを集約型教育支援システムとして実現する仕組みを論述している。また、その評価についても定量的、定性的に議論している。このような方式による教育支援システムの特徴は、主な利用時間の違いなど運用環境の異なるサーバを集約させることで物理サーバの稼働率を上げることができ、仮想化方式によりアプリケーションソフトウェアが稼働しているハードウェアとソフトウェアの全ての環境変化を吸収することができるため、長期的利用が可能となる。すなわちロバストな教育支援環境を構築できる点に大きなメリットがある。

第1章では、地域コミュニティにおける組織の情報システムの問題を示し、情報システムを維持管理する問題を述べている。地方においても、クラウドファーストといわれる流れ、すなわち、組織の情報システムをオンプレミスからパブリッククラウド基盤への移行を検討せざるを得ない現実がある。しかし、クラウド基盤ソフトウェアの移行にはいくつかの問題があり、教育システム特有の問題もある。そこで、小規模組織でも導入可能なアプローチとなりうる「集約型教育支援システム」の研究背景を示す。

第2章では、これらの問題の対策としての先行研究と、システム設計のための関連技術である仮想化ソフトウェアとクラウド基盤ソフトウェア等を述べている。先行研究として、中川(千葉工業大)らによる VMware を利用した学習用 LAN 構築支援システムの開発がある。また棟朝(北海道大学)らによる北海道大学アカデミッククラウドなどの大規模な教育用クラウドの事例も列挙している。

関連技術としては、仮想化ソフトウェアでは、XenServer と VMware および HyperV について比較し、XenServer を選定した理由を述べている。クラウド基盤ソフトウェアについても、CloudStack と OpenStack および AmazonWebServices(AWS)について示す。これらのソフトウェアに基づいた分散情報サーバ環境として、分散情報サーバの機能と IP-StorageAreaNetwork(IP-SAN)およびネットワーク統合環境についても言及がある。

第3章では、集約型教育支援システムの提案として、既存の情報処理教育環境を示し、本研究である集約型教育支援システムの構成を述べる。すなわち、①地域 SNS を構成する open-gorotto、②防災・防犯のための遠隔監視カメラおよびその操作環境、③医療事務ソフトウェアとして近隣病院などの医療機関でも実績のある ORCA、④情報教育の仮想化を目的とし申請者を含む研究チームで共同開発している計算機シミュレータ VisuSim、および⑤ Web デザイン教育支援という5種類の物理サーバを仮想化して分散情報サーバに集約し、これらのサーバ群をプライベートクラウドであるクラウド基盤ソフトウェアで一元管理し、

パブリッククラウドと連携するハイブリッドクラウドシステムの提案を示している。これは、集約型教育システムの具体例であると共に、実際の教育現場での需要も勘案したものとなっている。そして、多角的な検討を記述することで論文の有効性にも言及している。

第4章では、具体的な開発事例として、集約型教育支援システムの第一段階と第二段階のシステム構成を示しながら事例を述べる。協調学習支援の実施状況と Web デザイン教育支援について述べている。このような分散情報サーバ環境ではオンプレミスのプライベートクラウド環境に加えてパブリッククラウド環境への移行を想定しているクラウド連携システムを想定している点も詳述されている。

本研究の主要テーマとして、地域と地域内の小規模教育機関を対象にしていること、ロードバランサーを使わずに協調学習支援システムなどの教育支援システムと遠隔監視システムという利用時間の異なるパッケージを1つの Host としていること、遠隔監視などに AWS と連携させたハイブリッドクラウド環境という違いについても言及がある。

第5章では、前章で開発事例を示した仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システムの具体的な評価（定量・定性的評価）を行っている。まず、計算機アーキテクチャ教育用ツールを移設した運用結果と、Web デザイン教育支援の運用結果の評価としてアンケートを用い、定量的評価としてチャート図や統計処理を行い、評価を可視化している。また、入手できる整備費用情報を基に比較対照し、特徴と利害得失を論じている。

本研究において特徴の1つとなっているライブマイグレーション（稼働中の仮想マシン環境をそれと同機能の他の環境にユーザストレスを感じさせることなく移設するサービス）の実現手法およびその適用事例についても測定結果等を示し、定量評価を試みている。運用上の問題点を明示し、改善すべき事項を明らかにすることで、提案する「仮想化方式情報サーバを活用した集約型教育支援システム」の活用事例を示し、その優位性や汎用性を具体的に述べている。

第6章では、本論文を総括し、結論付けを行い、今後の課題についてもその傾向・対策について考察している。最後に、複数の開発ドキュメントや適用事例の文書を付録として付記し、論文の持つ有用性の補強にも留意している。

上記内容について審査した結果、審査委員の一致した結論として、学位論文を合格と判定した。

最終試験結果の要旨

平成27年2月13日開催の公聴会（1時間）では、学位論文の内容について詳細説明があった。その後の最終試験（1時間）にて、審査委員全員の質問に対し適切な応答がなされた。以下に、質疑応答の一部を示す。

(質問)本論文の先進性（新規性）・有用性について再度、明確に示して欲しい。

(回答)確かに、先行事例はいくつかあり、教育の現場でも導入実績はある。しかし、大企業による多額な大規模環境の実現という事例を除くと驚くほど導入実績は少ない。多分に技

術レベルの精査が必要であり、要素技術の取捨選択が難しいことなどが原因と考えられる。本研究では個別の要素技術を慎重調査し、集約型教育システムの構築に特化した点に先進性があり、教育の現場での実例は他の同規模程度の環境であれば、十分、適用可能な結果（その場合の先行事例）であると考ええる。

(質問)第4章で行われているシステム評価について妥当性がある点を再度、説明して欲しい。

(回答)まずアンケート実施については、有用性・信頼性にも留意して行った。次に、項目については、「一般的な企業や機関におけるネットワークとシステム管理プラットフォームの選定で使用される評価基準」を参考に厳選した。また信頼性を確保するため、定量評価として統計処理や検定を併用して評価の可視化を行った。一方、必ずしも定量評価が可能な事案ばかりではなかったので定性的評価も交えて可能な限り妥当性・信頼性には留意した記述を採用した。

(質問)ハイブリッドクラウド方式の問題はないのか。また今後の課題について言及があったが、どのような方向性を検討しているか。

(回答)既に論文の発表でもお伝えした通り、個別の仮想化方式によるサーバ構築と大手業者の提供するパブリッククラウドとは一般的に別物であり、融合させること自体に多くの課題を有する状況である。本研究でもスケールアウトを実現する際に、試行錯誤を経て1つの提案方式を実現したが、当然、企業秘密も多く、難題も横たわっている。

(質問)教育システムと中小企業システムとは異なる目的を有しており、必ず同一レベルでは議論できないと思われるが、工夫すべき点は何か。

(回答)現状は、一般ユーザにとって、パブリッククラウドを選択することは、後戻りできない選択となる可能性がある。WindowsXP等がそうであったように、相手先の都合で大きな環境変化を迫られる危険は伴うので、やはりハイブリッドクラウド方式が1つの解決策であると考ええる。

(質問)ライブマイグレーションについての有効性を主張しているが、ハイブリッドクラウド方式ではどのような限界があり、どのように解決するのか。

(回答)ライブマイグレーションは仮想化サーバ方式の有効な仕組みだが、パブリッククラウドではそもそもユーザに許容していない。ハイブリッドクラウド方式は、自前の仮想化サーバ部分でのトラブルに対しては、このライブマイグレーションが効果を発揮することが期待でき、システムダウン回避も有用性の確保という観点で本研究の主張ともなっている。以上より、審査委員の一致した結論として、森藤義雄氏（10D452）に対する当該最終試験を合格と判定した。