



# 高密度マルチポート光アンプの開発

稲場 陽一\*・太田 順一・久保 祐二  
宮本 敏行

Development of High Density Multi-Port Optical Amplifier — by Youichi Inaba, Junichi Ota, Yuji Kubo and Toshiyuki Miyamoto — The demand for high speed Internet services is ever increasing. As of April 2010, there are 30 million Internet subscribers using the FTTH (Fiber to the Home) service in Japan alone. Meanwhile, the Japanese government has launched the digital terrestrial broadcasting service in view of the effective use of frequency range and improvement in image quality. The transition from analog to digital broadcasting will be completed by 2011. For this change, specialized broadcasting fixtures are required to convert currently used VHF (very high frequency) to UHF (ultra high frequency) allotted for the digital terrestrial broadcasting.

The FTTH network can contribute to the digital broadcasting service for the following two reasons. Firstly, its PON (passive optical network) topology enables the distribution of digital information to mass subscribers by single core optical fiber, thereby making the installation easy. Secondly, subscribers can use their existing broadcasting fixtures just by setting up a receiver (V-ONU). This is because FTTH broadcasting uses a different wavelength from that of telecommunications within the same optical fiber. Consequently, there has been an increase in the number of telecommunications carriers that offer the FTTH broadcasting service since 2005.

The use of a multi port optical amplifier enables the distribution of video signals to many subscribers at the same time, and is therefore economical. To respond to this trend, we have developed a high density multi port optical amplifier (D-SPN) based on our previous product SPN. The new amplifier has 48 output ports, allowing 1.5 times more distribution than the original SPN with 32 ports, while the device size remains the same – EIA (Electronic Industries Association)-compliant 3U size. Here, we report on the architecture and characteristic specifications of the new amplifier from a technical viewpoint.

Keywords: optical amplifier, high density, multi port, 3U size

## 1. 緒言

我国ではインターネット接続サービスの高速化要求に呼応する形で、FTTH (Fiber To The Home) 網の整備が進み、2010年4月現在、3,000万件もの加入者が、高速光通信を享受している。一方、放送でも技術革新が進み、2011年には地上波放送もデジタル化される予定となっている。地上波のデジタル化により、従来VHF帯でなされていた放送が、UHF帯に移行することになり、アンテナの新設など加入者側の放送設備の更新が必要となっている。FTTH網は通信用途に整備されたものではあるが、1心の光ファイバを多数の加入者でシェアする、PON (Passive Optical Network) トポロジーで整備されたため、放送で用いられるブロードキャスト方式にも適した形態となっていた。通信用途のFTTH網に、通信と異なる波長で放送波を重畳するFTTH放送は通信用途の光ファイバ網を使用するため、加入者側では受信機 (V-ONU) を設置するだけで、従来の放送設備と親和性の高い設備構築が可能であることから、2005年頃から、本格的にFTTH放送を提供する通信キャリアが増えてきた。

FTTH放送を経済的に提供するためには、たくさんの加入者に映像信号を分配する必要がある。このため、1台で複数の出力ポートを持つマルチポート光アンプが必須となっている。従来、我々は幅430mm、高さ132mm、奥行き440mmのサイズ (EIA規格のラックの3Uサイズ) に32ポートの光アンプ (SPN) をFTTH放送用途に提供していたが、今回同じサイズで1.5倍 (48ポート) の分配が可能である高密度マルチポート光アンプ (D-SPN) を開発した。ここでは、本製品の開発における技術的特長を中心に、設計思想、性能仕様について報告する。

## 2. 映像分配伝達システム

FTTH映像伝送は、多チャンネル映像コンテンツを多数の加入者に分配伝送する放送の形態をとる。図1に示すように、(FTTH映像伝送に適した光増幅器の特性がシステム構成上非常に重要である。) ヘッドエンド設備から送出された電気の映像信号は、光送信機によって光増幅に適した

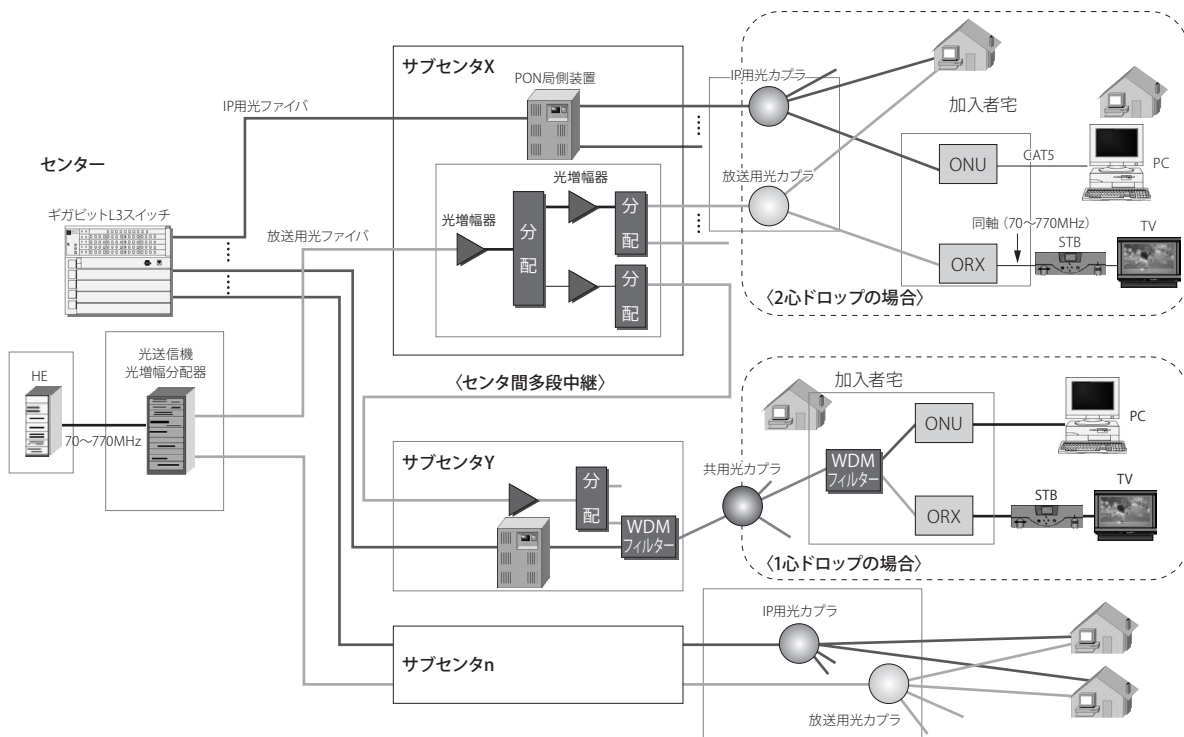


図1 FTTH映像分配伝送システムの構成

1.55 $\mu\text{m}$ 帯の波長を用いた光映像信号に変換される。光映像信号は、分配損失と伝送損失を補償するために光増幅され、多段に増幅、分配、伝送を繰り返した後にPON方式(下り波長: 1.49 $\mu\text{m}$ 、上がり波長: 1.31 $\mu\text{m}$ 帯)による加入者網へ合波される。

このような使用形態から、映像分配伝送用光増幅器には、高密度実装が可能で低消費電力、分配数を増やすための高出力とそれに伴う安全への配慮、多段増幅を行うための低雑音特性、効率的な遠隔制御・監視機能などが要求される。

### 3. 高密度マルチポート光アンプ(D-SPN)の特性

3-1 設計 本高密度マルチポート光アンプ(D-SPN)は従来のマルチポート光アンプ(SPN)よりもポート数を増加させるため、高密度の実装を可能とする設計を行っている。

表1にD-SPNとSPNの設計比較を示す。

設計は、従来のSPNのユニットサイズ、消費電力、総質量、使用温度を保持し、出力ポートを1.5倍の高密度化をいっている。高密度の実装を可能とする方法としては、①光アンプユニットの小型化、②従来品のSPNにおいては、フロント部の一部を占めアンプユニット数の減少の要因となっていた電源ユニットおよび監視ユニットを別の場所に移動させる、という方法が考えられる。①光アンプユニットの小型化は熱密度が増加するため、放熱限界に達し易く

表1 D-SPNとSPNの設計比較

	SPN	D-SPN	特徴
下位アンプユニット搭載数[台]	8	12	
出力ポート数[port]	32	48	ポート数: 1.5倍
サブラックユニットサイズ	3U	3U	EIA規格 D-SPN: AC電源 ユニット 搭載時: 4Uサイズ
最大消費電力[W]	400	460	ポート数1.5倍に対し、消費電力1.15倍に抑制
総質量[kg]	17	13	総質量: 75%まで抑制 D-SPN: AC電源 ユニット 搭載時: 20kg
仕様環境温度[°C]	-5~40°C	-5~40°C	

なる。このため、②フロント部を占有している電源ユニットおよび監視ユニットを小型化し別の場所に収容させる方法をとることで、出力ポート数をSPNの1.5倍とする高密度化の設計を検討した。

電源ユニット、監視ユニットを小型化し、別の場所に備えることで構造的に1.5倍のアンプユニットを収容することは容易ではあるがアンプユニットの増加により、サブラック単体での発生する熱量も1.5倍となるため、現状の

冷却方式ではラック内の温度が従来品よりも高くなることが予想された。また、SPNではバックボードが通風障壁となっており、中央に配置された2個のファンで冷却しているが、同構造のシャーシを踏襲するとD-SPNの場合では部分的に冷却が不十分になることが予想された。このため、バックボード、ファンについても新規に設計をした。また、SPNでは1台の上位アンプに対して8台の下位アンプで構成されているが、D-SPNでは12台に増加するために、上位アンプの光分配方式を見直した。

### 3-2 対策

#### (1) 電源ユニット

国内の通信キャリアが標準的に使用している電源であるDC-48Vをアンプユニットに直接給電する形式にすることで、電源ユニットを省略し、フロント部に光アンプユニットを実装する空間を生み出した。また、給電電圧をDC5V電源からDC48V電源に変更することで、電流を約1/8まで低減でき、従来のバスバーをバックボード内部に取り入れる構造とした。AC100V給電に対しては、1Uサイズの外部電源ユニットを用いることで、AC100V～240VのAC電源にも対応が可能となっている。

#### (2) 監視ユニット

大多数のキャリアにおいて、SNMP (Simple Network Management Protocol) を用いた管理機能が使用されるた

め、サブラックユニットに標準実装することでアンプユニットを実装する空間を生み出す方法を検討した。監視ユニットをサブラックユニットと一体化し配置するためには、監視ユニットを25%程度までの小型化する必要があった。小型を行った監視ユニット基板と従来品との比較を**写真1**に示す。

ソフトウェアの書き込みをコンパクトフラッシュからメモリーカードに変更、IOポートの低減、シリアルポートを4chから2chへ低減、イーサーポートを2chから1chへ低減、タッチパネルインタフェイスの廃止を行うことで、従来基板の面積比30%で小型化した監視ボードを採用することが可能となった。電源とSNMP基板のバックボード配置を**写真2**に示す。

#### (3) 冷却方式の見直し

冷却効率を向上させるため、バックボードに配置するDC電源入力端および監視ユニットは、発生した熱を逃がしやすくサブラックユニットの下方に配置した。次に、冷却ファンの構成も、従来は大型ファン2台（サイズ：120mm×120mm）をサブラックユニット背面の中心部に配置していたため、サブラックの両端部の冷却効率が悪い（風量が少ない）状態となっていた。また、冷却効率の平均化を図るため、6台の小型のファンユニット（サイズ：60mm×60mm）に変更した。

**写真3**にファンユニットの配置を、**図2**に冷却量（風量）のシミュレーション結果を示す。

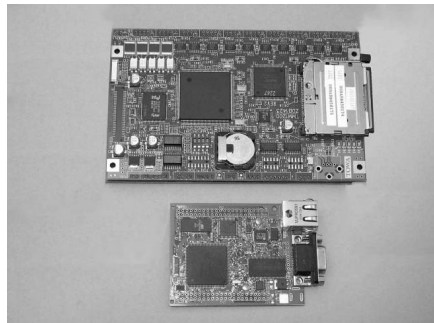


写真1 SNMP基板 従来品との比較  
(上：従来品、下：小型化品)



写真3 ファンユニット配置写真



写真2 電源とSNMP基板配置写真  
(左：従来品、右：SNMP基板)

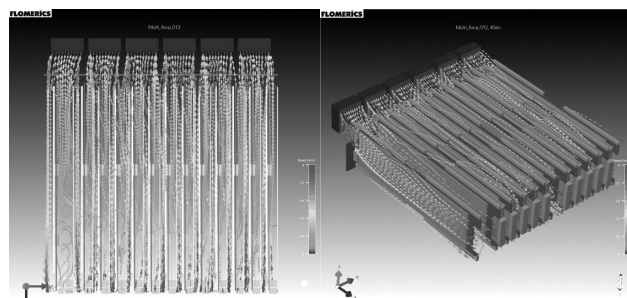


図2 冷却量（風量）のシミュレーション結果

熱を逃がしやすいようにサブラックユニット上部にファンを配置し、小型のファンユニットをサブラック全体に行き渡るよう配置することで、風量の平均化を実行した。結果、サブラック壁面付近の空気の流れも滞ることなくアンプユニットの間を流れる空気の流れが平均化しており、各アンプユニットを効率的に冷却することが可能であることが確認できた。

冷却効率を向上したことで、従来と同等の動作温度かつ1.5倍の高密度化を達成した高密度マルチポート光アンプの開発が可能となった。

(4) 光アンプの分配方式

図3に上位ユニットの分岐図を示す。

光アンプユニットは、高出力の増幅を行うため、上位アンプユニットと下位アンプユニットの2段の増幅形式を取っている。D-SPNでは、下位アンプユニットを12台実装できる設計となつたため、上位アンプユニットは12分岐する必要がある。しかしながら、ポート分岐のために使用する光カプラは2のべき乗に対応させることが通常である。12分岐であるD-SPNにおいては、通常であれば16分岐を行い4分岐分のパワーを無駄にしてしまうが、図3のように光アンプを構成することで、本来であれば無駄となってしまう4分岐分のパワーを無駄にすることなく12分岐とすることを可能としている。また、上位アンプユニットは前方励起980nmLDを、後方励起として1480nmLDを使用する双方向励起により相互バックアップを行い、信頼性を向上させている。

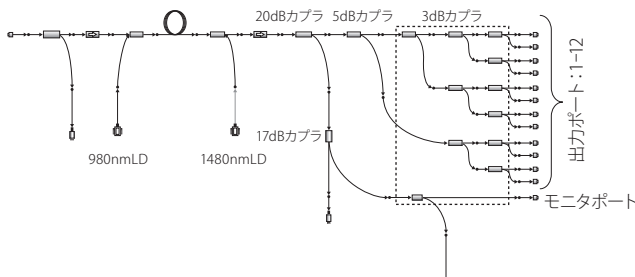


図3 上位アンプユニット分岐図

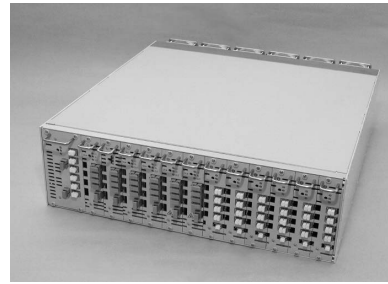


写真4 D-SPN外観写真



写真5 AC電源ユニット外観写真

表2 D-SPNの主要光学特性

項目	仕様	備考	
入力光波長範囲	1550～1560nm		
光コネクタ	上位測光	入力-SC型/SPC 又はAPC研磨	
	アンプ ユニット	出力-MU型/ SPC研磨	
	光アンプ	入力-SC型/ APC研磨	
	ユニット	出力-MU型/ SPC研磨	
入力光レベル(Pin)	0dBm～+15dBm		
雑音指数	6.5dB以下	@Pin = 0dBm, λ = 1550nm 出力設定+17dBm時	
偏光依存利得	0.5dBp - p以下	信号入力レベル: 0dBm	
出力ポート数	8ポート×最大12台実装		
出力光レベル	+17dBm出力×8ポート (設定変更により最大18dBmまで可能)	信号入力レベル: 0dBm	
外部インターフェース	Ethernetポート(RJ-45)、 RS-232C(D-Sub9ピン)		
監視制御	SNMPおよびTELNET		
電源	DC-48V		
動作温度	-5℃～40℃		

3-3 D-SPNの構成 写真4、写真5に今回開発したD-SPNおよび外部電源ユニットとの外観を示す。

D-SPNはEIA/JIS19インチラック3Uサイズのサブラックにアンプユニットを13台搭載可能とし、冗長構成をもつDC48Vの電源およびSNMPによる管理機能を有している。

各アンプユニットは活線挿抜が可能であり、アンプユニットの光ケーブルの配線、異常時や保守時のアンプの交換は前面で容易に行うことが可能である。また、サブラック背面より全てのユニットにアクセス可能であり、電源、通信ケーブルの接続、各種機能の設定の変更が可能となっている。

別ユニットとして、冗長構成をもつAC電源ユニット(1Uサイズ)を組み合わせることも可能であり、AC電源ユニットと組み合わせた場合には、前面にて全てのユニットにアクセス可能となる。

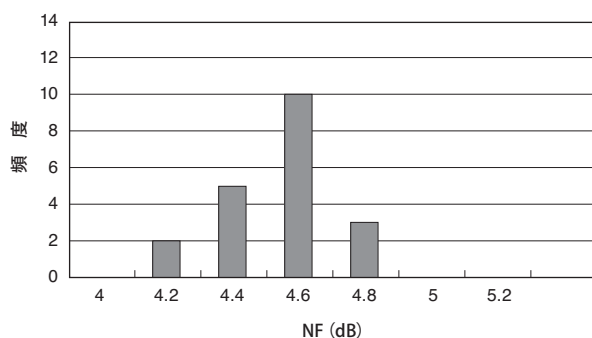


図4 上位アンプのNF分布 (0dBm入力)

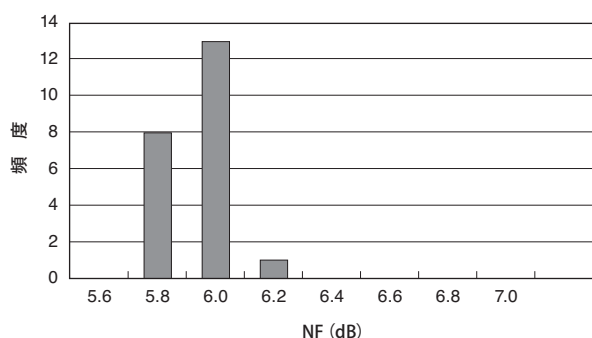


図5 下位アンプのNF分布 (9.5dBm入力)

**3-4 光学特性** D-SPNの主要光学特性を表2に示す。D-SPNは従来品のSPNと同様マルチポートアンプの主要光学特性を満たした設計となっている。

図4および図5にD-SPNの上位アンプユニットと下位ア

ンプユニットのNF分布を示す。

上位アンプユニット 9.5dBm出力光アンプの雑音指数(NF)は5.0dB以下(実力)、下位アンプユニット 20dBmの出力光アンプのNFは6.4dB以下(実力)となっており、上位アンプユニットと下位アンプユニットの合成NFの仕様上は6.5dBだが、実力は平均で4.95dB、最大値で5.18dBと低雑音特性を有している。

**3-5 管理機能** 本D-SPNは、サブラックユニットバックボードに充実したモニタ機能、アラーム機能を有しており、これらのモニタ情報、アラーム閾値を含めD-SPNの各種パラメータ、電源ユニット、ファンユニットは、SNMPにより状態の監視、障害発生時にはTrapによる障害検出を行うことが可能である。これより、遠隔地等でも機器の設置・管理が可能となり多様なネットワーク構成を実現することが可能である。

(1) 各種アラーム機能

光入出力レベル異常、励起LD電流異常、励起LD温度異常を検知し、前面LEDにてアラームを確認することが可能である。更に、安全の為の光出力シャットダウン機能を有している。また、電源(ファン)ユニット異常、CPU異常、通信異常を検知することが可能である。

(2) 監視機能

SNMPを介してネットワーク上の監視端末により各ユニットの状態監視、各パラメータ異常のTrapの発出を行うことが可能である。また、NTPサーバによる時刻の管理も行っており、障害発出・復旧の種類・時刻に関してログを収集、保存する機能を有している。

(3) 遠隔操作機能

アラーム閾値、Trap発生条件、D-SPNユニットの光学設定、各種ネットワーク設定はコンソール(RS232C)に

表3 信頼性評価結果一覧

項目	温度条件	その他の条件 他	合格基準 (内規)	試験数	試験結果	判定
振動試験 (フル実装時)	室温	50-500Hz, 0.25oct./min., 3G, 2min/cyc × 30, XYZ方向、動作時	試験中の異常値が無い事。試験前後のLD電流、NF、入出力モニタ精度の変動量が0.5dB以下。	N=1	0.25dB以下	合格
衝撃試験 (フル実装時)	室温	50G, XYZ方向、非動作時		N=1	0.25dB以下	合格
ヒートサイクル	-20~70℃	100サイクル、非動作時		N=1	0.4dB以内	合格
高温高湿	85℃、85%	500時間、非動作時		N=1	0.25dB以内	合格
電源電圧変動特性	-5℃、25℃、40℃	AC90V~AC264V、ALCモード	『90V~264V』において正常に動作する事	N=1	75~265V(50/60Hz)にて通常動作維持	合格
絶縁抵抗	室温	DC500V	5MΩ以上	N=1	5MΩ以上(測定限界以下)	合格
絶縁耐圧	室温	AC1000V	リーク電流10mA以下	N=1	約5mA(AC1000V1分間印加)	合格
雷サージ	室温	コモン: ±2kV、位相(90°, 270°) ノーマル: ±1kV、位相(90°, 270°)	±2kV 異常動作なき事 (自動復帰する事)	N=1	FG-AC間(±2kV)にて通常動作を維持	合格
EMC特性(伝導ノイズ)	室温	AC100V、フル実装、ALCモード	VCCI クラスA	N=1	マージン10dB以上	合格
EMC特性(放射ノイズ)	室温	AC100V、フル実装、ALCモード	VCCI クラスA	N=1	VCCI クラスA達成	合格
EMC特性(ESD耐性)	室温	AC100V、フル実装、ALCモード	接触放電±4kV 気中放電±8kV	N=1	B判定 (試験後自動復帰)	合格

直接接続することや、イーサネットを介したTelnetにより設定の変更が可能である。

#### (4) FTP 機能

FTPサーバ機能を有しており、D-SPNのファームウェアのバージョンアップもFTPにより実行可能である。

**3-6 信頼性** 信頼結果一覧を表3に示す。当社で永年培ってきた光増幅技術を基に開発したD-SPNは、信頼性上も振動・衝撃をはじめ、高温・高湿、ヒートサイクル等の環境試験、絶縁抵抗、絶縁耐圧、サージ試験、電源電圧変動試験等の各種信頼性試験をクリアしており安心して使用することが可能である。ESDは試験後自動復帰するB判定を取得しており、また、VCCIはクラスAを取得しており、放射・伝導ノイズの影響を気にすることなく使用することが可能である。

## 4. 結 言

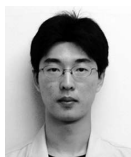
今回、高密度化を実施することによりユニット単価のコスト低減を達成する高密度マルチポート光アンプ開発を行った。この結果、従来のSPNに対し、動作環境、光学特性を維持したままで1.5倍の出力ポートを持つD-SPNを開発することが出来た。また、高密度マルチポート光アンプの高密度化における設計思想、特性を示した。

## 参 考 文 献

- (1) 津崎哲文、「映像伝送用光増幅器の開発」、SEIテクニカルレビュー、第166号、71pp.-75pp. (2005.3)

## 執 筆 者

稲場 陽一\* : SEI オプティフロンティア(株)  
機器事業部 機器技術部  
光アンプ製品の開発・設計に従事



太田 順一 : 光機器事業部 営業技術部 主幹  
久保 祐二 : SEI オプティフロンティア(株)  
機器事業部 機器技術部 グループ長  
宮本 敏行 : SEI オプティフロンティア(株)  
機器事業部 機器技術部 主査

\*主執筆者