

機関番号：32619

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20560368

研究課題名（和文） 波長ルーティングを用いた短距離高速光通信の研究

研究課題名（英文） Research of short-reach high-speed optical fiber telecommunications using wavelength routing

研究代表者

加島 宜雄 (KASHIMA NORIO)

芝浦工業大学 工学部 教授

研究者番号：50306924

研究成果の概要（和文）：

アクセス網の個々の加入者に波長を割り当て、下り 10Gbps, 上り 2.5Gbps の高速な信号を WDM-PON で提供する検討を行い、パターン効果を抑圧した半導体光アンプの利得圧縮を利用して注入同期した FP-LD を用いて下り 10Gbps, 上り 2.5Gbps 伝送実験を実現させた。さらなる次世代のアクセス網として各加入者に 1 Tbps を提供可能な空間多重・波長多重並列光伝送の両方を組み合わせた SDM-WDM 並列光伝送を提案した。空間多重の並列光伝送と個々のノードに波長を割り当て、波長をアドレスとした波長ルーティングを用いたフォトニック LAN (パラウエーブネットワーク) を提案・検討し、波長切り替えの基礎実験を行った。

研究成果の概要（英文）：

Investigation of 10Gbps downstream and 2.5Gbps upstream in access network has been made. We used injection-locked FP-LD transmitters with gain-saturated SOA without pattern effect for this purpose. Transmission of 10Gbps downstream and 2.5Gbps upstream is successfully realized. For next generation access network, we propose SDM-WDM parallel transmission to realize 1Tbps for each subscriber. Fundamental wavelength-switching experiments were made for the proposed array-type transmitters using side-mode injection locking in a photonic LAN.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1200000	360000	1560000
2009 年度	800000	240000	1040000
2010 年度	500000	150000	650000
年度			
年度			
総計	2500000	750000	3250000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学：通信・ネットワーク工学

キーワード：ネットワーク・LAN、光LAN、光アクセス網

1. 研究開始当初の背景

光通信技術が従来の長距離・中継系への適用に加えて、イーサネットなどで代表される構内

網（LAN）、スーパーコンピュータで代表される超高速情報処理装置や記憶装置間の短距離通信送信装置分野、アクセス網（加入者網）などに適用されてきている。今後も、

100 Gbps のイーサネットの検討や、各家庭に数 Gbps のサービスを提供するなど、このような短距離の通信においても、着実に高速化が進められていくと考えられる。

2. 研究の目的

このような高速化の背景において、本研究は、ノードや光端末に波長を割り付けて、波長をアドレスとした波長ルーティングを用いた短距離高速光通信により、将来の高速短距離光通信技術を開拓することを目的としている。具体的には光LAN（ここではフォトニックLANと呼ぶ）と光アクセス網の構築形態のひとつであるWDM-PONを対象に、波長をアドレスとした波長ルーティングを用いた高速光通信を研究する。これにより、精細な静止画像、動画などを高速に伝送でき、企業活動の円滑化、医療や教育の地域格差の解消、在宅での医療など高齢化社会への対応に貢献できる。

3. 研究の方法

波長をアドレスとした波長ルーティングを用いた短距離高速光通信にとって重要なフォトニックLANでの波長切り替え、フォトニックLANのネットワーク構成法、WDM-PON (Wavelength division Multiplex-Passive Optical Network)での下り信号の消光比の確保等の諸課題につき実験的およびシミュレーションを含む理論的な両面から検討する。

4. 研究成果

(1) WDM-PON

アクセス網の個々の加入者に波長を割り当て、下り 10Gbps, 上り 2.5Gbps の高速な信号をPONのネットワークで提供する。このため、下りの信号光をFP-LDに注入同期する事で同じ波長の光で上り信号とする図1の構成を検討した。この構成では各加入者の波長の管理が局(OLT)側で可能である事と上り下りの波長が同一なため波長数が少ない長所がある。強度変調した消光比 E_x の大きな下り信号光は受信特性が良好であるが、注入同期が困難である。これを解決するため半導体光アンプ(SOA)の利得圧縮を利用して E_x を低下する事を考案した。その際、SOAはパターン効果が発生するので、それのない量子ドットのSOA(図2-b)もしくは通常SOAにCW光を入れて(図2-a)パターン効果を抑圧する方法を提案した。図2-aの方法を用いて $E_x = 7$ dBの下り信号光を $E_x = 3.4$ dBに圧縮でき注入同期したFP-LDを直接変調2.5Gbpsでパワー

ペナルティを8 dB 向上する事が出来た。(図3)。この手法で当初の目標である下り 10Gbps, 上り 2.5Gbps 伝送実験を実現させた。その場合、下り 10Gbps 信号光の E_x と上り 2.5Gbps の受信パワーペナルティの理論カーブを計算し、実測値がこのカーブに乗る事を確認した(図4)。

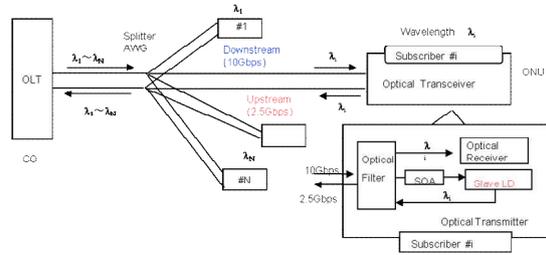


図1 提案・検討した WDM-PON

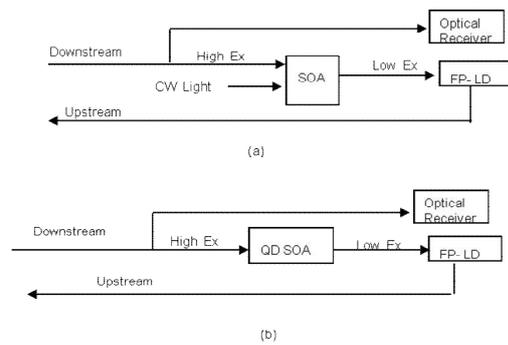


図2 提案したパターン効果抑圧SOA利得圧縮方法

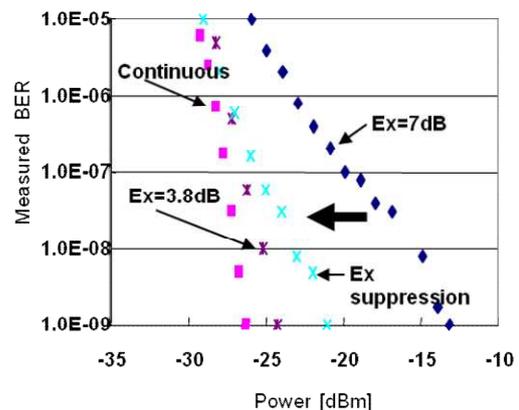


図3 2.5Gbps 伝送実験 (BER)

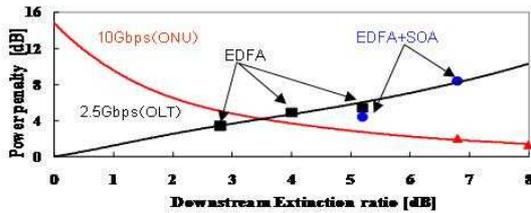


図4 10Gbps 信号光の Ex と上り 2.5Gbps の受信パワーペナルティの関係

(2) SDM-WDM並列光伝送

WDM-PONなどの将来のアクセス網のさらなる次世代のアクセス網として空間多重並列光伝送と波長多重並列光伝送の両方を組み合わせたSDM-WDM並列光伝送を提案した。この構成では、個々の加入者にリボンファイバ（テープ心線）を配線し、上り・下り 1Tbps の信号を提供する（Fiber-ribbon to the Home）。

(3) フォトニック LAN

高速伝送するために空間多重（SDM）で並列光伝送し、さらに個々のノードに波長を割り当て、波長をアドレスとした波長ルーティングを用いた図5のフォトニックLANを提案・検討した。このための光送信機の構成案として図6の注入同期を用いた構成を提案、検討した。マスター光を切替える事で複数のLD（スレーブLDアレー）の波長を同時に同じ波長に切替える。これにより特定のノードに信号を送信する（波長ルーティング）事を実現する。この提案方法の基礎実験として2波長の切替え実験を行った。図7のように切替えに成功したがマスター光（注入光）が無くなる時にFP-LDがフリーランニング状態になり図7から分かるように波長の漏れ（クロストーク）が生じる。これを避けるために2つの方法を提案した。方法1は弱いCW光を常に注入する事、方法2はマスター光の切替え時間を短縮する事。両方法でも約0.1から0.2nsの遷移時間が避けられない事を明らかにした。このためクロストークが生じて問題のないNW構成の工夫もしくはFECなどの導入が必要である。

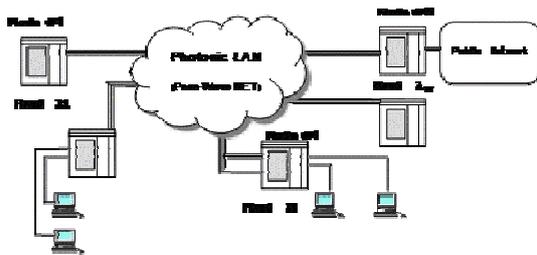


図5 フォトニック LAN

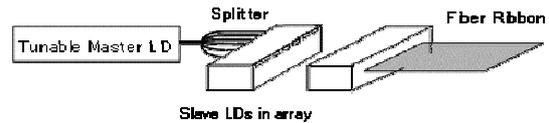


図6 注入同期を用いた並列光伝送トランスミッター

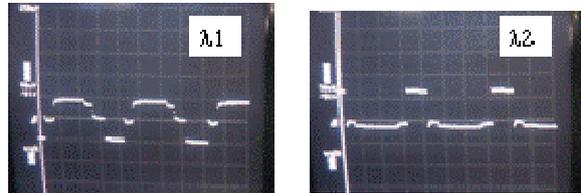


図7 波長切り替え実験結果

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6件）

[1] N.Kashima, “Relaxation of Temperature Control of a Transmitter using Side-mode Injection Locking by Two-wave Injection Method”, J. of Optical communications, vol.29, No.1, pp 5-8 (2008)
 [2] N.Kashima, “Injection-Locked FP-LD Transmitters with SOA for WDM-PON”, IEEE/OSA J. of Lightwave Technol, vol.27, No.12, pp2132-2139, (2009)
 [3] N.Kashima, “SDM-WDM Parallel Transmission using a Fiber Ribbon for Ultra High-speed Access Networks”, J. of Optical communications, vol.30, No.3, pp143-149 (2009)
 [4] N.Kashima, “Bi-directional Transmission Experiments using Injection-locked FP-LD Transmitters for WDM-PON”, J. of Opt. Commun, vol.31, No.1, pp2-6 2010.5
 [5] N.Kashima, K. Fukui, and A. Suzuki, “Study of Access Methods in High-speed Photonic LANs (Para-Wave NET)”, J. of Opt. Commun, vol.31, No.1, pp25-29 2010.5
 [6] N.Kashima, “Transmitters of array-type LDs using Side-mode Injection Locking for High-speed LAN”, J. of Opt. Commun, vol.31, No.3, pp162-167 2010.10

〔学会発表〕（計7件）

[1] 加島宜雄, ” シングルモードテープ心線を用いたSDM高速伝送の検討” 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-13-15 (2008-9)
 [2] 鈴木明子,加島宜雄, ” スターカプラを用いたフォトニック LAN におけるアクセス方式の比較” 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B

-7-62 (2008-9)

[3] 加島宜雄, ”超高速光アクセス網構築に向けたSDM-WDM並列伝送の提案とSMテープ心線の検討” 電子情報通信学会技術研究報告 光ファイバ応用技術 OFT2008-44 (2008-10)

[4] 加島宜雄, ”SDM-WDM並列光伝送におけるシングルモードテープ心線の検討” 電子情報通信学会総合全国大会 B-13-35 (2009-3)

[5] 加島宜雄 “超高速光アクセス網構築に向けたSDM-WDM並列伝送におけるファイバスキューの検討” 電子情報通信学会技術研究報告 光ファイバ応用技術 OFT2009-46
2009.10.30

[6] 加島宜雄 “SDM-WDM並列光伝送における応力下におけるスキューの検討” 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-13-47、2010.9.16

[7] 加島宜雄 福嶋翔太, “SDM-WDM並列光伝送における応力のWDMスキューの測定” 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会 B-13-48、2010.9.16

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加島 宜雄 (KASHIMA NORIO)

芝浦工業大学 工学部 教授

研究者番号: 50306924

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし