

平成23年度「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社(幹事者)、三菱電機株式会社
- ◆研究開発期間 平成21年度から平成23年度(3年間)
- ◆研究開発費 総額170百万円(平成23年度 53百万円)

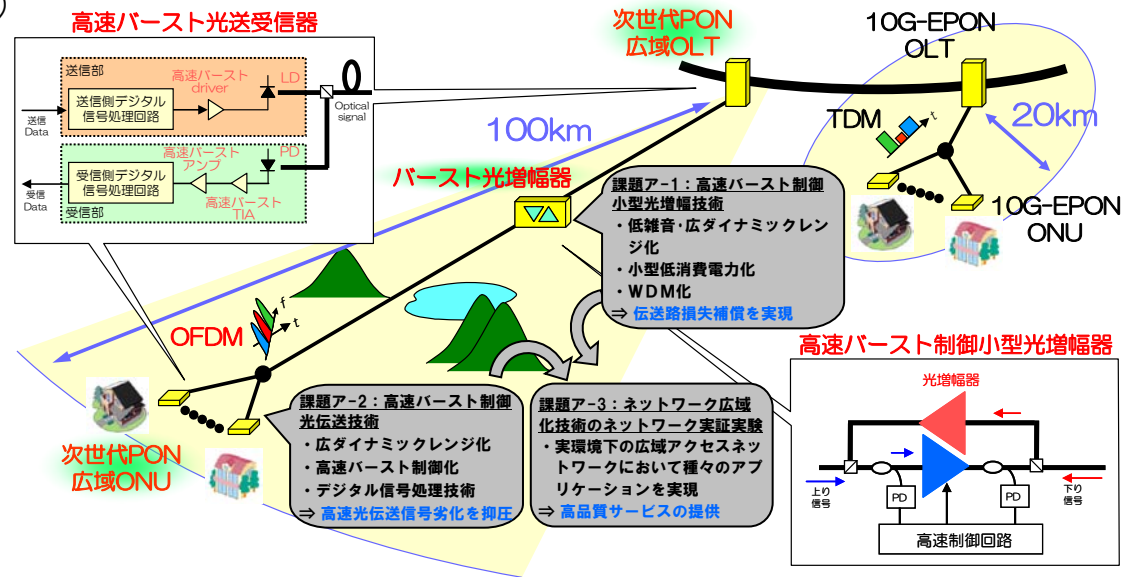
2. 研究開発の目標

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を開発する。

・課題ア: ネットワーク広域化技術の研究開発課題と担当

- ア-1. 高速バースト制御小型光増幅技術(日本電信電話(株))
- ア-2. 高速バースト制御光伝送技術(三菱電機(株))
- ア-3. ネットワーク広域化技術のネットワーク実証実験
 - ア-3-1. 高速バースト制御小型光増幅技術を適用した伝送実験(日本電信電話(株))
 - 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(三菱電機(株))



全体概要図

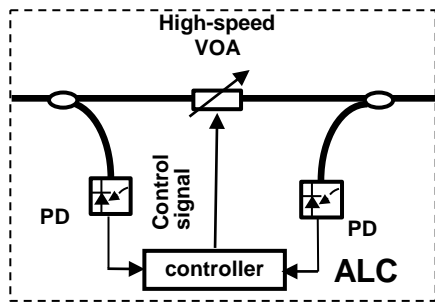
3. 研究開発の成果

- 【ア-1】
 - ・PONシステム上りバースト信号のバースト性を緩和するため、ALC-SOAについて試作を行い、光増幅PONシステムの動作領域拡大を実現した。
 - ・パターン効果が下り信号伝送特性に与える影響を明らかにした。試作により、完全にパターン効果を抑圧できることを確認した。
 - ・PON中継器収容箱により耐環境性向上を図り、また、屋外設置時の保守運用性向上のため、遠隔監視・制御機能の実装を行った。
- 【ア-2】
 - ・分散耐力に優れたデジタル信号処理の適用検討を実施し、試作光送受信回路を用いたオフライン検証により10Gbps級の総システム容量を実現した。
- 【ア-3-1】
 - ・NTT東日本の所有する実線路にて100 kmの試験伝送路を構築、実証実験を行い、良好な結果を得た。
- 【ア-3-2】
 - ・NTT東日本の所有する実線路にて100 kmの試験伝送路を構築、実証実験を行い、良好なシステムバジェット特性を得た。

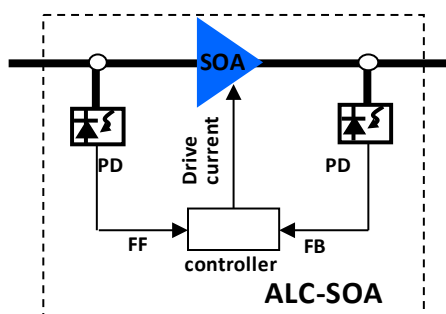
「広域加入者系光ネットワーク技術の研究開発」の主な成果

光レベル制御回路 (ALC) (課題ア-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制御について、検討を行ってきた高速可変減衰器 (VOA)制御方式と、駆動電流制御方式を実装したSOAを用いてフィールドトライアルを実施した。



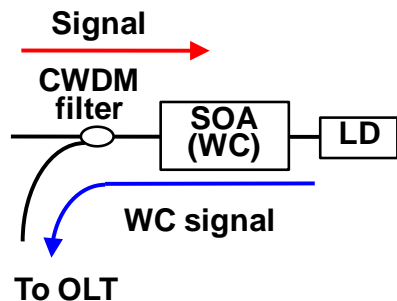
高速VOA制御方式



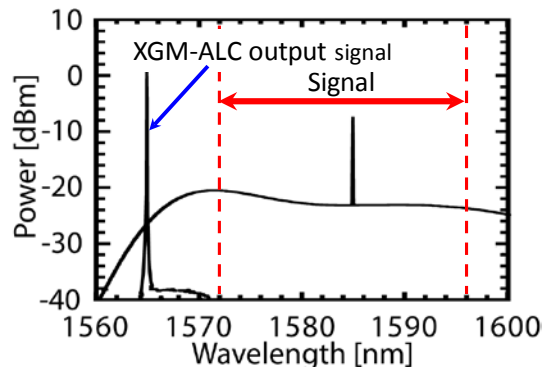
駆動電流制御方式

波長変換ALC (課題ア-1)

新たに、相互利得変調(XGM)による波長変換におけるALC効果に着目し、ONU光源に起因する上り信号の波長ばらつきを解消できる波長変換器型のXGM-ALCを提案し、26 nmにわたる上り信号の波長ばらつきにおいて、有効であることを実証した。



波長変換ALC構成



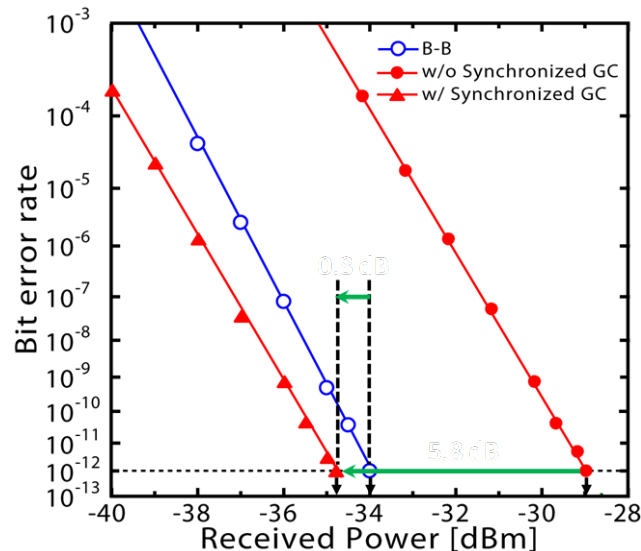
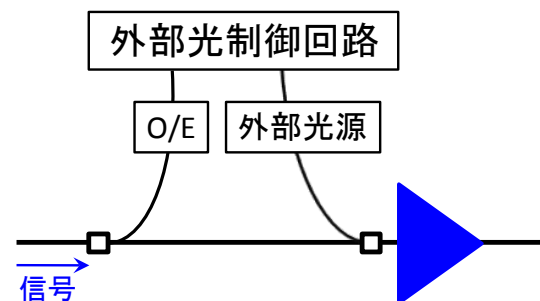
波長変換ALC動作特性

低パターン効果SOA (課題ア-1)

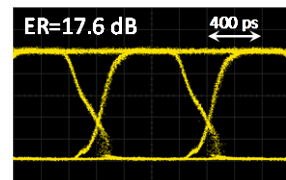
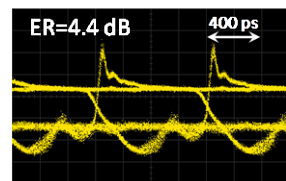
SOAのパターン効果を抑圧するため、昨年度試作を行った外部光制御方式(Synchronized-GC)による低パターン効果SOAについて、PONシステムの下り信号に適用した場合の動作検証を行い、パターン効果による影響を完全に解消できることを確認した。

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



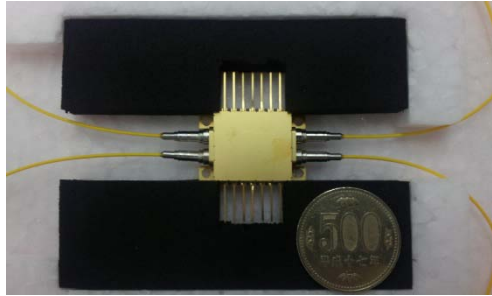
入力パワーが-5 dBmにおける動作特性



「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

PON中継器用SOAの小型化 (課題A-1)

PON中継器用に上り、および下り信号を増幅する2個のSOAを搭載した双方向SOAモジュールの試作を行い、従来のSOAを1台搭載したSOAモジュールと同等の大きさに小型化を行った。また、PON中継器に搭載されるSOAゲインブロックの試作を行った。



双方向SOAモジュール

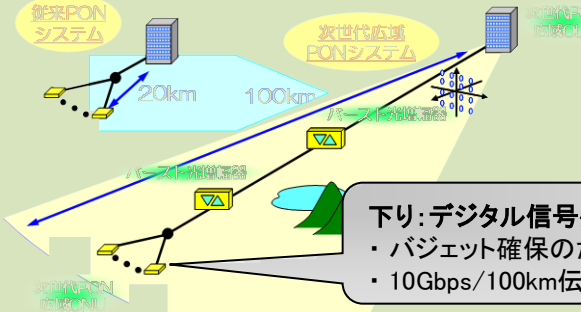


SOAゲインブロック

高速バースト制御光伝送技術(課題A-2)

・ 10Gbps級PONシステムの実現, 100kmの伝送が可能な広域10Gbps級PONシステムの下り方向実現に向けた課題を解決するため以下の要目を実施。

- ①コヒーレント光送受信器の試作とデジタル信号処理オフラインプログラムの開発(オフライン検証技術)
- ②最小受信感度特性と分散耐力特性の評価(オフライン検証結果)



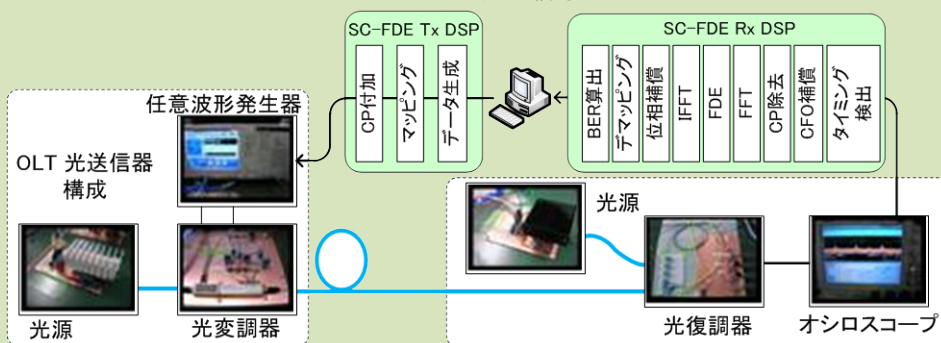
下り: デジタル信号処理光送受信の課題
 ・ バジェット確保のための高出力/高受光感度化
 ・ 10Gbps/100km伝送を実現する高分散耐力

広域化実現に向けた課題

① デジタル信号処理オフライン検証技術(課題A-2)

- ・ 加入者系光ネットワークの広域化に向け、低PAPRで分散耐力に優れたSC-FDEについてデジタル信号処理プログラムを作成。
- ・ 高受光感度化に優れたコヒーレント光送受信器を試作、オフライン試験系を構築し実証検討試験を実施。

オフライン信号処理



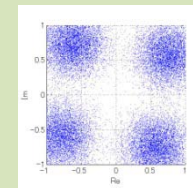
コヒーレント SC-FDE PON オフライン試験系

② デジタル信号処理オフライン検証結果(課題A-2)

- ・ 10Gbps(5Gbaud/QPSK)信号によるオフライン試験を実施。
- ・ IEEE802.3avの受信感度仕様値 -28dBm に対し、10dB以上の感度マージンの確保と分散耐力の向上を確認。

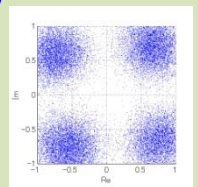
10dB

IEEE802.3av PR30
 最小受光感度 -28.0dBm



Back to Back
 BER = 3.0×10^{-3}

100km伝送後
 BER = 4.0×10^{-3}



符号誤り率特性 (BtoB)

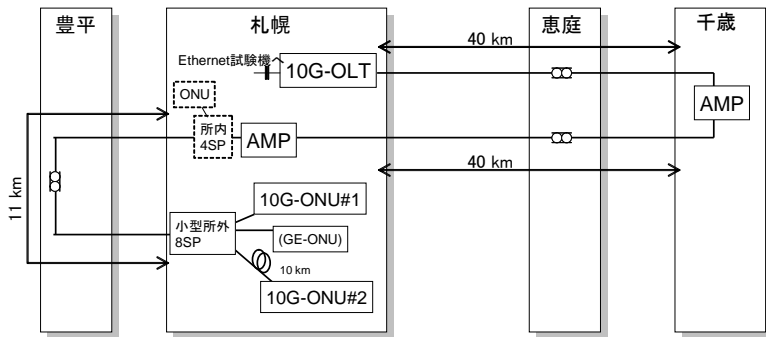
受信波形【受光電力 -40dBm 】

「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

光増幅技術の伝送試験(課題ア-3-1)

NTTの実線路を用いた伝送試験を行った。要目は以下の通り。

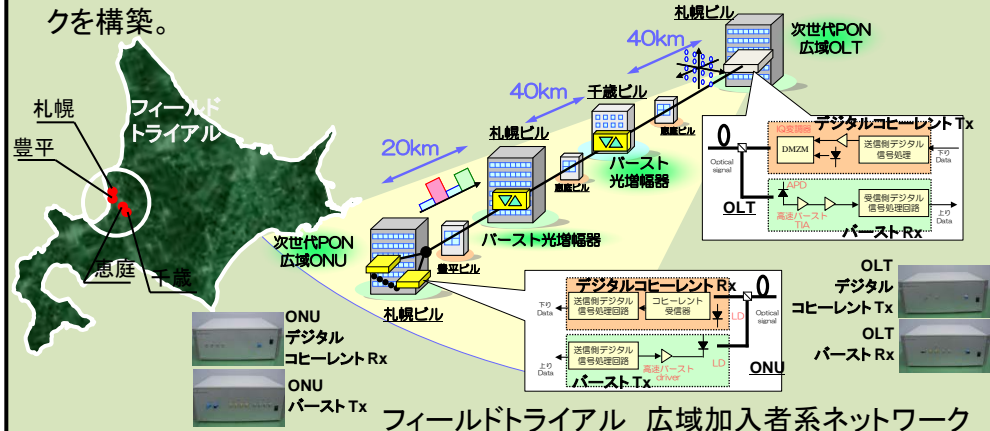
- ・伝送距離 100 km
- ・高速バースト制御小型光増幅器 2中継
- ・10Gbit/s級 (10G-EPON)



高速バースト制御小型光増幅技術を適用した伝送実験構成

高速バースト光伝送技術を適用した伝送実験(課題ア-3-2)

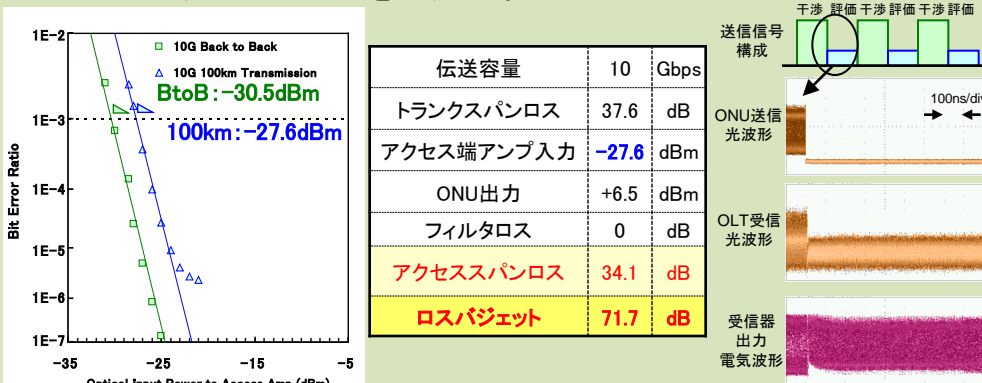
- ・課題ア-1によって実現される光増幅器と課題ア-2によって実現される高速バースト光送受信技術、およびデジタル信号処理技術を用いて、100km圏級の広域加入者系光ネットワークの実証・評価を実施。
- ・札幌市を中心にした、伝送距離100kmの双方向広域加入者系光ネットワークを構築。



フィールドトライアル 広域加入者系ネットワーク

上り: 10G-EPONバースト伝送実験結果(課題ア-3-2)

- ・上り方向の10Gbps 100kmバースト伝送試験を実施。
- ・アクセススパンロスの目標仕様29dBを上回る34dBを確保。100kmトータルで、71.7dBの上りロスバジェットを達成した。

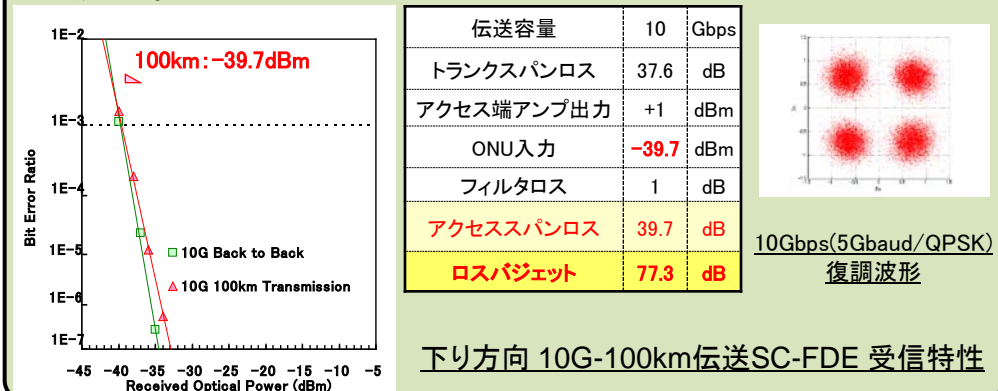


上り方向 10Gbps-100km 伝送バースト受信特性

上り方向 10Gbps-100km 伝送波形

下り: SC-FDEPONデジタルコヒーレント伝送実験結果(課題ア-3-2)

- ・下り方向の10Gbps 100km 光SC-FDE伝送試験を実施。
- ・アクセススパンロスの目標仕様29dBを上回る39.7dBを確保。100kmトータルで、77.3dBの下りロスバジェットを達成した。
- ・広域加入者系光ネットワークシステム双方向で、71.7dBのロスバジェットを達成した。



下り方向 10G-100km伝送SC-FDE 受信特性

4. 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	10 (4)	16 (8)	15 (5)	15 (5)	2 (1)	13 (5)	0 (0)

※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

5. 研究成果発表会等の開催について

なし

6. 今後の研究開発計画

今回の成果である広域化技術を単独でとらえるのではなく、今後のアクセスシステムの研究開発を進めて行く中で、次期PONの研究開発などと一体化して考え、トータルのアクセスシステムとして、標準化(IEEE、ITU-T/FSAN)、広報・対外発表(報道発表、光通信関連国際会議や国内学会での発表、国内外の論文投稿等)、実用化活動を進める。

取得した特許については、実用化および普及の妨げにならないよう、防衛特許的な活用を第一に考えるとともに、関連性の深い諸外国に対しては戦略的に活用する。