

平成21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21年12月末現在、1,719万を超え、ブロードバンド契約者数の54%を占めており、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line) 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。

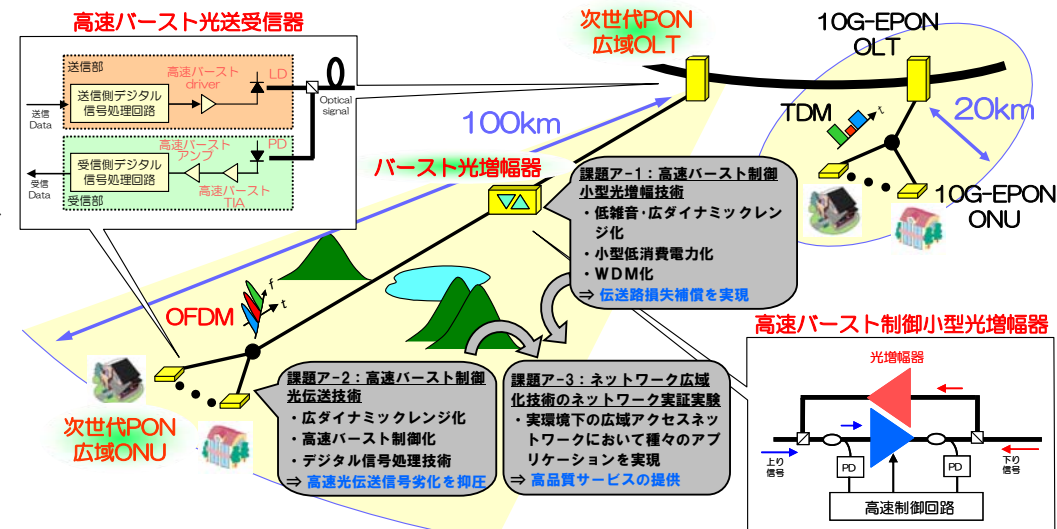
(3)伝送距離の増大に伴うサービス品質への影響に関する課題への対策

・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)

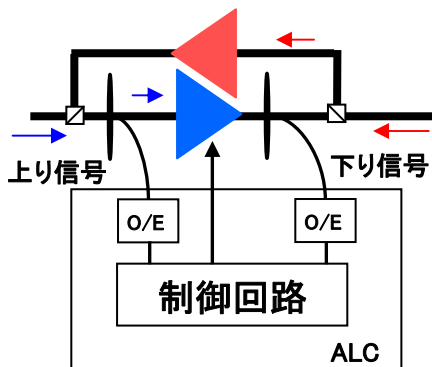


全体概要図

課題ア-1 高速バースト制御小型光増幅技術

高速バースト制御光増幅技術

PONシステムを100km圏に拡張するため、10Gb/s級のバースト上り信号の光レベルを一定値に制御するALC (Automatic Level Control) 回路について、回路構成とアルゴリズムの検討を行った。



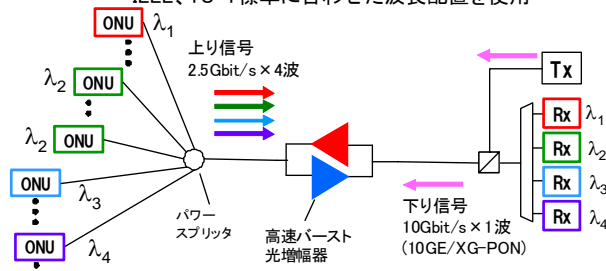
【要求条件】

- ・ALC応答速度の高速化 (今回の検討項目)
- ・光増幅器の高利得化、および強バースト信号入力時に発生する光サージの抑圧

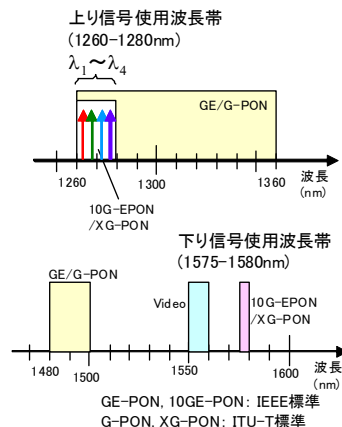
WDM化技術

WDM技術を適用した10G級PONシステムの構成と高速バースト光増幅器の技術課題を明確化した。

- 特徴**
- ・2.5Gbps信号を4波長多重することで10G級PONシステムを実現
 - ・IEEE、TU-T標準に合わせた波長配置を使用



波長配置



高速バースト制御小型光増幅器における技術課題

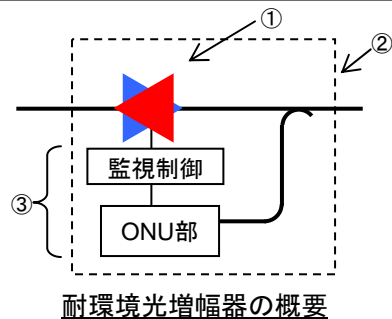
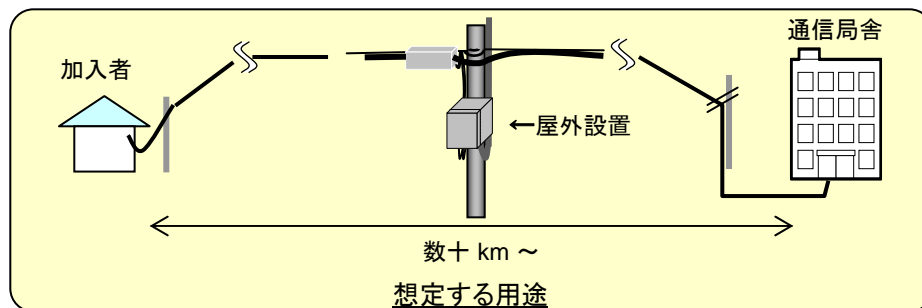
- ①各波長のバースト光信号の光サージ抑圧
- ②各信号光に対する利得の平坦化
- ③受信器のダイナミックレンジ削減に向けた波長毎の出力パワー一定化

耐環境技術

ネットワークの広域化に向けて、屋外環境等に設置できる光増幅器を試作、PONシステム中継増幅ならびに遠隔制御機能を確認した。

装置の特徴

- ①バースト対応1心双方向光増幅モジュール搭載
- ②防水、耐候性筐体 (目標: 防水IPX6*1)相当、動作温度-30 ~ +40°C)
- ③遠隔制御機能搭載



(W336 x D233 x H248: 突起物含まず) 装置外観



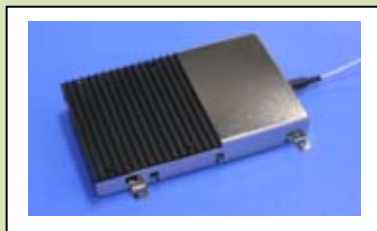
装置構成

*1) JIS/IPX6 JISC0920/IEC60529による防水等級であり、添字「6」は耐水型 (暴噴流に対する保護)を意味する。

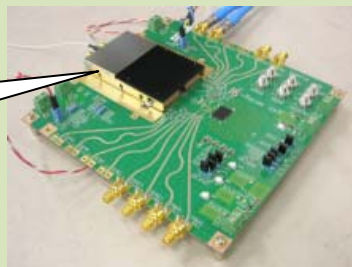
課題ア-2 高速バースト制御光伝送技術

高速バースト光送受信技術

- ・ 広域加入者系光ネットワークの実現に向けて、伝送速度の高速化、広ダイナミックレンジ化、デュアルレート対応について検討し、試作機による検証を実施。
- ・ 10Gbps級の高速バースト光送受信器の試作と、動作確認を完了し、10Gbps級の総システム容量実現が可能との目処を得た。



高速バースト光送受信器試作機

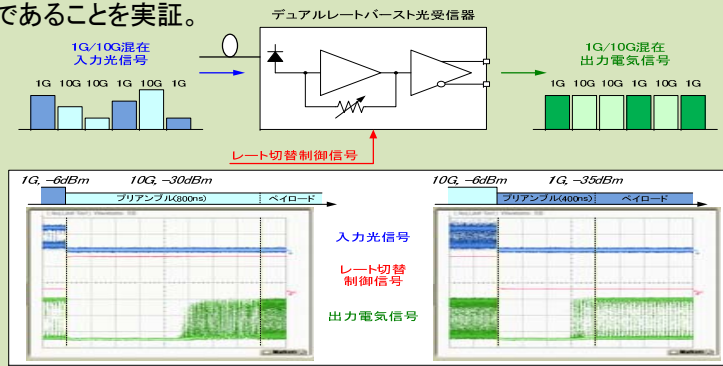


3R受信特性評価ボード

- ① 広ダイナミックレンジ バースト光送受信技術
- ② 1Gbps/10Gbpsデュアルレートバースト光送受信技術
- ③ デジタル信号処理を適用した光送受信技術

② 1Gbps/10Gbpsデュアルレート バースト光送受信技術

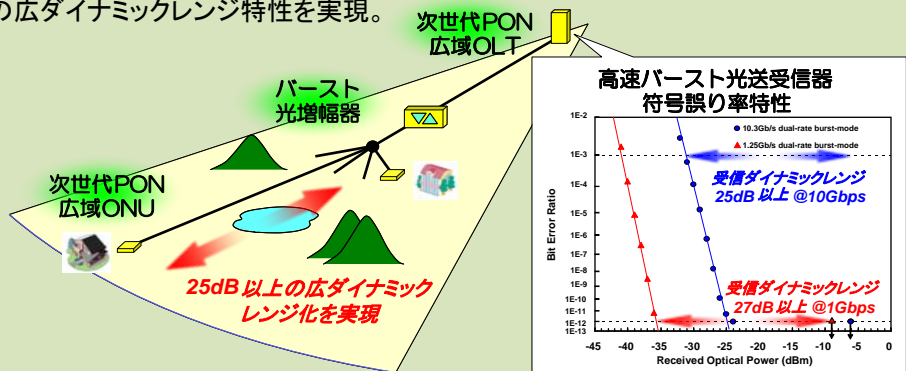
- ・ 既存の加入者系光ネットワークからのマイグレーションや、将来的な大容量トラフィックの収容に柔軟に対応するために、混在する1Gbpsと10Gbpsの異なる伝送レートの信号を受信可能なデュアルレート対応バースト受信技術を考案。
- ・ 試作機による検証の結果、1Gbps/10Gbps混在受信時においても高速にバースト受信可能であることを実証。



デュアルレートバースト光送受信技術

① 広ダイナミックレンジ バースト光送受信技術

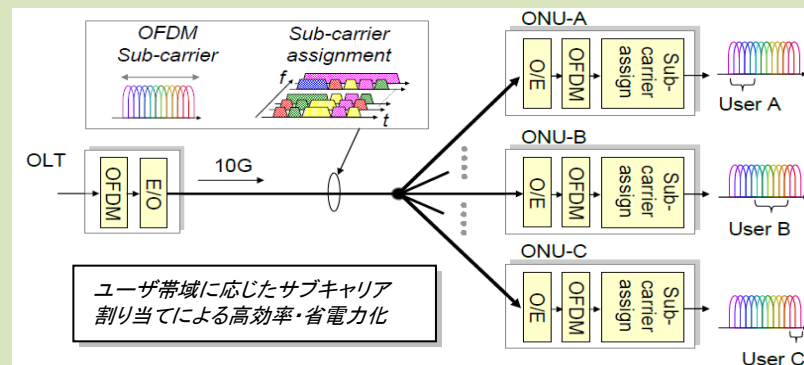
- ・ 加入者系光ネットワークの広域化に向けて、バースト伝送に適した高速利得制御機能 (AGC: Automatic Gain Control)、および高速閾値生成機能 (ATC: Automatic Threshold Control) の実現方式を考案。
- ・ 試作機による検証の結果、10Gbpsでの目標仕様20dBを大幅に上回る25dB以上の広ダイナミックレンジ特性を実現。



広帯域化実現に向けた広ダイナミックレンジ特性

③ デジタル信号処理を適用した光送受信技術

- ・ 低シンボルレート化により、安価な光/電気デバイスで加入者系光ネットワークの広域化を実現するデジタル信号処理方式について基礎検討。
- ・ ユーザ帯域に応じたサブキャリア数割り当てなど、加入者系光ネットワークに適したスケラビリティやフレキシビリティを考慮。

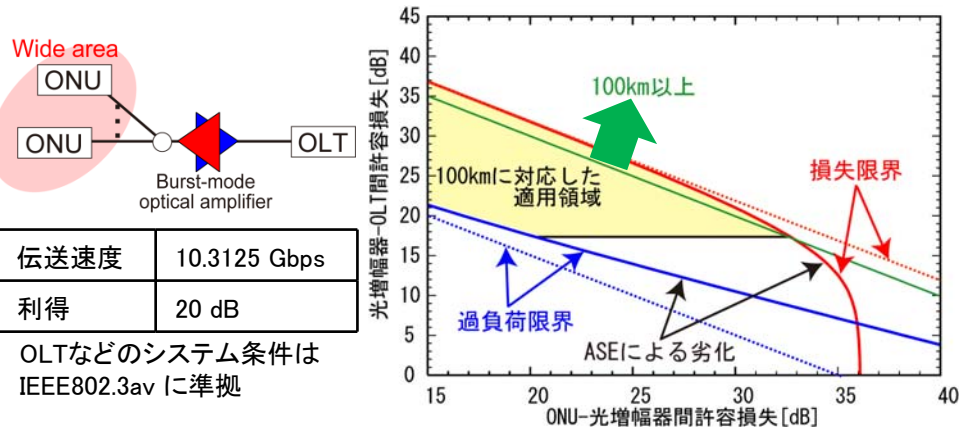


デジタル信号処理を適用した加入者系光ネットワークシステム構成例

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

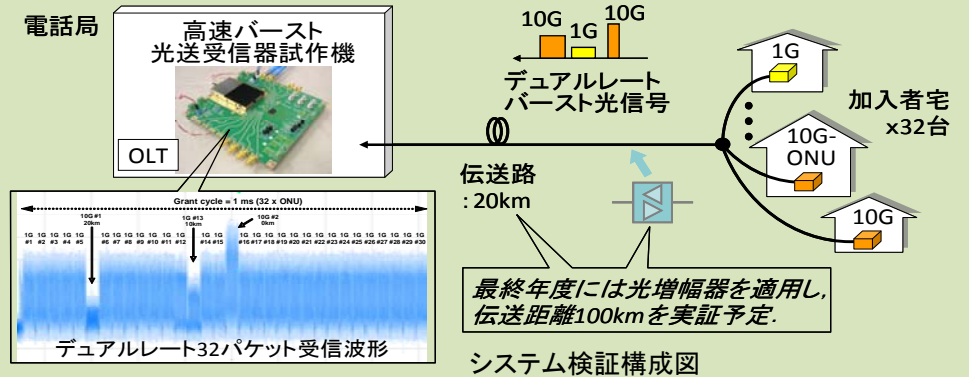
課題ア-3-1 光増幅技術の適用領域検討

実証実験に向けて光増幅器の適用領域シミュレーションを実施し、100kmに及ぶ広域の収容エリアに対応した光増幅器の適用領域を示した。



課題ア-3-2 高速バースト制御光伝送技術を適用した伝送実験

- 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、試作したバースト光送受信器を用いて実験室でのシステム検証を実施。
- より実環境に近い条件として、1Gbpsと10Gbpsが混在する複数ユーザを収容する実験系において、良好なスループット特性を確認。



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	3 (3)	1 (1)	0 (0)	4 (4)	1 (1)	5 (5)	0 (0)

累計件数(当該年度件数)

(1) 展示会や報道発表

- ・展示会(2009.10.14~15)、さらなるエリア拡大・広帯域化への挑戦-光提供エリア100%を目指して(つくばフォーラム2009、主催:NTT)
- ・展示会(2009.12.9/15)、光増幅PON中継器-光提供エリアの拡大(NTTグループソリューション展示会:福岡/金沢、主催:NTT)
- ・展示会(2010.1.27/29)、光増幅PON中継器-光提供エリアの拡大(NTTグループ商品展示会:松山/広島、主催:NTT)
- ・報道発表(2010.3.25)、「世界最高性能の10G-EPON用デュアルレート・バースト光トランシーバーを開発」(プレスリリース)

(2) 研究成果の学会・会議発表

- ・電子情報通信学会 通信方式研究会(2010.1.28~29)、「長延化PONシステムにおけるバースト対応光増幅器の適用領域に関する検討」
- ・電子情報通信学会 総合大会(2010.3.16~19)、「4×8分岐長延化PONシステムにおけるバースト対応光増幅器の適応領域に関する検討」
- ・国際会議OFC/NFOEC2010(2010.3.21~25)、「128 x 8 Split and 60 km Long-Reach PON Transmission Using 27 dB-Gain Hybrid Burst-Mode Optical Fiber Amplifier and Commercial Giga-Bit PON System」、NWB3
- ・国際会議OFC/NFOEC2010(2010.3.21~25)、「First Demonstration of 10G-EPON and GE-PON Co-existing System Employing Dual-rate Burst-mode 3R Transceiver」、PDPD10