

平成22年度「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の研究開発成果について

1. 施策の目標

次世代加入者系光ネットワークの実現に向けて、10Gbps級の総システム容量を有し、総伝送距離100km以上の光アクセスネットワークシステムを実現する「広域加入者系ネットワーク技術」に係わる研究開発を行う。具体的には、100km圏級でもFTTH(Fiber To The Home) サービスを可能とするネットワーク広域化技術として、高速バースト制御小型光増幅技術と高速バースト制御光伝送技術の研究開発を実施する。

2. 研究開発の背景

世界に先駆けて導入された日本のFTTHサービスは、2004年からのGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network: 1.25Gbps) 導入を契機に本格的な普及を遂げている。FTTH加入者数は、平成22年12月末現在、1,977万を超え、ブロードバンド契約者数の57%を占めており、DSL(Digital Subscriber Line) の25%から完全に主役の座を奪い取るに至っている。しかしながら、現状の加入者系光ネットワークにおいては、光ファイバによる伝送路損失や波長分散、非線形光学効果の影響によって信号が劣化するため、最大伝送距離が20km以下に制限されている。20kmを超える加入者へのFTTHサービスの提供には、新たに多額の設備投資が必要となるため、収益性の高い人口密集地域と収益性の低い過疎地域との間でサービス提供に格差、いわゆる「デジタルデバイド」が生じているという課題がある。このようなデジタルデバイドの問題を解消するためには、100km圏級でもFTTHサービスを提供可能な広域での光ネットワークを構成する、「高い瞬時応答性能」「広いダイナミックレンジ」「小型・低消費電力」「経済的」といった特徴を具備する光増幅器や光送受信器を実現することが必要である。

3. 研究開発の概要と期待される効果

(1)伝送距離の増大に伴う伝送路損失補償に関する課題への対策

- ・経済的かつ低雑音、広ダイナミックレンジを有する高速バースト制御光増幅器技術の確立。
- ・低偏波依存かつ小型・低消費電力を実現する光増幅器構成技術の確立。
- ・波長多重(WDM)技術の適用を想定し、波長数変動時にも自律的に対応可能な自動制御技術の確立。

(2)伝送距離の増大に伴う高速光伝送信号劣化に関する課題への対策

- ・広ダイナミックレンジ化を実現するために高速利得制御機能(AGC)および高速閾値生成機能(ATC)を適用した、高速バースト光送受信技術の確立。
- ・信号劣化を抑圧可能なデジタル信号処理を適用した高分散耐力光送受信技術の確立。
- ・低コスト光/電気デバイスを適用可能な光送受信技術の確立。

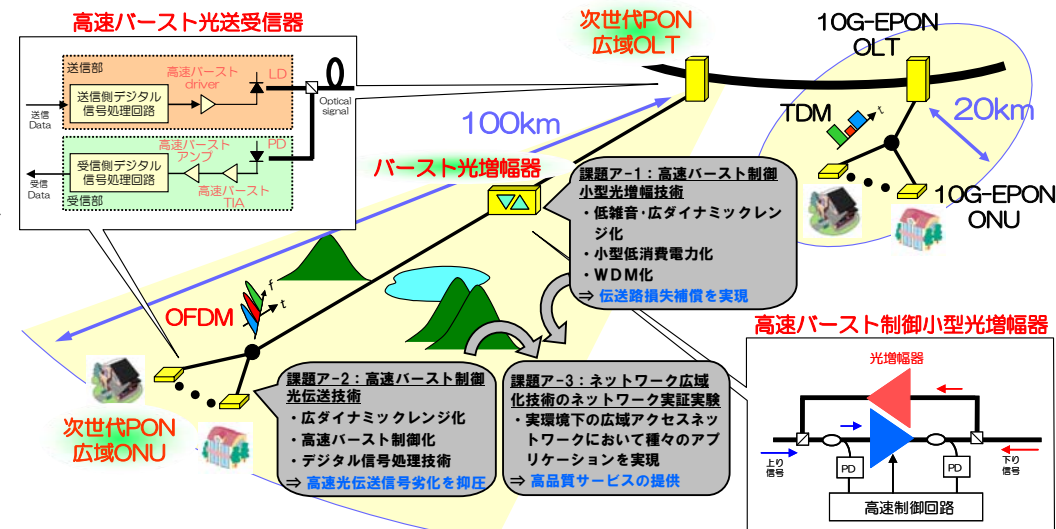
(3)伝送距離の増大に伴うサービス品質への影響に関する課題への対策

- ・実環境下の広域光アクセスネットワークを構築し、高品質サービスを実証。

以上の研究開発により、PONの適用領域の拡大がはかられ、加入者系の経済化やデジタルデバイド解消が期待できる。

4. 研究開発の期間及び体制

平成21年度～平成23年度(3年間)、NICT委託研究(日本電信電話株式会社:幹事、三菱電機株式会社)

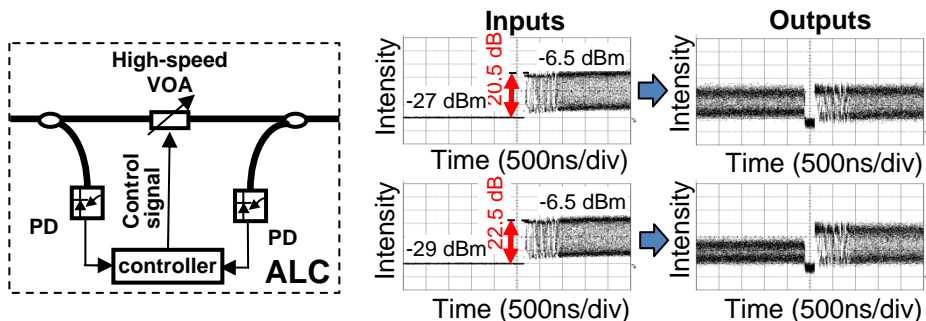


全体概要図

「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の主な成果

光レベル制御回路 (ALC) (課題A-1)

異なった光レベルを有するバースト信号入力に対して、一定レベルの光出力を得ることのできるALC回路を、自動利得制御光ファイバ増幅器(AGC-PDFA)に接続した構成によって動作検証を行い、ダイナミックレンジ22.5dBを達成可能であることを実証した。

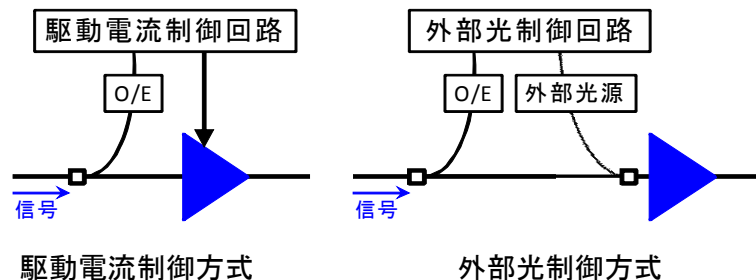


低パターン効果SOA (課題A-1)

SOAのパターン効果を抑圧するため、SOA内のキャリア密度制御手法の検討を行い、提案した駆動電流制御方式と外部光制御方式について低パターン効果SOAの試作を実施し、基本動作の確認を行った。

装置の特徴

- ①信号のビット状態をモニタし、SOA内のキャリアを制御
- ②パターン効果を抑圧し、SOAの最大入力パワー耐性を向上

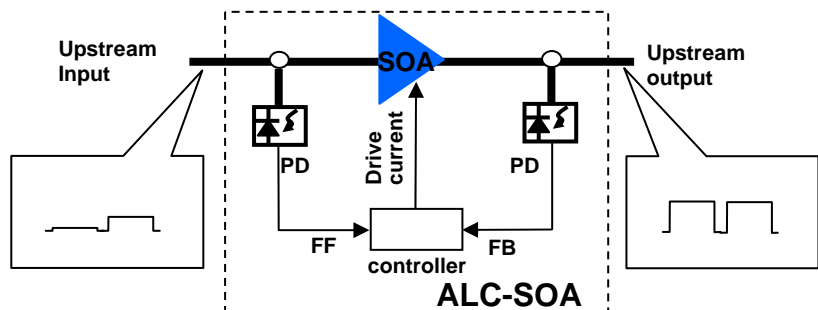


バースト信号対応SOA (ALC-SOA) (課題A-1)

異なった光レベルを有するバースト信号入力に対して、増幅された一定レベルの光出力を得ることのできるALC-SOAを試作した。

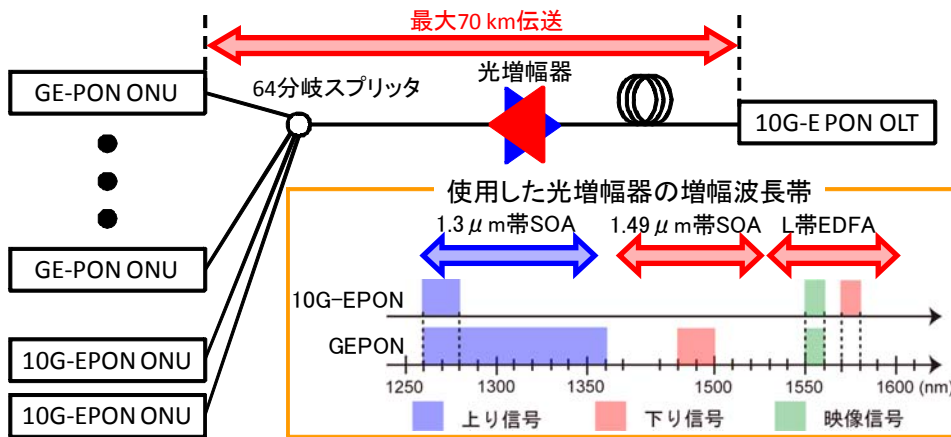
装置の特徴

- ①増幅機能とALC機能を、SOAにおいて一体化することによる装置の小型経済化
- ②高速VOAの省略による高出力化



1G/10G混在收容対応 (課題A-1)

波長の異なる1G/10G-EPONの混在收容に対応するため、SOAとL帯EDFAを組み合わせた光増幅器を用いて、システムのロスバジェットを50 dBに拡大し、多分岐10G-EPONの70 km伝送を達成した。

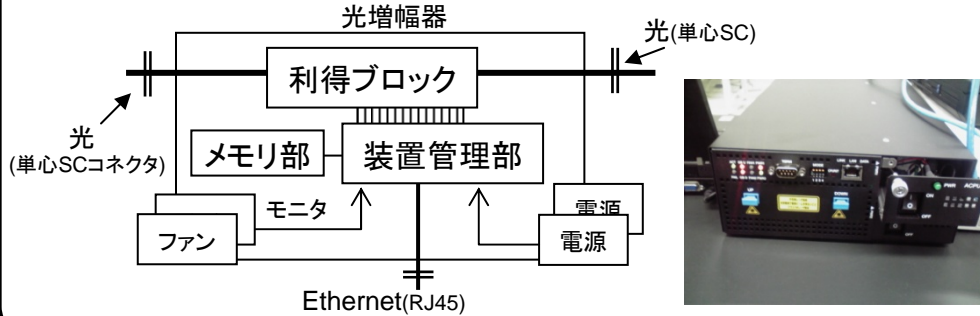


「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の主な成果

光増幅器の実用化検討 (課題A-1)

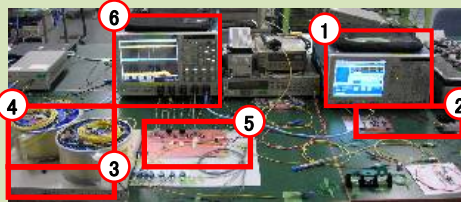
通信ネットワーク機器としての信頼性確保、機能向上を図った。

- 故障頻度の高い電源部やファンを二重化し信頼性を向上させた。
- 電源部やファンを活線挿抜交換可能とし保守性を向上させた。
- 内部ログ、syslog(RFC3164)を搭載し管理機能を充実させた。
- SNMPtrapによるリアルタイム監視を可能とした。



デジタル信号処理を適用した光送受信技術(課題A-2)

- 光送受信回路とデジタル信号処理技術とを組み合わせたオフライン検証系を立ち上げ、16-QAM多値変調と、8サブキャリア多重の目処を得た。
- 広域加入者系光ネットワークの実現に向けたシステム設計を実施し、16-QAM多値変調・8サブキャリア多重のデジタル信号処理方式が、長距離伝送特性と経済性の両面から最適であることを導いた。



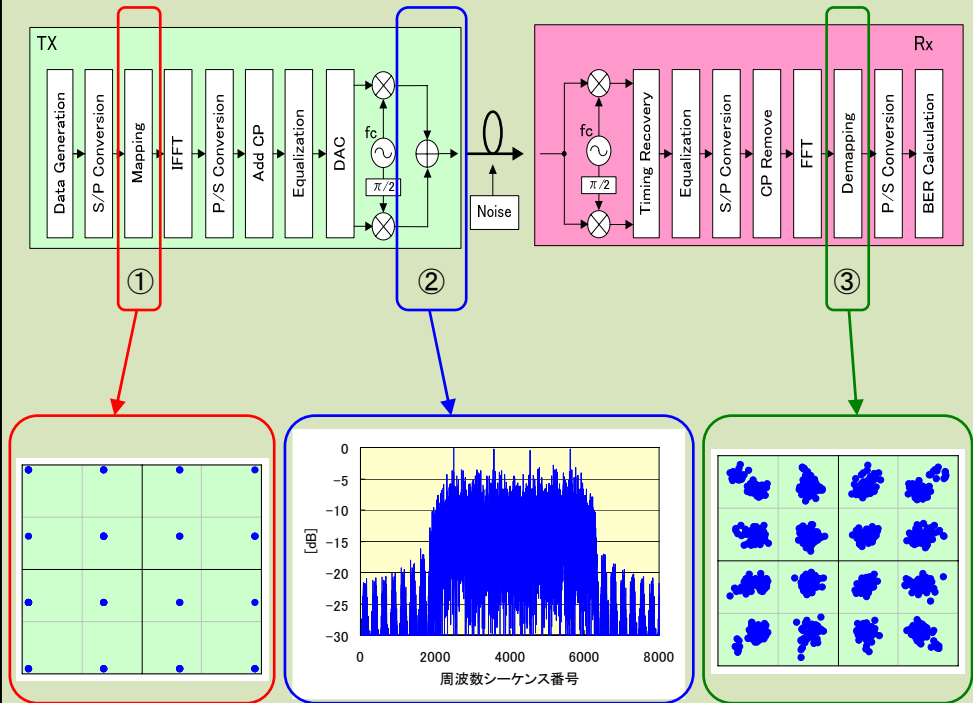
- 任意波形発生器
- OLT光送信器試作器
- 光増幅器
- 伝送路(光ファイバ)
- ONU光受信器試作器
- リアルタイムオシロスコープ

デジタル信号処理を適用した光送受信回路の試作検証系

- デジタル信号処理オフライン検証技術
- 広域化システム設計技術

① デジタル信号処理オフライン検証技術(課題A-2)

- 100km級の長距離伝送に必要な高い分散耐力を実現するため、低シンボルレート化が可能なOFDM変復調を適用したデジタル信号処理によるオフライン検証系を検討。
- サブキャリア数の増加にともなうPAPR (ピーク対平均電力比)の増加とデジタル信号処理回路消費電力の増加を考慮し、16-QAM多値変調と8サブキャリア多重システムを考慮したデジタル信号処理用オフラインプログラムの作成を完了。
- 送信側のOFDM変調部、サブキャリア多重化部、受信側のOFDM復調部に関して、所望の変復調・多重化動作を確認した。



①送信マッピングデータ (16QAM)

②OFDM変調スペクトル (8サブキャリア多重)

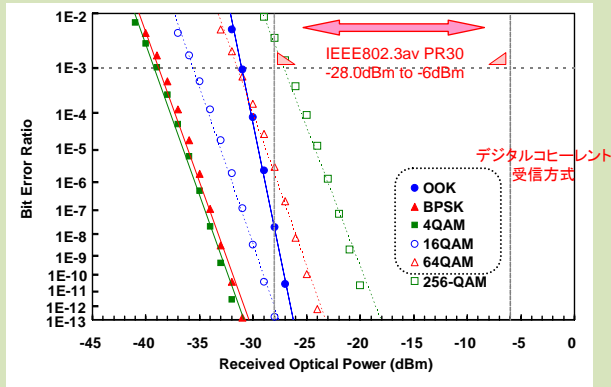
③受信マッピングデータ (16QAM)

デジタル信号処理オフライン検証ブロック図と送受信シミュレーション結果

「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の主な成果

② 広域化システム設計技術(課題ア-2)

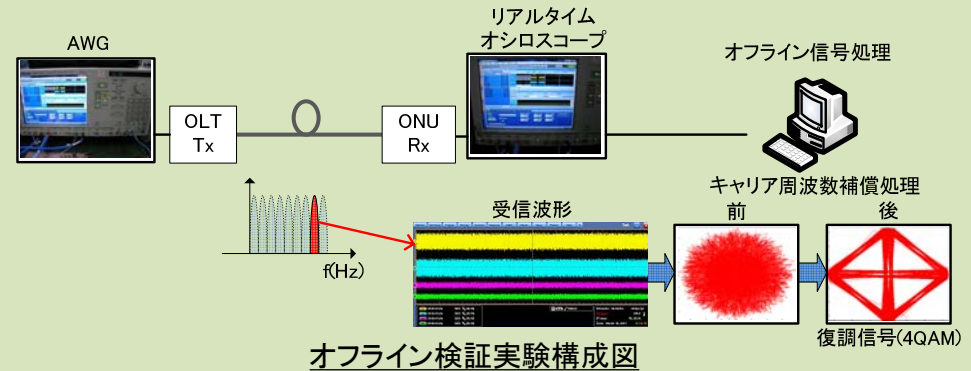
- ・下り方向通信の広域化実現のため、受信感度に優れるデジタルコヒーレント受信方式の適用に関して、全体システム設計によるバジェット検討を実施。
- ・低シンボルレート化・高感度化の実現には、4-QAM、もしくは、16-QAMの適用が妥当であることを明確化した。



デジタルコヒーレント方式を適用した場合の受信感度検討結果(10.3Gbps)

デジタル信号処理光送受信技術による伝送実験(課題ア-3)

- ・最終年度に予定している実環境下におけるネットワーク実証実験に先駆けて、試作した光送受信回路とデジタル信号処理回路とを組み合わせ、実験室でのオフライン検証実験を実施。
- ・サブキャリア変調(変調帯域 200MHz)した4-QAM信号の導通を確認し、16-QAM多値変調・サブキャリア多重によるオフライン検証の目途を得た。

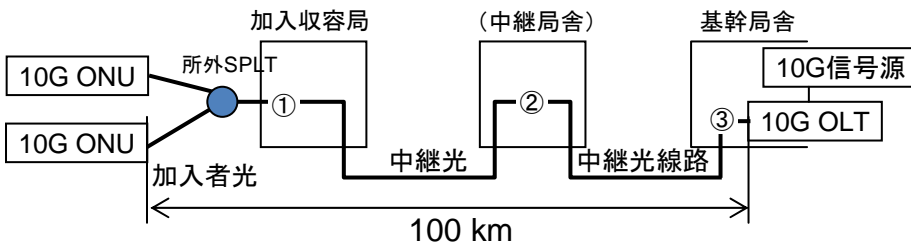


オフライン検証実験構成図

光増幅技術の伝送実験検討(課題ア-3)

NTTの実線路を用いた伝送実験についてルート検討を開始した。検討条件は以下の通り。

- ・目標伝送距離100 km
- ・高速バースト制御小型光増幅器1中継以上
- ・10Gbit/s級伝送に対応(10G-EPON等)



①、②、③: 増幅器設置場所の候補。線路損失見合わせて最適化する。

【参考】課題名

- 課題ア-1 高速バースト制御小型光増幅技術
- 課題ア-2 高速バースト制御光伝送技術
- 課題ア-3 ネットワーク広域化技術のネットワーク実証実験

1. これまで得られた研究成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	報道発表	展示会	標準化提案
広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発	7 (4)	3 (2)	10 (8)	10 (8)	1 (0)	8 (3)	0 (0)

累計件数(当該年度件数)

(1) 展示会

- ・展示会(2010.9.9～10)、光増幅PON中継器(研究所技術内覧会:NTT研究開発センタ、主催:NTT)
- ・展示会(2010.10.20～21)、屋外設置型光増幅PON中継器(つくばフォーラム2010、主催:NTT)
- ・展示会(2010.10.21)、「人をむすぶ、信頼をつなぐアクセスネットワーク」に向けたR&D(つくばフォーラム2010、主催:NTT)

(2) 研究成果の学会・会議発表

- ・国際会議COIN2010(2010.7.11～14)、“Applicable Area Estimation of Bidirectional Optical Amplifiers to 10-Gb/s Class Long-Reach PON Systems”
- ・国際会議COIN2010(2010.7.11～14)、“Burst-mode Transceiver Technology for 10G-EPON Systems”
- ・電子情報通信学会 ソサイエティ大会(2011.9.14～17)、“デュアルレート10G-EPONシステムにおけるロスバジェットに関する一検討”
- ・電子情報通信学会 ソサイエティ大会(2011.9.14～17)、“10G-EPON用10.3G/1.25GデュアルレートCDRにおけるバースト同期特性の検討”
- ・電子情報通信学会 ソサイエティ大会(2011.9.14～17)、“10G-EPON OLT用デュアルレート光送受信器の開発”
- ・国際会議ECOC2010(2010.9.19～23)、“Dual-rate Optical Transceiver incorporating Fully Optimized Burst-mode AGC/ATC Functions for 10G-EPON Systems”
- ・国際会議ECOC2010(2010.9.19～23)、“Single Platform 10G-EPON 10.3-Gbps/1.25-Gbps Dual-Rate CDR with Fast Burst-Mode Lock Time Employing 82.5 GS/s Sampling IC and Bit-Rate Adaptive Decision Logic Circuit”
- ・国際会議ECOC2010(2010.9.19～.23)、“Burst-Mode Compound Optical Amplifier with Automatic Level Control Circuit that offers Enhanced Setting Flexibility in a 10 Gb/s-Class PON”、PDP
- ・電情報通信学会 光通信システム研究会(2011.11.18～19)、“10G-EPON用デュアルレートOLT光送受信器の開発”
- ・IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS (December 15, 2010)、“Demonstration of 10G-EPON and GE-PON Coexisting System Employing Dual-Rate Burst-Mode 3R Transceiver”
- ・三菱電機技報(2011.1.25)、“10G / 1Gデュアルレート・バースト光送受信技術”
- ・電子情報通信学会 通信方式研究会(2011.1.28)、“10G-EPONシステムの広域化における課題と要求条件”
- ・国際会議OFC/NFOEC2011(2011.3.7)、“FTTx in Japan”、WorkShop
- ・国際会議OFC/NFOEC2011(2011.3.10)、“Effective Accommodation for Users Located in Long / Short Distance Areas through PONs with Dual Stage Splitter Configuration Using ALC Burst-Mode Optical Amplifier”
- ・電子情報通信学会 総合大会(2011.3.15)、“高速AGC/ALC技術の適用による光増幅PON中継システムの動作領域拡大”
- ・電子情報通信学会 総合大会(2011.3.16)、“柱上設置型光増幅PON中継器”