

内容の要旨

報告番号	甲 第3787号	氏名	徳橋 和将
主論文題目：			
Energy Efficient and Large-scale Optical Access Network Using High-speed Optical Switch (超高速光スイッチを用いたエネルギー効率の高いラージスケール型光アクセスネットワーク)			
<p>現在、Fiber-To-The-Home (FTTH)サービスとして Passive Optical Network (PON) という光アクセスネットワークが世界中で広く普及し、ブロードバンドインターネットサービスを実現している。PON は局舎側装置 Optical Line Terminal (OLT)からの光ファイバを光カプラというパッシブデバイスにより分岐し、32 または 64 ユーザで光ファイバを共有する低コストなアーキテクチャである。また、年々ネットワークトラヒックは増加傾向にあり、アクセスエリアにおいては通信デバイスが多いため消費電力が増大するという問題が発生している。その消費電力はネットワーク全体の約 7 割に達している。将来の光アクセス網ではこれらの問題に対する抜本的な改善が求められており、大規模ネットワークや省電力技術についての研究が行われている。また、光カプラを用いる PON は通信距離の延長や多ユーザ化に限界があり、人口密度の高い都市部とは対照的に、地方では普及が難しくデジタルデバイド問題を引き起こしている。また光カプラの特性で、下り通信については全ユーザに同じデータが到着し(ブロードキャスト・セレクト型)、上り通信については他の通信を妨害する可能性があるなど、信頼性に問題もある。本論文は以下のように構成される。</p>			
<p>第1章では、上記問題点を明確化し、本論文の概要を述べる。第2章では PON のアーキテクチャおよびプロトコル、PON の標準化、次世代光アクセス網の関連研究、そして省電力技術の関連研究を紹介する。また問題解決に向けた既存研究での対応状況を明確化し、本研究の目的、位置づけを明らかにする。</p>			
<p>第3章では、PON における光カプラではなく、導波路型光スイッチを用いてポイント・ツー・ポイント接続を確立するアクティブ型光アクセスネットワークを提案する。光スイッチによる光強度の低損失性を活かして PON の通信距離 20km およびユーザ数 32 を超える 40km およびユーザ数 128 を目指す。また基地局と加入者側でポイント・ツー・ポイント通信が実現されるため信頼性の向上が見込まれる。さらに本章では光スイッチ制御方法や PON の標準化を基にした回線制御プロトコル (ディスカバリプロセス) の提案を行う。そしてプロトタイプの OLT、加入者側装置 Optical Network Unit (ONU) および光スイッチエミュレータを用いた実験を通して、提案システムの有効性を実証検証する。</p>			
<p>第4章では、消費電力削減に着目したハイブリッドパッシブ/アクティブ型光アクセスネットワークを提案する。提案システムは MxN 型の光スイッチシステムを局舎に設置し、複数の PON ツリーを集約するアーキテクチャとなる。通信中のユーザ数などのトラヒック状況に対応して、余剰な OLT をスリープモードに移行することで省電力化を狙う。本章では提案アーキテクチャ構造、OLT 起動数および管理する ONU の割当て方式について述べる。そして割り当て通信速度について ONU 間の公平性を保ちつつ消費電力を低減できることを示す。</p>			
<p>最後に第5章では、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 3787 号	氏 名	徳橋 和将
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

学士(工学)、徳橋和将君の学位請求論文は、「Energy Efficient and Large-scale Optical Access Network Using High-speed Optical Switch(超高速光スイッチを用いたエネルギー効率の高いラージスケール型光アクセスネットワーク)」と題し、5章から構成される。

現在、Fiber-To-The-Home (FTTH)サービスとして Passive Optical Network (PON) という光アクセスネットワークが世界中で広く普及し、ブロードバンドインターネットサービスを実現している。PON は局舎側装置 Optical Line Terminal (OLT)からの光ファイバを光カプラというパッシブデバイスにより分岐し、32 または 64 ユーザで光ファイバを共有する低コストなアーキテクチャである。また、年々ネットワークトラヒックは増加傾向にあり、アクセス領域においては通信デバイスが多いため消費電力が増大するという問題が発生している。その消費電力はネットワーク全体の約 7 割に達している。将来の光アクセス網ではこれらの問題に対する抜本的な改善が求められており、大規模ネットワークや省電力技術についての研究が行われている。また光カプラを用いる PON は通信距離の延長や多ユーザ化に限界があり、人口密度の高い都市部とは対照的に、地方では普及が難しくデジタルデバイド問題を引き起こしている。さらに光カプラの特性で、下り通信については全ユーザに同じデータが到着し(ブロードキャスト-セレクト型)、上り通信については他の通信を妨害する可能性があるなど、信頼性にも問題がある。以上を踏まえて本論文では光スイッチを用いたアクセス網の大規模化および省電力化を狙う研究を行っている。本論文は以下のように構成される。

まず第 1 章は序論であり、上記問題点を明確化し、本論文の概要を端的に説明している。

第 2 章では PON のアーキテクチャおよびプロトコル、PON の標準化、次世代光アクセス網の関連研究、そして省電力技術の関連研究を具体的に紹介している。また問題解決に向けた既存研究での対応状況を明確化し、本研究の目的、位置づけについて説明している。

第 3 章および第 4 章では具体的な研究内容に関して述べており、第 3 章では PON における光カプラではなく、導波路型光スイッチを用いてポイント・ツー・ポイント接続を確立するアクティブ型光アクセスネットワークについて提案している。光スイッチの低損失性を活かして PON の通信距離 20km およびユーザ数 32 を超える 40km およびユーザ数 128 を目指している。また基地局と加入者側でポイント・ツー・ポイント通信が実現されるため信頼性の向上が見込まれる。さらに本章では光スイッチ制御方法や PON の標準化を基にした回線制御プロトコル(ディスカバリプロセス)を提案しており、プロトタイプの OLT、加入者側装置 Optical Network Unit (ONU) および光スイッチエミュレータを用いた実験を通して、提案システムの有効性を実証している。

第 4 章では、消費電力削減に着目したハイブリッドパッシブ/アクティブ型光アクセスネットワークについて提案している。提案システムは $M \times N$ 型の光スイッチシステムを局舎に設置し、複数の PON ツリーを集約するアーキテクチャとなる。通信中のユーザ数などのトラヒック状況に対応して、余剰な OLT をスリープモードに移行することで省電力化を狙っている。本章では提案アーキテクチャ構造、OLT 起動数および管理する ONU の割当て方式について論じており、割り当てられる通信速度について ONU 間の公平性を保ちつつ消費電力を低減できることを示している。

第 5 章は、結論であり、本研究で得られた結果を総括している。

以上要するに本論文は、将来の光アクセスネットワークへの要求条件を満たすために、光スイッチを用いた大規模化光アクセスネットワークを提案しその実現の可能性を示し、またトラヒック変動に対応した動的なエネルギー最適ネットワークの省電力手法を示した点で工学上寄与するところが少なくない。また、これらの成果は著者が自立して研究活動を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基礎となる豊かな学識を有することを示したと言える。

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。