

# 超高速光ネットワークにおける通信品質制御方式に関する研究

荒川 豊

## 論文の内容の要旨

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) や FTTH (Fiber To The Home) などに代表される高速アクセス網の普及、P2P をはじめとする大容量コンテンツの増加に伴い、バックボーンネットワークの大容量化が急務となっている。そこで、1本の光ファイバに複数の波長を多重する波長分割多重 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) 技術は、将来的にテラビット級の伝送が可能な方式として注目されている。しかしながら、電気的処理を行うコアノードを用いて、WDM ネットワークを構築する場合、コアノードにおける電気段での処理速度が光ファイバの伝送速度以下となり、これがネットワークの高速・大容量化のボトルネックとなるという問題点がある。その問題点を改善する方式として、宛先が同一の IP パケットを入口エッジノードにおいてまとめ、バースト性を有する IP パケット列 (以下、バースト信号と略) に多重することにより、バッファレスかつシンプルな制御でデータ転送を可能にする光バースト交換 (Optical Burst Switching : OBS) が注目されている。OBS は、複数のパケットをひとつのバースト信号として一括処理することにより、スイッチング粒度を大きくすることができ、現行のオプティカルデバイスとの親和性が高い。また、コアノードにおける電気的処理を低減することができるため、電気処理によるボトルネックを解消し、高速化が期待できるスイッチング方式である。一方、インターネットを介してやりとりされるデータはメールやホームページ閲覧にとどまらず、IP 電話や音楽配信サービス、ビデオストリーミング放送など多種多様でバースト性の強いデータが増加している。そのためバックボーンネットワークにおいても、ベストエフォートではなく棄却率や遅延に対する QoS (Quality of Service) の差別化・同等化を実現することが重要な研究課題となっている。

本研究では、OBS ネットワークにおいて通信品質の差別化を行うためのバースト信号生成方式、および公平な通信品質を保つための分散公平性制御方式を提案し、計算機シミュレーションにより、その有効性を示している。以下に具体的内容を示す。

第1章では、研究背景や目的、および本研究の基礎となる光デバイス技術、IP over WDM 技術、ネットワークアーキテクチャの変遷について述べている。

第2章では、光バースト交換におけるネットワークアーキテクチャ、ノードアーキテクチャ、シグナリング方式やバースト生成方式などのさまざまな研究に関して、従来研究として示している。また、それらの中での本研究の位置づけについて述べている。

第3章は出力競合によるパケット損失を低減するために競合したバースト信号を部分的に廃棄する OBS-BD (Optical Burst Switched Network with Burst Dropping) ネットワークにおける QoS (Quality of Service) 差別化方式について述べている。OBS-BD ネットワークでは、複数のバースト信号が同一出力を目指す場合、後から到着したバースト信号の前方に当たる重複部分を廃棄する。そこで、バースト信号を優先度の異なるパケット群で構成し、競合時に廃棄の対象となる前方部分に低優先度パケット、後方部分に高優先度パケットというようにバースト信号内のパケット列の並び順に優先度をマッピングするバースト信号生成方式を提案する。そして、計算機シミュレーションにより、提案方式が、高優先パケットのパケット遅延を増大させることなく優先制御を行うことが可能となることを示す。

第4章ではバースト性の高いトラフィックを柔軟かつ公平に扱うことができるメトロポリタンネットワークの構築を目的とし、上流優先スイッチングと分散公平性制御を用いた光バースト交換リングネットワークについて述べている。一方向予約を用いる光バースト交換では、中間ノードにおける高いバースト棄却率が問題となる。提案方式では、上流優先スイッチングを用いることにより、中継ノードにおけるバースト信号の棄却をなくす。同

時に、分散公平性制御により上流優先スイッチングの問題点である、あて先から遠い送信ノードほど高い優先度となる位置優先度による不公平を解決する。計算機シミュレーションにより、提案アーキテクチャがホットスポットトラヒック下においても良好な特性を示すことを示す。

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

## 論文審査の結果の要旨

学士（工学）、修士（工学）荒川豊君の学位請求論文は、「超高速光ネットワークにおける通信品質制御方式に関する研究」と題し、5章から成る。

バッファレスかつシンプルな制御でデータ転送を可能にする光バースト交換（Optical Burst Switching：OBS）が注目されている。OBSは、複数のパケットをひとつのバースト信号として一括処理することにより、スイッチング粒度を大きくすることができ、現行のオプティカルデバイスとの親和性が高い。また、コアノードにおける電氣的処理を低減することができるため、電気処理によるボトルネックを解消し、高速化が期待できるスイッチング方式である。一方、インターネットを介してやりとりされるデータはメールやホームページ閲覧にとどまらず、IP電話や音楽配信サービス、ビデオストリーミング放送など多種多様なバースト性の強いデータが増加している。そのためバックボーンネットワークにおいても、ベストエフォートではなく棄却率や遅延に対するQoS（Quality of Service）の差別化・同等化を実現することが重要な研究課題となっている。本論文では、OBSネットワークにおいて通信品質の差別化を行うためのバースト信号生成方式、および公平な通信品質を保つための分散公平性制御方式を提案し、計算機シミュレーションにより、その有効性を示している。

まず、第1章で本研究の目的と概要、および本研究の基礎となる光デバイス技術の変遷について述べている。第2章では、光バースト交換におけるさまざまな諸研究を従来研究として示し、その中での本研究の位置付けについて述べている。

次に第3章では、出力競合によるパケット損失を低減するために競合したバースト信号を部分的に廃棄するOBS-BD（Optical Burst Switched Network with Burst Dropping）ネットワークにおけるQoS（Quality of Service）差別化方式について述べている。OBS-BDネットワークでは、複数のバースト信号が同一出力を目指す場合、後から到着したバースト信号の前方に当たる重複部分を廃棄する。そこで、バースト信号を優先度の異なるパケット群で構成し、競合時に廃棄の対象となる前方部分に低優先度パケット、後方部分に高優先度パケットというようにバースト信号内のパケット列の並び順に優先度をマッピングするバースト信号生成方式を提案する。そして、計算機シミュレーションにより、提案方式が、高優先パケットのパケット遅延を増大させることなく優先制御を行うことが可能となることを示している。

最後に第4章ではバースト性の高いトラヒックを柔軟かつ公平に扱うことができるメトロポリタンネットワークの構築を目的とし、上流優先スイッチングと分散公平性制御を用いた光バースト交換リングネットワークについて述べている。一方向予約を用いる光バースト交換では、中間ノードにおける高いバースト棄却率が問題となる。提案方式では、上流優先スイッチングを用いることにより、中継ノードにおけるバースト信号の棄却をなくす。同時に、分散公平性制御により上流優先スイッチングの問題点である、あて先から遠い送信ノードほど高い優先度となる位置優先度による不公平を解決する。計算機シミュレーションにより、提案アーキテクチャがホットスポットトラヒック下においても良好な特性を示すことを示している。

以上要するに本論文は、高い独自性で、次世代超高速光ネットワークである光バースト交換における通信品質制御方式を提案し、通信品質の柔軟な制御を可能と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事を示したといえる。

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。

以上

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	中川 正雄
		慶應義塾大学教授	工学博士	天野 英晴