

A Thesis for the Degree of Ph.D. in Engineering

Optical Access/Intra Data Center Network
with High Energy Efficiency and Reliability

July 2017

Graduate School of Science and Technology
Keio University

Masahiro HAYASHITANI

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 乙 第	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)				
(内容の要旨) 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。 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。 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。 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。				

SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School Science for Open and Environmental Systems	Student Identification Number	SURNAME, First name HAYASHITANI Masahiro
Title Optical Access/Intra Data Center Network with High Energy Efficiency and Reliability		
Abstract <p>Traffic to data center and that in data center have been increasing rapidly because of cloud service development. In 2019, traffic to data center will be 80% of traffic in access networks. Traffic of 70 % in data center flows within data center network. Above the background, in network access to data center (defined as access data center network hereinafter) and network within data center (defined as intra data center network hereinafter), I need to consider network architecture for power saving and survivability of mission critical service in order to treat increasing traffic.</p> <p>In the present access data center network, PON (Passive Optical Network) is mainly used. However, I need to consider network architecture with aggregation type when traffic to data center and the number of users increase rapidly. This dissertation focuses on access data center network realizing more energy efficiency with larger scalability. In the present intra data center network, electrical switches and routers are usually used. However, I need to consider optical technologies which can realize power saving and larger scale network for data center in order to treat increasing traffic in intra data center network. This dissertation focuses on intra data center network realizing power saving with high data center performance and high reliability for multi-service including mission critical service.</p> <p>To solve above problems, this dissertation proposes optical access/intra data center network with high energy efficiency and reliability. In the optical access data center network, the proposed scheme realizes high energy efficiency with large scalability by reducing times of switching in optical switches according to user communication status. In the optical intra data center network, the proposed scheme realizes power saving by controlling optical network and VM (Virtual Machine) according to the network and VM conditions. Furthermore, the proposed scheme realizes high reliability of high-priority service by reducing low-priority service rapidly on failure notification.</p> <p>This dissertation is organized as follows. Chapter 1 describes the background of the dissertation and clarifies the challenges in data center networks and the position of the dissertation. Chapter 2 illustrates technologies of access/intra data center network and schemes of power saving and survivability. Chapter 3 proposes high energy efficiency in optical access data center networks. According to the computer simulations, I show that the proposed scheme can reduce switching times by 25 % as compared to the conventional scheme. Chapter 4 proposes high energy efficiency in optical intra data center networks. According to the computer simulations, I show that the proposed scheme can reduce power consumption by 40 % with high data center performance as compared to the conventional scheme. Chapter 5 proposes high reliability in optical intra data center networks. According to the computer simulations, I show that the proposed scheme can reduce failure-recovery time of high priority service by 60 % even if low priority service is offered. Chapter 6 draws this dissertation to its conclusion with useful summary of the advances raised herein.</p>		