

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：32503

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760282

研究課題名（和文） スロット型光バーストスイッチングにおける光符号分割多元接続による競合解決

研究課題名（英文） Contention resolution using optical code division multiple access techniques for slotted optical burst switching

研究代表者

鎌倉 浩嗣（KOJI KAMAKURA）

千葉工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：60344967

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、光バーストスイッチングの通信品質をより高め光信号処理機能を追加するために、光符号分割多元接続（OCDMA）技術による符号化を行なうことを検討した。符号化することで、中継ノードにおいて予約競合があっても受信ノードにおける成功確率を高めることができること及び片方向予約によって予約信号が送受信ノード間を往復する間何もしないでいる時間にもスロット伝送が可能になることから、バースト伝送効率を改善できることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）： In this project, the use of optical code division multiple access technique is investigated for efficient and flexible optical burst switching. It is shown that by encoding optical bursts, they will pass through nodes in the core network even if burst contentions occur at the nodes, thus increasing the success probability of burst transmission.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：情報通信光学

科研費の分科・細目：通信・ネットワーク工学

キーワード：符号分割多元接続，誤り訂正符，バーストスイッチング，メディアアクセス制御，干渉除去，多元接続干渉

1. 研究開始当初の背景

現在、バックボーンネットワークの多くの部分は光ファイバによって構築され、回線速度という点では光ファイバのもつ大容量・広帯域の利点を享受できるインフラ環境が整いつつある。しかしながら、各ノードにおいて光信号から、各ノードにおける光信号から

電気信号への変換した後に再び光信号に戻すというような光電気変換を行っているために、このボトルネックを解消するためにネットワーク全体を光学段で処理する全光ネットワークが次世代光ネットワークとしてその構築が有望視されている。特に、インターネットに代表されるパケット型トラフィ

ックを光学段で行う光パケットスイッチングに向けた研究は極めて重要な研究課題となっている。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、将来の光パケットスイッチングの実現に向けて注目されるスロット型光バーストスイッチング (OBS: Optical Burst Switching) における予約競合によるバースト棄却問題に対して、光符号分割多元接続 (OCDMA: Optical Code Division Multiple Access) による光信号の符号化によって解決する方法の確立である。本研究課題では、片方向予約型 S-OBS におけるネットワーク負荷が小さいとき、訂正符号の導入による消失誤りの復号によって、許容数以上の異なるバースト数が一スロットあたりに伝送される場合でも当該スロットのバーストデータが誤ったとしても正しく復元することができることに基づいて、ネットワーク負荷が大きいときは、誤り訂正符号化により冗長ブロックの転送が必要になる分だけ、負荷の上昇を招くことになるので、複数の送信ノードで同様に行う場合、指数関数的にネットワーク負荷の増大を招くことになる問題に取り組んだ。

3. 研究の方法

ここでは、主な研究成果として、OBS における OCDMA の適用の要素技術として、OCDMA の干渉除去機能を高める研究について報告する。

OCDMA は、ユーザ毎に割り当てられた拡散符号を用いて光パルスを符号化し多元接続を行う方式である。OCDMA は、中央制御局を必要とせず、コストと効率の面から見て現実的に、現在および将来の通信とコンピュータネットワークで必要な帯域幅や接続性を提供できる。

OCDMA で用いられる符号の一つに光直交符号 (OOC) がある。OOC は、0 と 1 で構成された一定の符号長、重み、自己相関値と相互相関値を満たす符号系列の集合である。OOC は単極性を用いることから完全直交ではない。この疑似直交符号により符号化された複数のノードからの信号が一つのファイバを共有することにより、符号系列間の相互相関により生じる多元接続干渉 (MAI) が問題である。この MAI の影響により受信機においてビット誤りが発生する。

この MAI の影響を緩和するため、物理層において符号の設計により達成する研究がされている。しかし、同時接続ノード数が増えるにつれパケット伝送に誤りが生じ、結果としてスループットが低下してしまう。そこで、OCDMA のメディアアクセス制御層 (MAC 層) において干渉回避方式が盛んに検討されて

いる。時間拡散の干渉回避方式は解析とスループットを向上させるために検討した結果、OCDMA ネットワークにおける MAC 層の重要な役割はチャンネル上で MAI の緩和もしくは回避し、ネットワーク全体のスループットを向上させることにある。

(1) 不均等パルス強度拡散方式

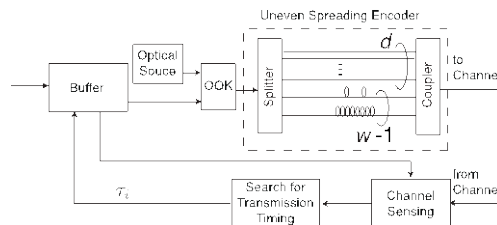


図 1: 不均等パルス強度拡散を用いた干渉回避方式における送信機

図 1 に不均等強度拡散における送信機を示す。送信機はバッファ、チャンネル検知部、送信タイミング探索部、光パルス発信器、OOK 変調器と不均等パルス強度拡散符号化器からなる。送信機にデータが到着し、バッファに格納されると、チャンネル検知部と送信タイミング探索部が動作する。チャンネル検知部と送信タイミング探索部の動作は次節で説明する。ここではチャンネル検知と送信タイミングが決定したあと行われる不均等パルス強度拡散を用いたデータ送信について説明する。OOK 変調器において、光パルス発信器で励起された光パルスを送信ビットによってビット時間 T ごとに OOK 変調を行う。不均等パルス強度拡散符号化器において、OOK された光パルスはスプリッタによって $d \times w-1$ に分岐された後、符号系列の重み位置の先頭に d 、それ以外の重み位置に $w-1$ を配置されるように光遅延線によって遅延される。結果として、励起された光パルスは 1 個の高強度パルスと $w-1$ 個の低強度パルスに拡散される。

(2) 干渉回避アルゴリズム

干渉回避はチャンネル検知部と送信タイミング探索部の二つから成る。チャンネル検知部はデータビット送信前に動作を開始する。チャンネル検知は、 F 個のチップ位置ごとのパルス強度情報を保持できるメモリを保持しており、連続した F チップにおいてチャンネル検知のしきい値 θ で各チップ位置の光パルス強度の検知を行う。チャンネル検知の結果、しきい値以上の光強度を検知したチップ位置のチャンネル情報を“1”にする。この動作を観測ビット数 β 回だけ繰り返す。このとき、一度チャンネル情報が“1”となった場合チップ位置についてのチャンネル情報は“1”のままとする。チャンネル検知が終了した場合、保持している各チップ位置のパル

4. 研究成果

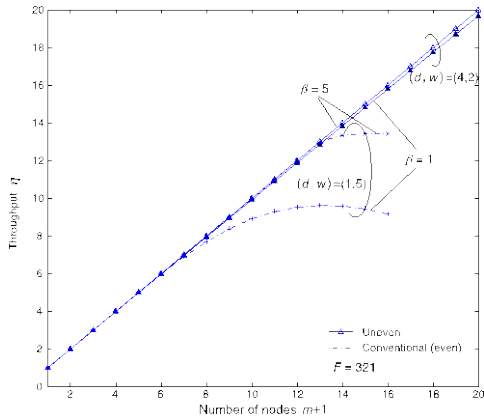


図 4 : 不均等パルス強度拡散方式 $(d, w)=(4, 2)$ と従来方式 $(d, w)=(1, 5)$ におけるノード数 $m+1$ に対する衝突確率

図 4 に不均等パルス強度拡散方式 $(d, w)=(4, 2)$ と従来方式 $(d, w)=(1, 5)$ におけるノード数 $m+1$ に対する衝突確率を示す。このとき、符号長 $F=321$ であり観測ビット数 $\beta=1$ と 5 である。図より、 $\beta=1$ のとき、本研究課題の方式は従来方式より衝突確率が低いことがわかる。この理由はチャネル検知において検出されないチップ数が減少するからである。従来方式ではチャネル検知によって検出されるチップ数は最大で $m \times w$ であるのに対して、本研究課題の方式では検出されるチップ数は少なくとも m に減少させることができる。

実際、低強度パルスが互いに衝突することによってしきい値以上に達する場合があります、検出されるチップ数は m チップ以上となる場合があるが従来方式よりもはるかに少ない。

また、 $\beta=5$ のとき、ノード数 $m > 13$ において提案方式はビット衝突確率 10^{-3} を維持しているのに対して従来方式では急激に上昇してしまうことが分かる。これはチャネル検知において検出されるチップ数が増加することにより、送信タイミングが発見できなくなるからである。

送信ノードはデータ送信前に行うチャネル検知で検出されるチップ数が多い場合、送信タイミングが発見できず結果として失敗となる確率が増加する。

一方、提案方式は従来方式よりしきい値以上であると検出されるチップ数が少ないので送信タイミングが発見できないことによる急激な上昇が見られず、これらのことから本研究課題の有効性が確認できる

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 市川浩之, 鎌倉浩嗣, "先行帯域予約を用いた OBS ネットワークにおけるスケジューラバッファの最適化," 電子情報通信学会論文誌, vol. J95-B, no. 7, pp. 2012 (査読有)

[学会発表] (計 4 件)

- ① Hiroyuki Ichikawa and Koji Kamakura, "Dimensioning a Scheduler Buffer in OBS Networks Using Forward Resource Reservation," Proceedings of International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC2012), pp. 217--221, Maui, Hawaii, USA, 2012 年 1 月 28 日.
- ② Shoichiro Matsumoto and Koji Kamakura, "Interference avoidance using uneven intensity spreading scheme for OCDMA," Proceedings of 2011 IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'11), Houston, Texas, USA, 2011 年 12 月 7 日.
- ③ 松本翔一郎, 鎌倉浩嗣, "OCDMA における不均等パルス強度拡散を用いた干渉回避方式," 電子情報通信学会 ネットワークシステム (NS) 研究会, NS2011-85, pp. 19--24, 名古屋市, 2011 年 10 月 13 日.
- ④ Koji Kamakura, "Performance analysis of parallel combinatory hybrid pulse interval modulation optical code division multiple access systems," Proceedings of 2010 7th International Symposium on High-Capacity Optical Networks and Enabling Technologies (HONET'10), pp. 217--221, Cairo, Egypt, 2010 年 12 月 20 日.

[その他]

ホームページ等

<http://www.kama.cs.it-chiba.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鎌倉 浩嗣 (Koji Kamakura)
千葉工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号：60344967

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし