

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

Multi-Service Adaptable and  
Low-Power Consumption  
Active Optical Access Network Using  
High-Speed PLZT Optical Switches

September 2015

Graduate School of Science and Technology  
Keio University

Kunitaka ASHIZAWA

# 主 論 文 要 旨

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	芦 沢 國 正
主 論 文 題 目 :				
Multi-Service Adaptable and Low-Power Consumption Active Optical Access Network Using High-Speed PLZT Optical Switches (超高速 PLZT 光スイッチを用いたマルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワーク)				
(内容の要旨)				
<p>日本でのブロードバンドサービスの契約者数は、2013年に全体で9500万人、FTTH (Fiber To The Home) で2500万人に達している。またアクセスネットワークにおいて、IPTV (Internet protocol television) , VoD (Video on Demand) , VoIP (Voice over Internet Protocol) 等のマルチサービスの提供が求められている。さらに通信容量の拡大に伴いネットワークの消費電力が増加しており、日本におけるインターネット全体の消費電力の約7割をアクセスネットワークが占めている。</p> <p>上記背景を踏まえ、次世代光アクセスネットワークでは、1) 拡張性, 2) 柔軟性 (マルチサービスへの適応可能性) , 3) 低消費電力の3つの要件が求められる。</p> <p>現在の光アクセスネットワークでは、光スプリッタを用いた低コスト・低消費電力のネットワークを実現する Passive Optical Network (PON) が広く普及しているが、収容可能ユーザ数 (32) と伝送距離 (20 km) がトレードオフの関係にあるため、ネットワークの拡張性に問題がある。</p> <p>そこで、拡張性の高いネットワーク実現に向けて、超高速 PLZT (Plomb Lanthanum Zirconate Titanate) 光スイッチを用いた ActiON (Active Optical Access Network) が提案されている。ActiON では、原理的な光損失が必須となる光スプリッタに替えて、光スイッチを活用することで、PON と比較して4倍の収容可能ユーザ数 (128) , 2倍の伝送距離 (40 km) の実現が可能となる。一方で、スイッチングによる通信を行うため、ユニキャスト時の送信待ち時間の増加、マルチキャスト時の帯域利用効率の低下が問題となる。また PON と比較し、光スイッチの電力が追加で必要となるといった問題がある。</p> <p>本論文では上記3つの要件を満たすために、拡張性の高い ActiON の利点を生かしつつ、マルチサービス適応可能な低消費電力アクティブ型光アクセスネットワークを提案する。本論文は以下のように構成される。</p> <p>第1章では、研究背景、次世代光アクセスネットワークにおける要件を明確化する。第2章では、次世代光アクセスネットワークの関連技術、本論文の位置付けを説明する。第3章では、ユーザの許容遅延を考慮して、スイッチングアイドル時間を最小化するスロット割当方式を提案し、ActiON と比較して最大88%のスイッチング回数の削減を示す。第4章では、可変スプリッタモードの PLZT 光スイッチを利用した、マルチサービス適応可能なアクティブ型光アクセスネットワークを提案し、ActiON と比較して最大81%の帯域利用効率の向上を示す。第5章では、マルチサービス適応可能なアクティブ型光アクセスネットワークにおける、光スイッチのモード切替回数を最小化する低消費電力スロット割当方式を提案し、PON と比較して最大75%、ActiON と比較して最大41%の消費電力の削減を示す。最後に第6章では、本論文の研究の結論を述べる。</p>				

# SUMMARY OF Ph.D. DISSERTATION

School School of Science for Open and Environmental Systems	Student Identification Number	SURNAME, First name ASHIZAWA, Kunitaka
<b>Title</b> Multi-Service Adaptable and Low-Power Consumption Active Optical Access Network Using High-Speed PLZT Optical Switches		
<b>Abstract</b> <p>In Japan, the number of the whole broadband service users reached 95 million, and the number of Fiber To The Home (FTTH) users reached 25 million in 2013. Also, demands are increasing to support multi services in access networks, including Internet protocol television (IPTV) , Video on Demand (VoD) , and Voice over Internet Protocol (VoIP). Unfortunately, the access networks already constitute about 70 percent of overall.</p> <p>There are three requirements for next-generation optical access networks to handle rapidly increasing traffic volume, support multi-services and reduce power consumption of network equipment: 1) scalability, 2) flexibility (multi-service adaptability), and 3) low-power consumption.</p> <p>The Passive Optical Network (PON) is widely used as an access network. The PON provides a low-cost and low-power network due to its use of an optical splitter. However, the PON is limited in terms of the maximum number of Optical Network Units (ONUs) (32) and the maximum transmission distance (20 km).</p> <p>To provide scalable access services, Active Optical Access Network (ActiON) using high-speed Plumbum Lanthanum Zirconate Titanate (PLZT) optical switches was proposed. It quadruples the number of ONUs (128) per Optical Line Terminal (OLT) and doubles the maximum transmission distance (40 km), compared to the PON. However, as the ActiON uses slot-based switching, the transmission waiting time exceeds user's allowable delay, and it needs a large number of slots in multicast. Moreover, the ActiON consumes the power higher than the PON because it needs additional optical switches.</p> <p>To satisfy above three requirements, this dissertation proposes a multi-service adaptable and low-power consumption active optical access network, while keeping the advantages of ActiON, which realize the scalable access network. This dissertation is organized as follows. Chapter 1 describes the background of the dissertation and clarifies the requirements for next-generation optical access network. Chapter 2 illustrates next-generation optical access network technologies and the position of the dissertation. Chapter 3 proposes a delay-sensitive slot allocation method, which minimizes the switching idle time in the switch, considering the user's allowable delay. Numerical results show that the proposed method reduces the number of switching times by up to 88 percent, compared to the conventional method. Chapter 4 proposes a multi-service adaptable Active Optical Access Network (multi-service adaptable ActiON) by using the PLZT optical switch as the variable splitter mode in order to support the multicast function. Numerical results show that the proposed network dramatically reduces the required number of slots by up to 81 percent, compared to the conventional ActiON. Chapter 5 proposes a low-power consumption slot allocation method that reduces the number of mode changes in each switch element, while keeping the required number of slots in the multi-service adaptable ActiON. Numerical results show that the proposed network with the low-power consumption slot allocation method reduces the power consumption by up to 75 percent compared to the PON and by up to 41 percent compared to the conventional ActiON. Chapter 6 draws this dissertation to its conclusion with a useful summary of the advances raised herein.</p>		