

メカニカル光スイッチ技術

小林 啓邦
堀中 拓郎

梶塚 秀治

2001年以降、一般家庭でもネットワークの普及とそのブロードバンド化が急速に進み、2003年末でブロードバンド加入者数は1300万を超え、またxDSL、FTTH加入者数はそれぞれ月30万、10万以上のペースで増加している¹⁾。このような状況の中、インターネットや電話のサービスまでは送受信機の異常による信号断が発生した場合でも、しばらくしてから再度アクセスすれば良いといった感があり、回線復旧時間はそれほど大きな問題にならずアクセス網の冗長化は軽視されてきた。しかし、今後映像配信サービスが加わってくると信号断は、加入者側にとって目に見えて不満を感じ、大きな問題となると予想される。さらに地上波放送のデジタル化による難視聴地域拡大に伴う映像配信サービス地域では、その影響はより大きくなると考えられる。

誰もがいつでも、安全に、安く、確実に利用できるネットワーク環境を提供するためには、アクセス網における回線の冗長化が必須であり、光スイッチはこの冗長回線の切替えや送受信機のプロテクションとして有効なアイテムの一つである。

本稿では、切替え制御系が容易で、低挿入損失、高い切替え再現性の特長を持ったZFALCON^{®*1)}（ジーファルコン：メカニカル光スイッチ）の技術および適用装置例を紹介する。

光スイッチの種類

一般に言われる光スイッチの種類は表1のように3種に大別される。

メカニカル光スイッチは、電磁石を利用したアクチュエータにミラーを取り付け、このミラーを動かすことで

光路を切替える方式または、光ファイバを移動し切替える方式がある。メカニカル光スイッチは、低挿入損失、制御系が簡易で、自己保持機能を有し光路の切替え時のみの通電で済むため低消費電力であり、少チャンネルに向いている。

MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）光スイッチは、静電気を利用して光の経路を替える構造である。小型、集積化による回路の大規模化（1024×1024など）に向いており、コア網での利用が考えられる。

光導波路式光スイッチは、シリコン基板またはポリマー樹脂基板上に光導波路を形成し、導波路の両側に金属薄膜のヒータを配置した構造である。一方のヒータを加熱し、導波路の左右に温度差を付けることで、導波路の光屈折率を変化させ、導波路中の光の伝播経路を替える。挿入損失は、メカニカル光スイッチに比べて大きい²⁾が、多数の平面光回路が構成できる²⁾。

先に述べたように今後冗長回線の切替えや送受信機のプロテクションを求められるアクセス網では、一般加入者へ向けての少チャンネルの用途が多く、メカニカル光スイッチが適する。さらに我々がこれまで蓄積してきた高性能なコリメータとその調心技術を活用することで、低挿入損失、高い切替え再現性の特長とするメカニカル光スイッチを開発することができた。

表1 光スイッチの種類

方 式	挿入損失	制御系	自己保持	大規模化
メカニカル	○	簡易	○	×
MEMS	○	複雑	×	○
光導波路	△	簡易	×	△

*1)「ZFALCON」は、沖電線(株)の登録商標です。

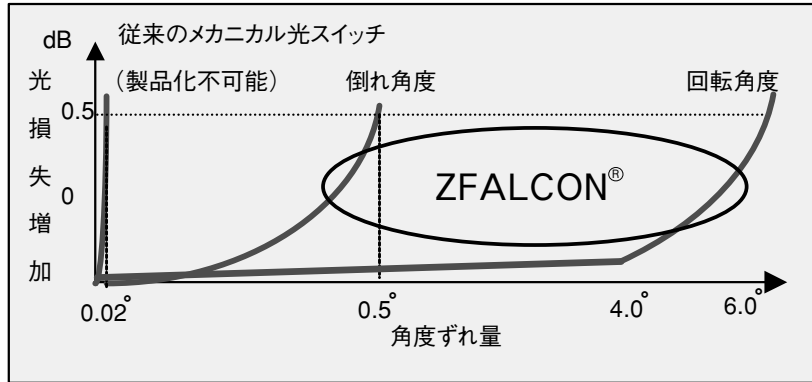


図1 角度ずれに対する挿入損失

ZFALCON®の技術

従来のメカニカル光スイッチでは、前述のように光路を切替える際にミラーを動かすのが一般的であるが、ミラーの挙動により角度ずれを起こすため、ミラーの動的制御と高精度な駆動機構が求められる。

ZFALCON®は、高精度なコリメータの調心技術に加え、光路切替え部は角度ずれに強い平行プリズムを採用することで、高精度な駆動機構無しに安価なメカニカル光スイッチを実現した。

図1に角度ずれに対する挿入損失特性を示す。たとえば光路切替え部の光損失増加分を0.5dB以下とするためには、ミラーを動かす方式の場合駆動制御によるミラー角度の許容を0.02度以下にしなければならない。一方、ZFALCON®の駆動制御方式では、プリズムの倒れ角度を0.5度、あるいは回転によるプリズムのずれ角度6.0度ま

で許容でき、従来のような高精度かつ高価な制御機構無しにメカニカル光スイッチが実現できることが特長である。

このメカニズムにより、さまざまなスイッチ形態の実現が可能となった。代表例を図2に示す。

- ① 1×N型：1入力／出力から任意のチャンネルへの切替え
- ② N+1回線切替え型：Nチャンネルの内任意のチャンネルに対し、1チャンネルの割り込み切替え
- ③ Add/Drop型：Nチャンネルの内、任意のチャンネルの光信号をAddとDropするのを同時に切替え
- ④ M×N型：MチャンネルからNチャンネルへ任意の切替え
- ⑤ N×N回線切替え型：任意のチャンネルに対するマトリクス切替え
- ⑥ 拡張型：⑤のマトリクスを拡張し、多チャンネルのマトリクス切替え

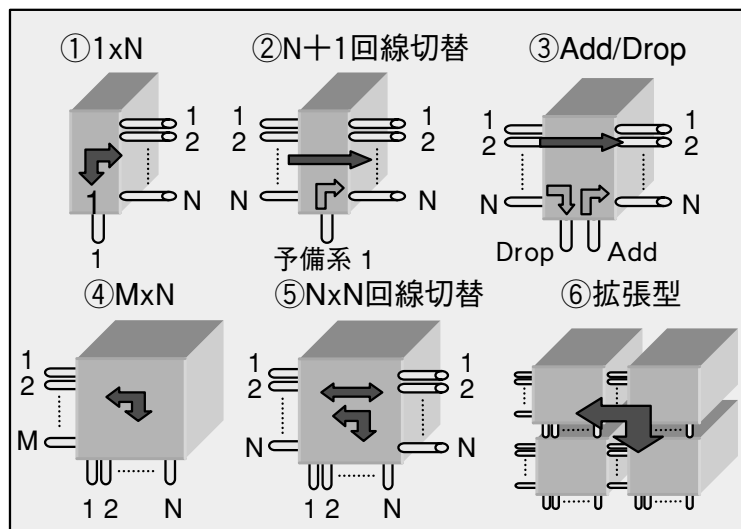


図2 スイッチ形態の代表例

8+1光スイッチ

以下に一例として8+1メカニカル光スイッチの設計諸元を表2に、外観を写真1に示す。

表2 8+1メカニカル光スイッチの設計諸元

項目	目標レベル
挿入損失(切替え)	1.5dB以下 ^{*1)}
切り替え再現性	0.05dB以下
偏波依存性損失	0.15dB以下
形状	制御系を含め19インチラック1Uに搭載のこと
使用温度	-10~65℃

^{*1)} コネクタ損失を含む

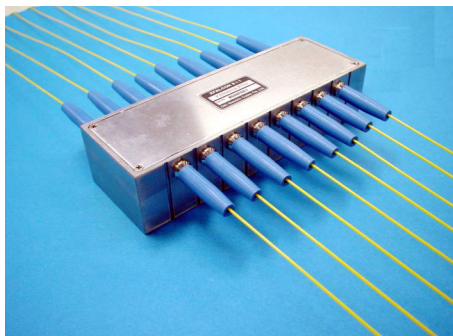


写真1 8+1メカニカル光スイッチ

特にネットワークを構築する上で、次の3つのパラメータについて以下のような試作評価結果を得た。

① 挿入損失 (図3)

切替えポートにおける目標レベル1.5dB以下に対し、最大0.8dB、平均0.48dBと良好な結果を得ている。

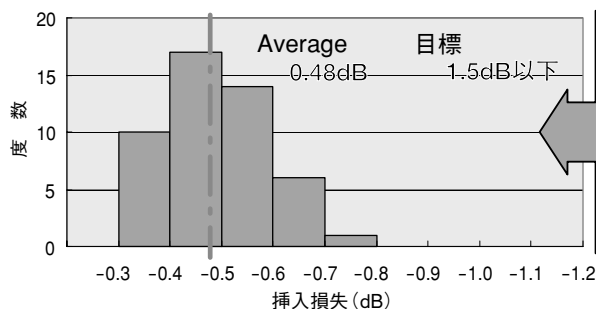


図3 挿入損失

② 偏波依存性損失 (図4)

目標レベル0.15dB以下に対し、最大0.1dB、平均0.06dBと良好な結果を得ている。

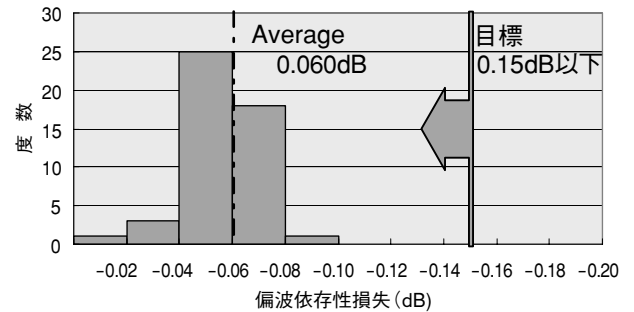


図4 偏波依存性損失

③ 切替え再現性 (図5)

目標レベル0.05dB以下に対し、±0.005dBと良好な結果を得ている。

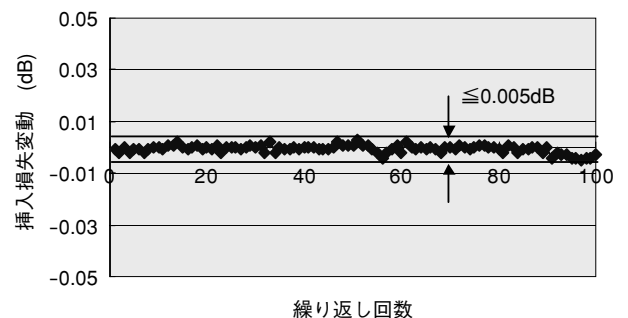


図5 切替え再現性

光スイッチの応用事例

これまでに紹介したZFALCON®を利用したアプリケーション例を紹介する。

(1) 光アクセスネットワーク

図6に局用装置 (OLT) と加入者装置 (ONU) 間に光スイッチを適用し、N:1の冗長化を実現し、信頼性の高い光アクセス環境を提供する例を示す。

- ① 遠隔操作により、OLT異常時に予備回線へ切替えることができる。
 - ② 伝送フォーマットを気にせずに装置構成変更ができる。
 - ③ 遠隔操作によりネットワークの監視、保守点検の切替えを実現し、保守時間の短縮と運用コストの低減を実現する。
- などの効果が期待できる。

(2) CATV網

CATVネットワークの場合には、1台の光アンプが故障するとその先に光カプラにより分配された少なくとも30数

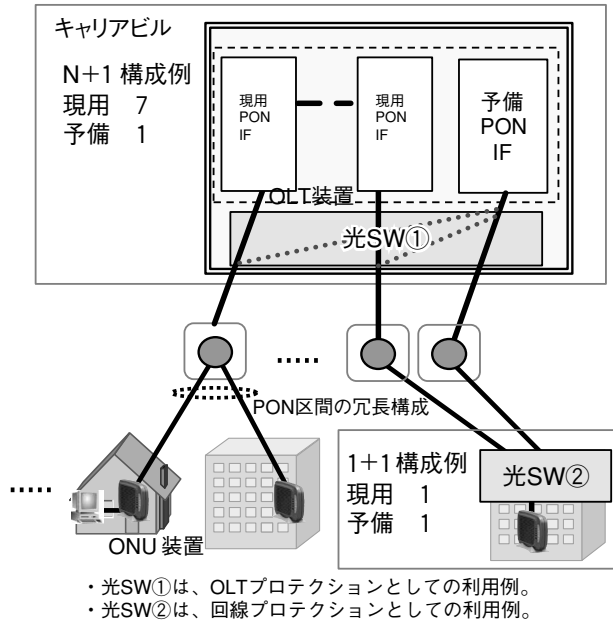


図6 光アクセスネットワーク適用例

戸の映像が途絶えることとなり、その影響は大きい。

図7に光アンプの冗長化として8+1の光スイッチ、光送信機の冗長化として1×2の光スイッチを適用した例を紹介する。

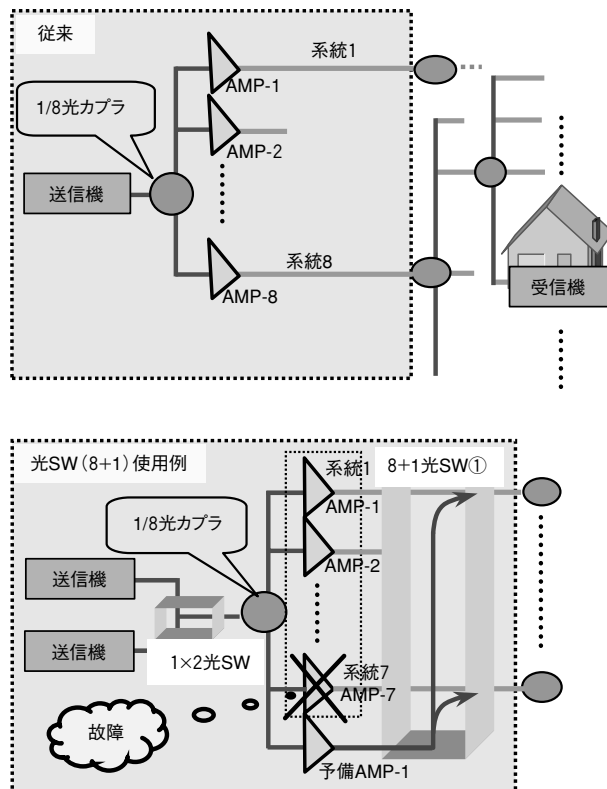


図7 CATV網適用例

8台の光アンプに対し、予備を1系統、本線を7系統とし、8+1の光スイッチを追加することにより光アンプの異常時に予備系へ切替える。そうすることで、高価な光アンプ8台中7台をフルに活用することができ、システムコストを抑え、冗長化によるサービス、運用、監視制御の効率化を図るなどの効果が期待できる。

加えて、局側の送信機を2台とし、1/8光カブラとの間に1×2光スイッチを設けることで、更に信頼性の高いシステム構成の実現が期待される。

おわりに

今後も光アクセスネットワークやCATV網などにおいて、さまざまなニーズに応えるべく、光スイッチを初めとする各種コンポーネントの開発・提案をし、「e社会」のインフラに貢献していきたい。

参考文献

- 1) 前田裕：「ソリューション・サービス特集に寄せて」、沖テクニカルレビュー198号，pp.2-3，2004年4月
- 2) 小野健治：「“光通信デバイス”を次世代のコアビジネスに」、NAIS REPORT，219号，p10，2002年9月

● 筆者紹介

小林啓邦：Yoshikuni Kobayashi. 沖電線株式会社 コンポーネント事業部
梶塚秀治：Hideharu kajizuka. 沖電線株式会社 コンポーネント事業部
堀中拓郎：Takuro Horinaka. 沖電線株式会社 コンポーネント事業部