

対称型マルチギガビット次世代光アクセスシステムに関する研究 (052207003)

A study on symmetric multi-gigabit next generation optical access system

研究代表者

北山研一 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻

Ken-ichi Kityama Department of Electronic and Information Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University

研究分担者

丸田章博[†] JiHochul[†] 中川直樹[†] 一番ヶ瀬広^{††}

中川潤一^{††} 野上正道^{††} 野田雅樹^{††} 鈴木巨生^{††} 吉間聡^{††}

Akihiro Maruta[†] Ji Hochul[†] Naoki Nakagawa[†] Hiroshi Ichibangase^{††}

Junichi Nakagawa^{††} Masamichi Nogami^{††} Masaki Noda^{††} Naoki Suzuki^{††} Satoshi Yoshima^{††}

[†]大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻 ^{††}三菱電機株式会社情報技術総合研究所

[†]Department of Electronic and Information Systems Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka University ^{††}Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

インターネットトラフィックの増大に伴い、経済的かつ高速な光アクセスシステム (FTTH : Fiber to the Home) が求められており、これまでに上り下りとも 1.25Gb/s の GE-PON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) の開発、商用導入が進められてきた。しかしながら、今後急速な伸びが予想される超高精細ビデオ配信や peer-to-peer アプリケーションなどをユーザに快適な速度で提供するためには、超マルチギガビットクラスでかつ上下回線の帯域が対称型の次世代アクセスシステムが必須である。本研究開発では、上り下りともに超高速でかつ既存システムとコンパティブルな FTTH システムを実現することに焦点を絞り、10GE-PON(10Gigabit Ethernet PON)技術と光 CDMA(Code Division Multiple Access)技術を適用した対称型マルチギガビット次世代光アクセスシステムに関する研究開発を行う。

Abstract

It is required to realize high-speed, economical FTTH systems due to massive increase of internet traffic. Therefore, GE-PON system, which can reach a 1.25Gbit/s bit-rate, has been developed and introduced into commercial networks. However, the demand for multi-gigabit bandwidth-symmetric next generation access networks is now strongly increased to provide the high-bandwidth and low-latency services comfortably. In this paper, we report the symmetric multi-gigabit next generation optical access systems applying the technology of 10GE-PON and optical CDMA over WDM. This system can realize ultra high-speed and compatible with existing access networks.

1. まえがき

次世代光アクセスシステムとして、上り下りともに超高速でかつ既存システムとコンパティブルな FTTH システムが求められている。本研究開発では、GE-PON を光 CDMA にて多重化する『イーサネットフレーム伝送実験システム (Ethernet over OCDMA) 』に関する研究開発、および 10GE-PON over OCDMA を実現する要素技術開発を行ったので報告する。

2. 研究内容及び成果

2. 1 光 CDMA イーサネットフレーム伝送

対称型マルチギガビット次世代光アクセスシステムの実現に向けて、Ethernet over OCDMA の検証を大阪大学と三菱電機共同にて実施した[1]。図 1 に、Ethernet over OCDMA システムの検証実験系の構成を示す。送信光源としては、中心光波長 1550nm の MLLD (Mode-locked laser diode) を用い、繰り返し周波数 1.25GHz の光パルス列を出力した。また、データ変調するための外部光変調器には、DC 駆動によりバースト動作が可能な EA (Electro-absorption) 変調器を適用した。光 CDMA 符号器・復号器としては、10Gbit/s 光 CDMA システムにも適用可能な 63 チップ (640Gchip/s) の SSFBG (Super-structured Fiber Bragg grating) 光符号器・復号器を用いた。さらに、干渉光符号信号である FBG2 か

らの相互相関波形を除去し光復号化信号を特性改善するために、PPLN (Periodically poled Lithium Niobate) の波長変換型光閾値処理器を用いた。

図 1 に、各部の出力波形を併せて示す。これらの波形から、測定パケット信号と干渉パケット信号がバースト多重化されていること、また、自己相関波形の符号誤り率測定において悪影響を及ぼす相互相関波形が、光閾値処理器により除去されており、良好なバースト光受信器出力が得られていることが分かる。

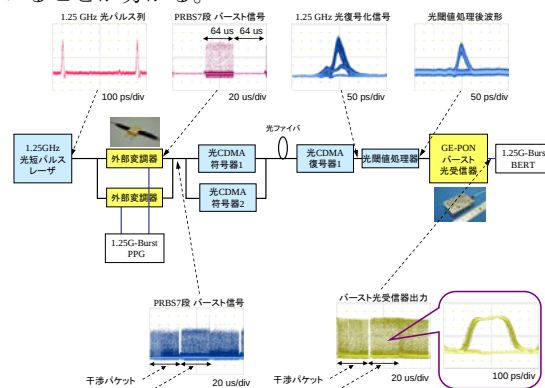


図 1 Ethernet over OCDMA システムの検証実験系

図2に、本実験における符号誤り率の測定結果を示す。バースト多重、符号多重の4通りの組み合わせについて評価した。図2より明らかなように、1バースト・2バーストともに1符号の場合は、符号誤り率 10^{-12} 以下の良好なエラーフリー特性を達成した。一方、1バースト・2バーストともに2符号の場合は、 10^{-12} 台の符号誤り率が残るが、GE-PONの国際標準規格であるIEEE 802.3-2005TMに準拠したRS(255,239)符号(Reed-Solomon code)によるFEC(Forward error correction)を適用することにより、符号誤り率 10^{-4} を 10^{-12} に誤り訂正可能であり、十分にエラーフリー特性を達成できる。

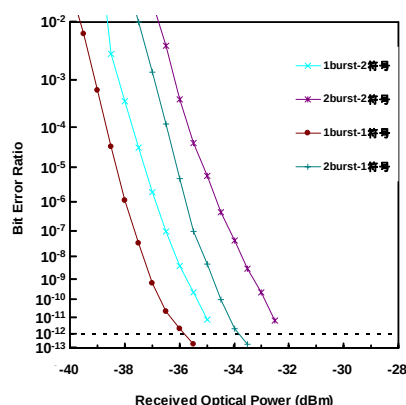


図2 符号誤り率特性

2. 2 10G-PON用光インタフェース技術(三菱電機)

一方、三菱電機においては10Gb/s次世代光アクセスシステム(10G-PON)のバースト光送受信器の高速化について検証を実施した。図3に、開発を行った10G-PONバースト光受信器の構成とその受信波形を示す。測定パケット前に平均光出力を-8dBmの干渉パケットを設置し、測定パケット(消光比:6.0dB)の平均光出力を変えて、データ領域の符号誤り率特性を評価した。なお測定パケットは、01交番のオーバーヘッド(800ns)とデータ領域(300us)からなり、2つのパケット間ガードタイムを削除したフレーム構成とした。受光レベル-23.4dBm以下で符号誤り率 10^{-12} 以下の良好なエラーフリー特性が得られており、高速バースト応答特性と高感度特性の両立を実現した[2]。

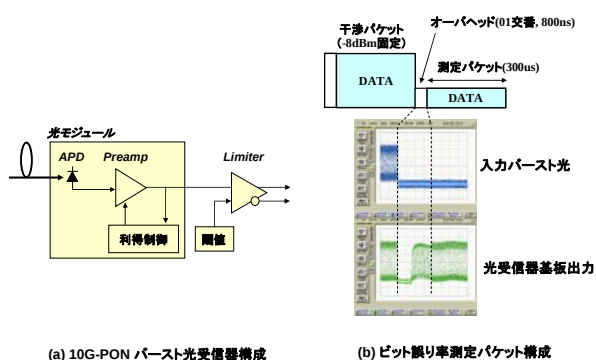


図3 10G-PONバースト光受信器の構成と受信波形

2. 3 10Gbps対称型光CDMA技術(大阪大学)

大阪大学においては、10Gbps、8ユーザDPSK(Differential-Phase-Shift-Keying)光CDMAの実験を行った。図4に、1ユーザ(K=1)と8ユーザ(K=8)についての16値位相シフト光符号のSSFBGを用いた場合のビット誤り率測定結果を示す。実験系では送信側には16x16ポートAWG型光符号器を置き、受信側にはSSFBG光復

号器を配置した。光源は波長1550.8nm、パルス幅1.8ps、繰り返し周波数9.95328GHzのモード同期半導体レーザを用い、10Gbps、 $2^{23}-1$ のDPSK信号を発生させた。受信は1ビット光遅延器を用いバランスフォトダイオードによって検波した。図4に示す通り、上下回線ともにビット誤り率 10^{-9} で約4dBのパワーペナルティで8ユーザが収容できることが確認できた[3]。

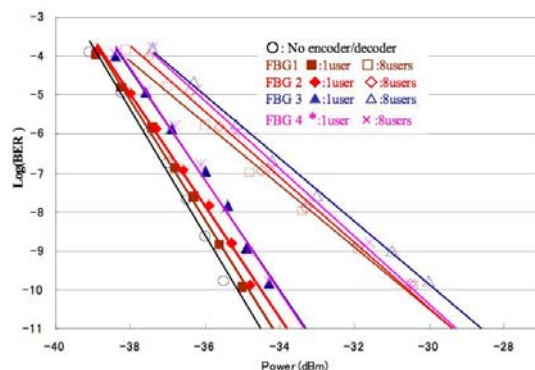


図4 10Gbps光CDMA符号誤り率特性(下り回線)

3. むすび

超マルチギガビットクラスの対称型マルチギガビット次世代光アクセスシステムの実現に向けて、光CDMA技術を適用したイーサネットフレーム伝送実験システムの最終検証を実施し、2バースト2符号においても良好な伝送特性を確認した。また、バースト光送受信器、および光CDMA符号・復号器について10Gb/s信号で用いることが可能な良好な特性を得た。

【誌上発表リスト】

- [1]浜中太郎、中川直樹、野田雅樹、中川潤一、北山研一、"OCDMAのバースト伝送方式への適用検討、"電子情報通信学会2007年総合大会(名古屋)(2007年3月)
- [2]J.Nakagawa, "Key technologies of GE-PON burst-mode receivers and future PON systems (Invited)," OFC2007, (2007年3月)
- [3]X.Wang, N.Wada, G.Cincotti, T.Miyazaki, and K.Kitayama, "Field Trial of 3-WDM x10-OCMDA x10.71 Gbps, asynchronous, WDM/DPSK-OCMDA using hybrid E/D without FEC and optical thresholding," IEEE/OSA J. Lightwave Technol., Vol.25, No.1, pp.207-215, 2007.

【申請特許リスト】

- [1]北山、H.Ji、山下、"WDM受動光ネットワークシステム、"日本、2007年2月26日
- [2]中川、"ポイント-マルチポイント通信システム、"日本、中国、韓国、台湾、アメリカ、イギリス、フランス、ドイツ、2006年3月23日
- [3]野田、"光受信器、"日本、中国、韓国、台湾、アメリカ、イギリス、ドイツ、2006年12月21日

【受賞リスト】

- [1]鈴木巨生、電子情報通信学会学術奨励賞、"バースト光増幅GE-PONシステムの検討、"2006年3月

【報道発表リスト】

- [1]"次世代の超高速光加入者ネットワークに向けた10G-PON光送受信ICを開発、"プレス発表、2007年2月15日