

## 内容の要旨

報告番号	甲 第4721号	氏名	林谷 昌洋
主論文題目： Optical Access/Intra Data Center Network with High Energy Efficiency and Reliability (省電力化および高信頼化を実現する光アクセス/イントラデータセンタネットワーク)			
<p>近年、クラウドサービスの進展により、データセンタに流れるトラフィックが急増している。2019年には、データセンタに向かうトラフィックはアクセスネットワークにおいて8割を占め、また、データセンタ内のトラフィックでは、現在、7割がデータセンタ内に閉じている性質がある。上記背景を踏まえ、データセンタにアクセスするネットワーク（以下、アクセスデータセンタネットワーク）およびデータセンタ内ネットワーク（以下、データセンタ内ネットワーク）では増加するトラフィックに対応できるように、ネットワーク省電力化およびミッションクリティカルに対応する高信頼化を実現するネットワーク構成を考える必要がある。</p> <p>現在のアクセスデータセンタネットワークでは一般的にPON (Passive Optical Network) が用いられている。しかし、データセンタに向かうトラフィックが急増し、ユーザ数が増加することを考慮すると、よりアグリゲーション型のアーキテクチャに改良する必要がある。本論文では、光スイッチを導入したアクセスデータセンタネットワークにおいて、大規模化を考慮したさらなる省電力化を行うアクセスデータセンタネットワークにフォーカスする。現在のイントラデータセンタネットワークでは、主に電気スイッチやルータが用いられている。しかし、データセンタ内のトラフィックが急増することを考慮すると、消費電力および大容量トラフィック対応のため、省電力化および大容量化が可能な光技術を導入する必要がある。本論文では、光技術を用いたデータセンタネットワークにおいて、データセンタ性能を考慮したさらなる省電力化、およびミッションクリティカルを考慮したマルチサービスの高信頼化を行うイントラデータセンタネットワークにフォーカスする。</p> <p>そこで本論文では、省電力および高信頼を実現する光アクセス/イントラデータセンタネットワークを提案する。光アクセスデータセンタネットワークでは、ユーザの通信状態を考慮した光スイッチの切り替え回数を低減させ、大規模化を実現しながら省電力化を実現する。光イントラデータセンタネットワークでは、ネットワークおよびVM (Virtual Machine)の状況を考慮しながら光ネットワーク制御およびVM制御を行い、省電力化を実現する。また、障害通知により低優先のサービスを高速に停止させることにより、高信頼サービスの高速復旧を行う高信頼化を実現する。</p> <p>本論文は以下のように構成される。第1章では、データセンタネットワークにおける課題を整理し、本論文の位置づけを明確化する。第2章では、関連するデータセンタネットワーク技術および省電力化および高信頼化の手法を紹介する。第3章では、アクセスデータセンタネットワークにおける省電力化について提案を行う。計算シミュレーションにより、光スイッチの切替回数を25%低減できることを示す。第4章では、イントラデータセンタネットワークにおける省電力化について提案を行う。計算機シミュレーションにより、従来手法と比較して、データセンタ性能を維持させながら、データセンタネットワークの消費電力を約40%削減できることを示す。第5章では、イントラデータセンタにおける高信頼化について提案を行う。計算機シミュレーションにより、従来方式と比較して低優先度のサービスを提供中に高優先度サービスの通信遮断時間を約60%低減できることを示す。最後に第6章において、本論文の研究の結論を述べる。</p>			

## 論文審査の要旨

報告番号	甲 第 4721 号			氏 名	林谷 昌洋
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士	山中 直明	
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士	笹瀬 巖	
		慶應義塾大学教授	工学博士	天野 英晴	
		慶應義塾大学教授	博士（工学）	津田 裕之	
	George Mason University Ph.D in Electrical Engineering			Bijan Jabbari	
<p>学士（工学）、修士（工学）林谷昌洋君の学位請求論文は、「Optical Access/Intra Data Center Network with High Energy Efficiency and Reliability（省電力化および高信頼化を実現する光アクセス/イントラデータセンタネットワーク）」と題し、全6章から構成される。</p> <p>近年、クラウドサービスの進展により、データセンタに流入するトラフィックおよびデータセンタ内のトラフィックが急増している。トラフィックの増加により、データセンタネットワークの消費電力の増大および故障発生時の影響の拡大が想定される。上記背景を踏まえ、データセンタにアクセスするネットワーク（以下、アクセスデータセンタネットワーク）およびデータセンタ内ネットワーク（以下、イントラデータセンタネットワーク）において、ネットワーク省電力化およびミッションクリティカルに対応する高信頼化を達成するネットワーク構成を確立する必要がある。</p> <p>本論文では上記の要求を実現するため、光スイッチ技術を導入したデータセンタネットワークに焦点を当てている。動的制御が可能な空間分割型光スイッチを導入した光アクセスデータセンタネットワークおよび動的制御が可能な光パケットスイッチを導入した光イントラデータセンタネットワークをベースに、省電力化および高信頼化を達成する研究を行っている。本論文は以下のように構成される。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景および課題を明らかにし、論文の概要を説明している。</p> <p>第2章ではデータセンタネットワークの基盤技術、データセンタネットワークの省電力化および高信頼化の関連技術を提示し、これらに対する本研究の位置づけを明確化している。</p> <p>第3章、第4章、および第5章では具体的な研究内容について述べている。第3章では、光アクセスデータセンタネットワークにおける省電力化について提案している。光アクセスデータセンタネットワークにおいて、ユーザの通信状態に応じた局側終端装置の稼働数最小化および時間スロットの集約的な割り当てによる宅内側終端装置のスリープ機会を最大化させる制御手法を提示している。計算機シミュレーションにより、従来アクセスネットワークと比較してネットワークの消費電力を最大47%低減可能であることを示している。</p> <p>第4章では、光イントラデータセンタネットワークにおける省電力化について提案している。光イントラデータセンタネットワークにおいて光スイッチのバッファ部分の消費電力が多くを占める。そこで、仮想マシン稼働状況およびネットワーク状況からデータセンタ性能を維持するように仮想マシンの集約および分散を行い、光スイッチのバッファ稼働数を最小化するデータセンタ制御手法を提示している。計算機シミュレーションにより、提案のデータセンタ制御手法を導入することにより、ネットワークの消費電力を最大40%低減可能であることを示している。</p> <p>第5章では、光イントラデータセンタネットワークにおける高信頼化について提案している。光イントラデータセンタネットワークにおいて、故障発生時に低優先サービスの停止に時間を要することで中優先サービスの復旧が遅れる問題がある。そこで、故障パス上の全ノードを経由する故障通知により低優先サービスを高速に停止させ、低優先サービスの影響を受ける中優先サービスの高速復旧を行う故障回復手法を提示している。計算機シミュレーションにより、低優先サービスの送出状況にかかわらず、中優先サービスの通信遮断時間が一定値に抑制されることを示している。</p> <p>第6章は結論であり、本研究により得られた結果を総括している。</p> <p>以上要するに、本論文は低消費電力かつ高信頼性を備えた光アクセス/イントラデータセンタネットワーク確立のために、装置稼働数最小化・スリープ機会最大化を行うネットワーク制御手法、光スイッチのバッファ稼働数を最小化するデータセンタ制御手法、低優先サービスの高速停止による中優先サービスの高速故障回復手法について提示している。これらの研究内容は、将来の社会インフラとしてのデータセンタネットワークの継続的発展を実現する上で、工学上・工業上寄与する所が少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>					