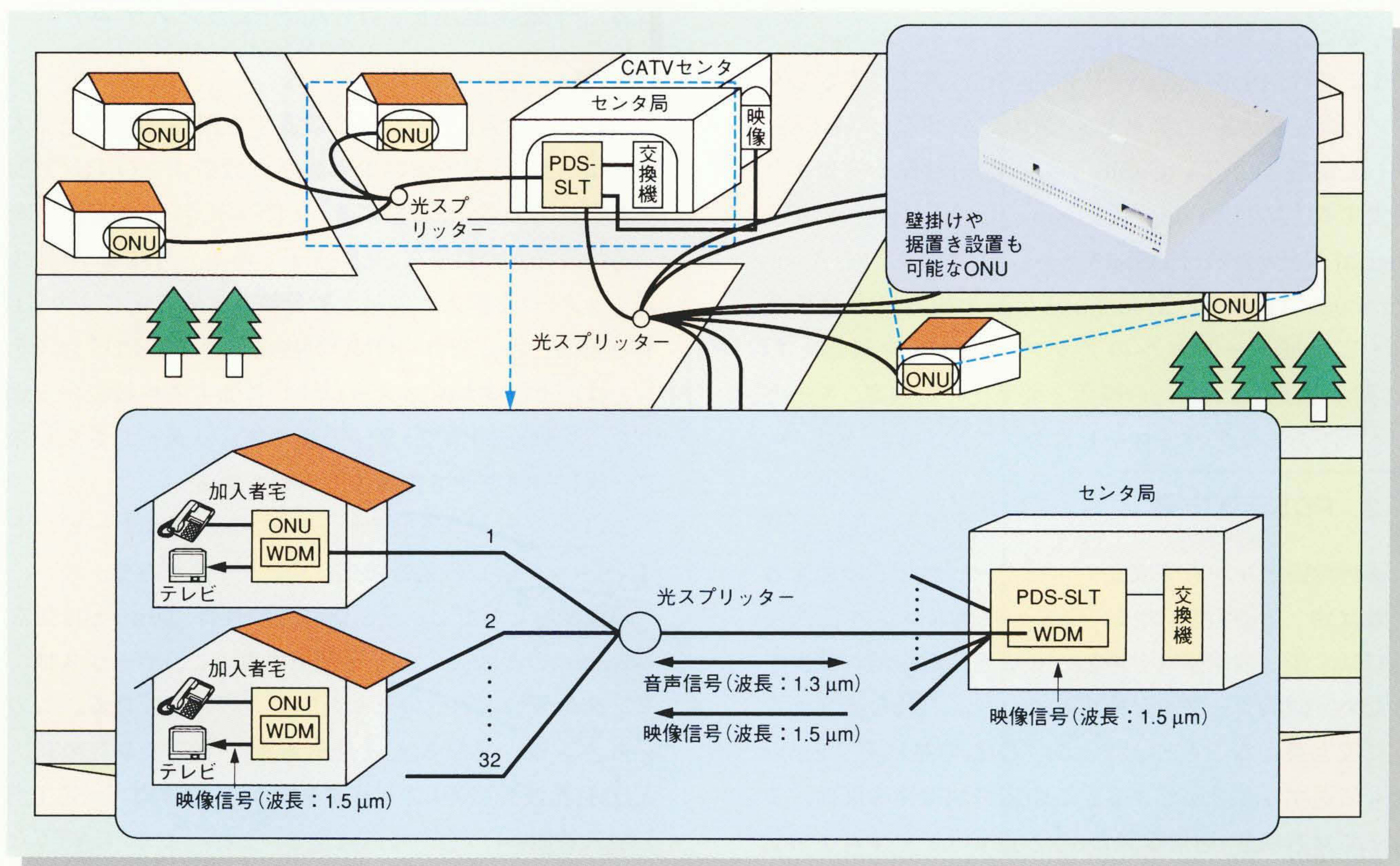


高速マルチメディアを提供する PDS型全光ファイバ アクセス システム

PDS Type All-Fiber Access System for High-Speed Multimedia Services

宮守良夫 *Yoshio Miyamori* 佐藤栄裕 *Eisuke Satō*
芦 賢浩 *Yoshihiro Ashi* 高野光広 *Mitsuhiro Takano*



注：略語説明 ONU (Optical Network Unit；光加入者網終端装置), CATV (Cable Television；有線テレビ)
PDS-SLT (Passive Double Star Subscriber Line Terminal；PDS方式光加入者線端局装置), WDM (Wavelength Division Multiplexing)

PDSシステムの構成 (FTTHの例)

センタからの1本の光ファイバを光スプリッターで分岐することにより、最大32加入者宅と接続することができる。

各家庭まで光ファイバを導入するFTTH (Fiber to the Home)を実現することにより、音声だけでなく映像のサービスも提供することが可能となる。これにより、インターネット、ビデオ オン デマンドやホームショッピングサービスなどのマルチメディアサービスの発展に大きく拍車かけられるものと期待できる。

これまでは、通信設備ビルと各家庭とを1対1の光ファイバで布設することは高コストなために導入が困難であったが、PDS (Passive Double Star)方式を採用することにより、通信設備ビルに設置される光伝送設備と各家庭まで布設する光ファイバを複数の加入者が共用できる

ため、低コストでFTTHを導入することが可能となった。また、光信号は1本の光ファイバで波長の異なる信号を同時に伝送することができるので、この波長多重技術を利用し、音声信号と映像信号を同時に伝送してサービスを提供することが可能となる。

日立製作所は、将来の加入者網の全光化を目指し、ホームユーザー用FTTHとビジネス用FTTO (Fiber to the Office)の2タイプの、経済性に優れたPDS方式光加入伝送装置を、日本電信電話株式会社の指導の下に開発した。

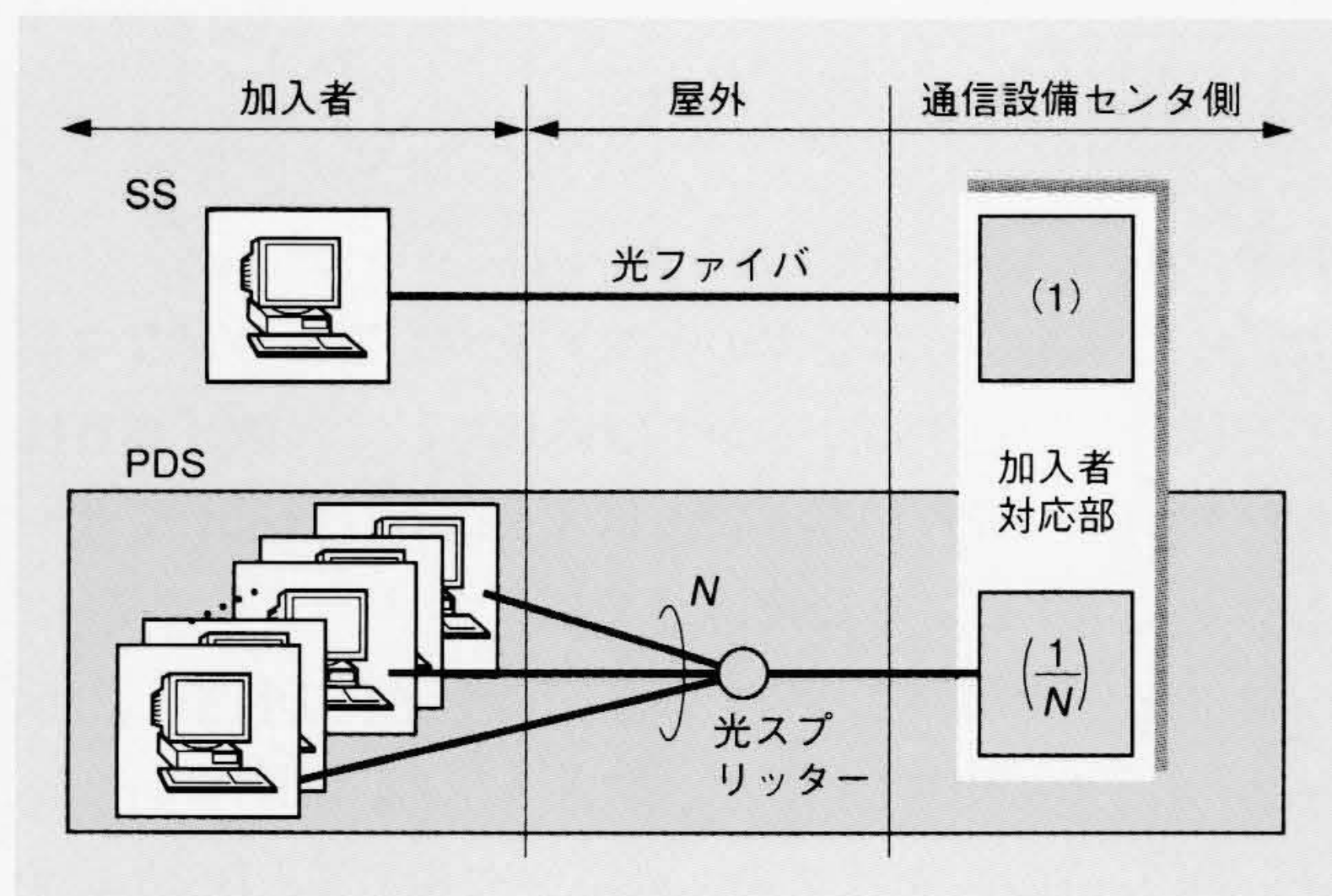
1. はじめに

光伝送方式には、一般家庭や業務ユーザーの事務所などをターゲットとした、(1) 家庭まで光ファイバを布設するFTTH(Fiber to the Home)と、(2) ビジネス用オフィスまで光化するFTTO(Fiber to the Office)がある。光伝送方式の特徴としては、従来のメタル線を光ファイバケーブルにすることにより、伝送できる情報量が増加するため、マルチメディアサービスに対応することが可能となることである。

ここでは、PDS(Passive Double Star)方式による2タイプの全光ファイバアクセスシステム、すなわちFTTHとして電話とCATV(Cable Television)映像サービスを提供する「A/I(Analog Telephone/Integrated Services Digital Network)-PDSシステム」、およびATM(Asynchronous Transfer Mode)伝送技術を組み合わせて高速・広帯域サービスへのアップグレードを目指した「ATM-PDSシステム」の概要と製品化した内容、キーデバイスである光デバイスなどについて述べる。

2. PDS伝送方式

通信設備ビルから各家庭やユーザービルまでの加入者距離は約7 km程度である。従来の平衡対メタル伝送技術では、伝送情報帯域を増加させると伝送距離が減少するため、同軸ケーブルを使用していた。これを光ファイバに置き換えることにより、約1 GHzの帯域を7 km以上も伝送することができる。この広帯域特性の反面、これまでは、局舎(通信設備ビル)と各家庭とを1対1の光



注：略語説明 SS(Single Star)

図1 PDSの原理

センタからスター状に加入者へ接続する途中で、受動素子の光スプリッターでさらにスター状に分岐させて接続する。

ファイバで布設すると設備コストが高くなるので導入が困難であった。しかしPDS方式を採用することにより、局舎(通信設備ビル)に設置される光伝送設備から各家庭や事務所まで布設する光ファイバを複数の加入者が共用できるため、光伝送方式を低コストで導入することが可能となった。この原理図を図1に示す。同図に示すように、光伝送設備や光ファイバが複数の加入者で共有できるため、 $\frac{1}{N}$ に経済化が可能である。

3. 一般家庭用FTTH(A/I-PDSシステム)

3.1 概要

PDSシステムは、センタに設置するPDS-SLT(光加入者線端局装置)と各家庭や事業所に設置するONU(光加入者網終端装置)で構成する。PDS-SLTとONU間の光伝送路の任意の位置に、受動素子である光分岐素子(光スプリッター)を挿入して最大32分岐させることにより、1本の光伝送路に32台のONUが接続できる。PDSシステムとは、センタからスター(星)状に加入者へ接続する途中で、受動(パッシブ)素子の光スプリッターでさらにスター状に分岐させて接続するものである。

このシステムの通信サービスには、電話サービスと「INSネット64」の狭帯域ISDNサービスがある。

映像サービスでは、通信信号光波長(1.3 μm)とは異なる1.5 μm の光波長の信号を使用する。このサービスは、センタから加入者への下り方向だけのものである。このシステムは、異なる光波長を多重、分離するために、WDM(光波長多重)フィルタをセンタ側のPDS-SLT内と加入者側のONU内に内蔵する。これにより、CATVなどの映像サービス信号を、通信と同一の光伝送路に多重した形で提供する。PDSのシステム構成を29ページの図に、主要諸元を表1にそれぞれ示す。

表1 A/I-PDSシステムの主要諸元

32分岐によって平均8 Bの通信が可能である。

項目	内容
提供サービス容量	(1 ONU当たり)最大48 B ; 32分岐平均8 B(B=64 kビット/s)
伝送波長	1.3 μm
伝送距離	32分岐時平均7 km
伝送速度	49 Mビット/s
上下方向多重形式	TCM
ONU間多重形式	TDMA
映像分配	WDM, 伝送波長: 1.5 μm

注：略語説明

TCM(Time Compression Multiplexing ; 時分割多重制御)

TDMA(Time Division Multiple Access ; 時分割多重アクセス)

3.2 主要技術

このシステムでは、PDS-SLTから光スプリッターまでを1本の光ファイバで結び、上下方向の多重と各ONUからの上り信号の多重を行う。多重フレームの構成を図2に示す。

(1) 上下方向の多重

上下方向多重は、TCM(時分割多重制御)によって実現している。これは、1本の伝送路を用い、時間軸を $\frac{1}{2}$ に圧縮して上り信号の時間帯と下り信号の時間帯に分け、上り下りを交互に通信する双方向通信を実現させる通信方式である。各ONUには1から32までの識別番号が、下りフレーム上のOH(Overhead Bit)部に付与されることにより、下り信号上の指定された時間のデータだけを選択して通信を行う。

(2) ONU間の多重

ONUからの上り信号のONU間多重は、TDMA(時分割多重アクセス)によって実現している。TCMによる上り信号時間帯で、最大32台のONU上り信号を光スプリッターで衝突させないために、信号間に間隔を設ける必要がある。この間隔をガードタイムと呼び、このガードタイムを小さくすれば上り信号時間帯の多重度が上がり、時間軸を有効に使用することができる。各ONUの上り信号送出タイミングは、ガードタイムが最適となるように、PDS-SLT(Subscriber Line Terminal)から各ONUまでの光伝送路の距離が異なることによって生じる伝送遅延を各ONUごとに測定し、この遅延とガードタイムを考慮した上り信号送出時間を、下りOH信号を使用して各ONUに通知している。

このように、TDMA制御された各ONUからの上りバースト信号は、光スプリッターで衝突なく多重されて1本の光伝送路上に配置される。

3.3 PDS-SLT(光加入者線端局装置)

センター局に設置するPDS-SLTは、交換機からのアナログ電話回線またはINSネット64回線と接続し、ONUとのインタフェースをとる。この装置の主な機能は、(1) TCM・TDMA制御、(2) アナログ電話・INSネット64サービス設定振り分け、(3) WDM(波長多重)であり、外形寸法 $800 \times 600 \times 1,800$ (mm)のキャビネット構造である。また、最大1,920台のONUとの接続が可能である。

3.4 ONU(光加入者網終端装置)

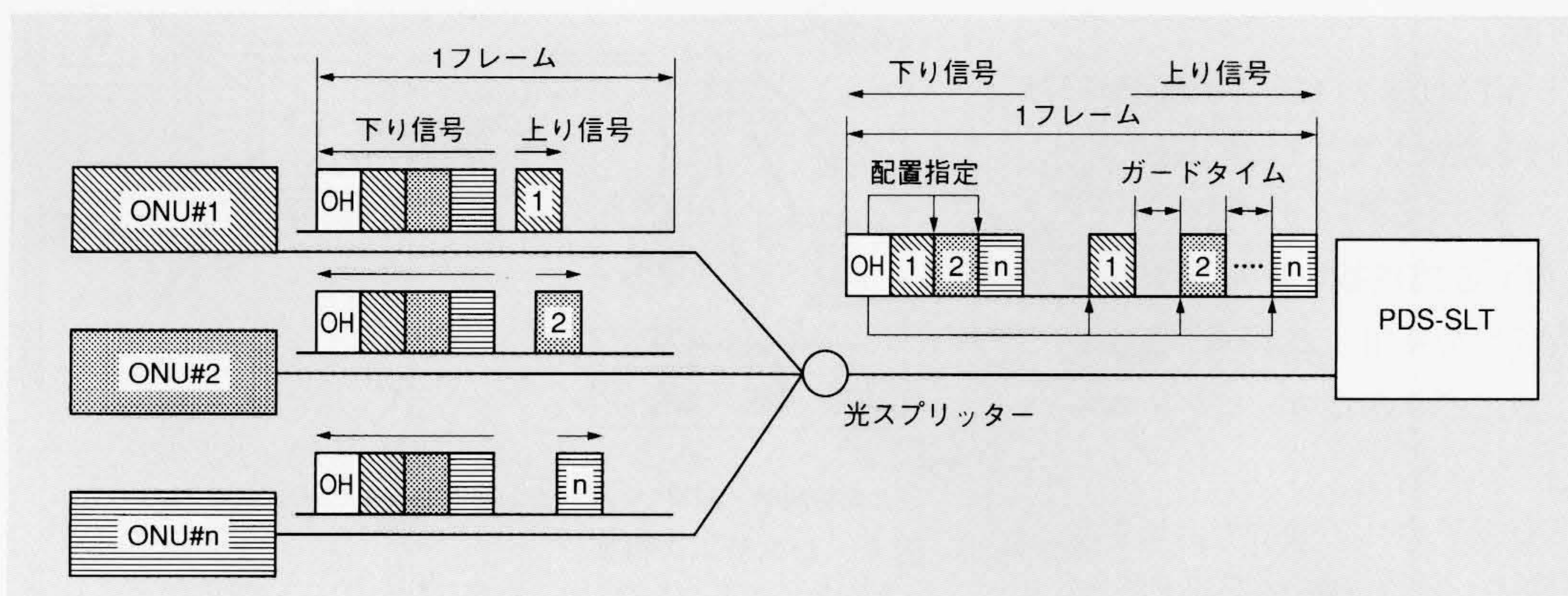
加入者宅に設置するONUの小型・低消費電力化を図って、主要機能を1チップのLSIで実現している。このONUは、停電時の電話回線機能の確保のためにバッテリーバックアップ機能を持つ。主な機能としては、(1) 光伝送路終端、(2) アナログ電話回線やINSネット64端末インタフェース終端カードの収容、(3) WDMがあり、バッテリーを含めた外形寸法は $240 \times 260 \times 55$ (mm)である。

3.5 システム導入事例

PDSシステムの光加入伝送装置では、映像系のシステムと組み合わせることにより、好きなときに好みの映画やビデオが自宅の画面で見られるサービスも提供することができる。導入事例を図3に示す。

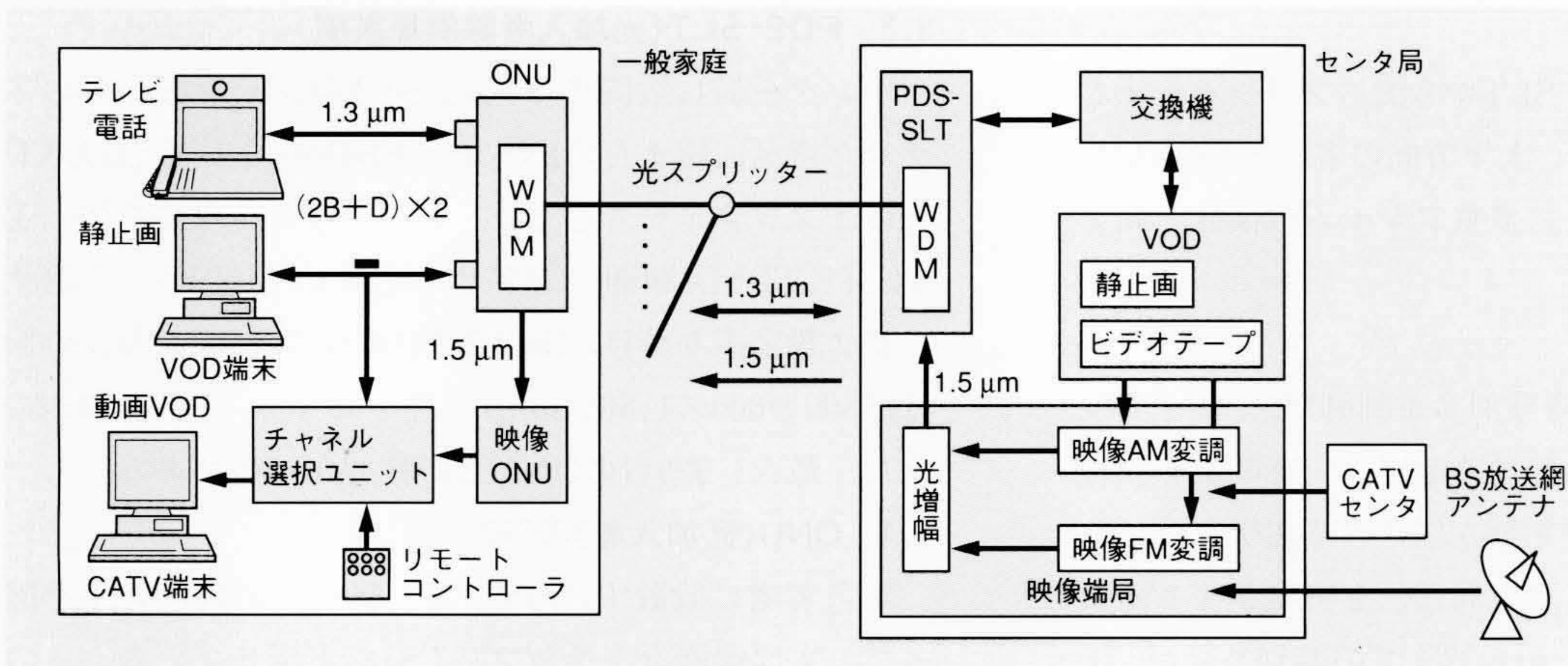
この事例では、一般家庭にINSネット64を2回線提供するONUを設置し、1回線をテレビ電話用の回線として、ほかの1回線を映像用の制御回線または静止画サービスなどの回線として使用する。

映像系のソースには、CATVセンタからの多チャンネル映像、BS(放送衛星)放送によるHDTV(高精細度テレビ放送)、VOD(Video on Demand)用の静止画情報とビデオテープなどがあり、静止画情報以外はそれぞれ映像端局で映像用AM変調またはFM変調で数十チャンネル多重されて光増幅される。この映像信号は、この装置内で光波長多重して、家庭内に設置のONUで光波長分離を行っ



注：略語説明
OH(Overhead Bit)

図2 多重フレームの構成
光スプリッターで上りバースト信号を衝突なく配置することが必要である。



注：略語説明
VOD (Video on Demand)
BS (Broadcasting Satellite)

図3 導入事例

映像系システムの組合せにより、ビデオ オン デマンドのサービスが提供できる。

て映像ONUに接続される。

一般家庭では、リモートコントロールで好きなソースを選択すると、その選択信号が通信回線を通して交換機に伝達される。VOD装置は、交換機からの選択命令により、例えば流行の映画ビデオソースの選択と頭出しを始めてから、映像端局へ送る。この映像サービス信号は、AMまたはFMで変調、多重されているので、家庭内のチャンネル選択ユニットで選択され、テレビ画面へ送られる。

この事例のサービスでは、VODやホームショッピングのほかに、自宅でゲームやカラオケが楽しめるサービスも提供できるので、今後のマルチメディア化の発展に伴い、高機能化する端末やシステムとの接続が容易となる。

4. ビジネス用FTTO(ATM-PDSシステム)

4.1 概要

経済化を目指したPDS光伝送システムでは、サービスの高速化・広帯域化・高機能化が提供できるマルチメディア用高速PDSシステムを開発している。

このシステムの特徴は以下のとおりである。

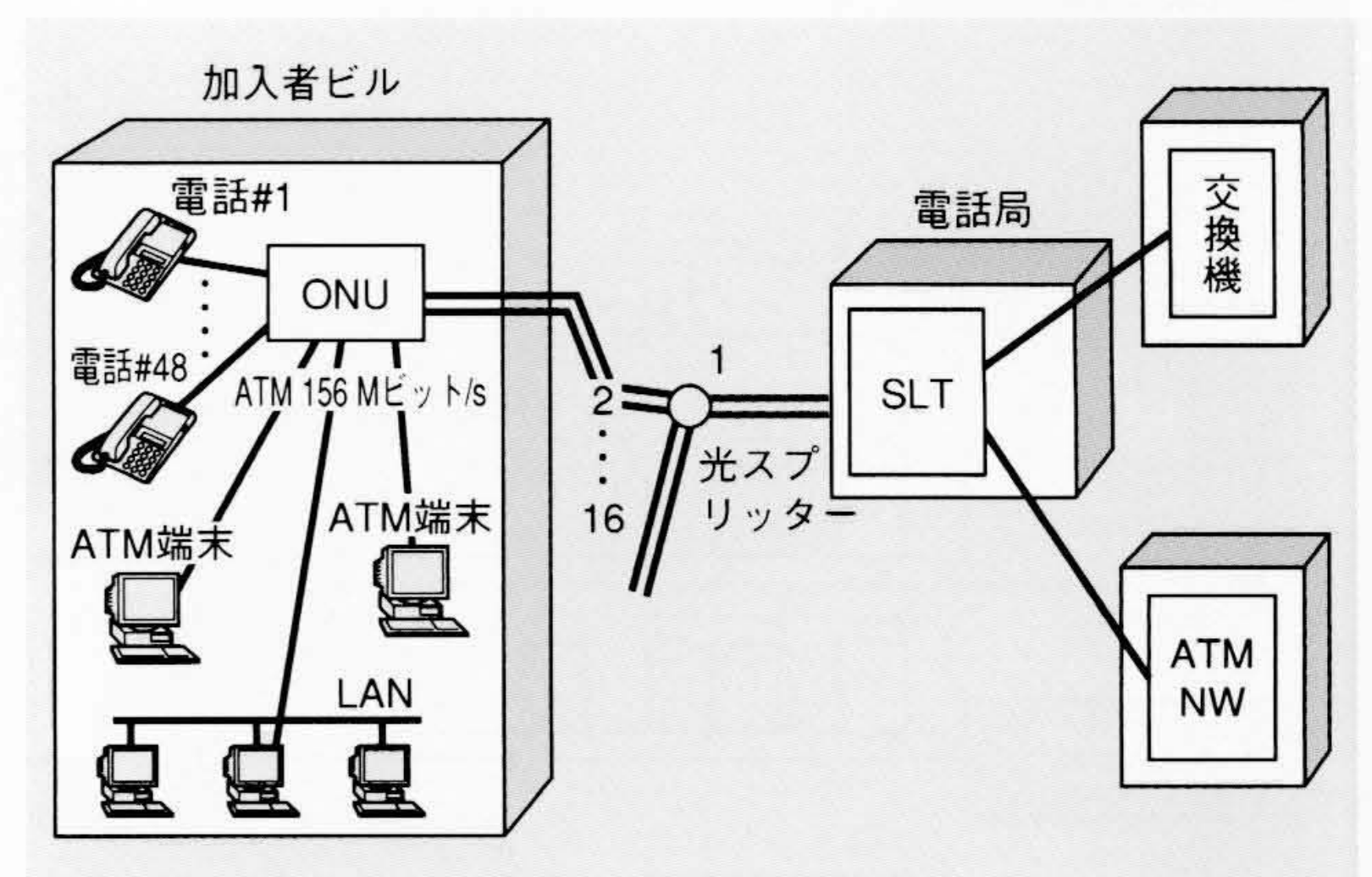
- (1) ATM技術を使い、すべての情報をATMセルと言うパケット単位に処理することにより、複数のサービス収容に柔軟に対応・拡張が可能
- (2) アナログ電話48回線とATM156 Mビット/s最大3回線までの情報を、使用帯域を選択して1台のONUで収容が可能
- (3) 最大16台のONUが使用するPDS帯域を可変することが可能であり、各ONU内部での使用するポート帯域をユーザーの要求に合わせて設定できるため、ビジネスユースに最適

このシステムは、ONUとしてアナログ電話サービスとATM156 Mビット/s広帯域インタフェースを提供して

いる。このシステムの概要を図4に、主要諸元を表2にそれぞれ示す。このシステムでは、156 Mビット/s伝送をPDS方式で16分配して伝送するため、平均で約8 Mビット/s程度の帯域を各ONUに使用することができる。また、同図で示すように、1台のONUでは最大電話回線48回線、またはATM回線3回線、またはそれぞれの組み合わせを提供可能である。このATM回線に使用できる容量の総和は、ONUに設定されたPDS伝送容量を上限とするが、分岐数やATM使用容量を設定することにより、ある特定のビジネスユーザーに対応して容量を増減させるなどの柔軟な対応が可能である。

4.2 主要技術

156 Mビット/sの高速データ通信は、上り信号を光スプリッターでTDMA光多重することによって実現している。このため、このシステムでは、下りに1.5 μm、上りに1.3 μmの波長を用いたWDM方式で1本の光ファイバによる双方向伝送を実現している。上りと下りの波



注：略語説明 ATM (Asynchronous Transfer Mode), NW (Network)

図4 システムの概要

ATM伝送することにより、多様なサービスに対応できる。

表2 ATM-PDSシステムの主要諸元
16分岐で平均8Mビット/s伝送が可能である。

項 目	内 容
提供サービス容量, 物理インタフェース	1 ONU当たり: 最大48回線(アナログ電話) ATM 156 Mビット/s×3回線 (注)
伝 送 波 長	下り: 1.5 μm , 上り: 1.3 μm
伝 送 距 離	16分岐最大10 km
伝 送 速 度	156 Mビット/s
下り方向多重形式	TDM
ONU間多重形式	TDMA

(注): 使用できる容量は、設定したPDS帯域に限定される。

長が異なるため、下りは従来の連続データ伝送技術が使用でき、上りだけにTDMA技術を適用している。また、このTDMA技術を用いて、光ファイバの距離の差を1m単位で識別し、調整を行っている。

4.3 ATM-PDSの装置構成

ATM-PDSの装置構成を図5に示す。SLTでは、ATM-PDSが電話サービス用に交換機接続され、かつATM 156 Mビット/s伝送路により、ATMバックボーンネットワークに接続される。この装置の主な機能は、(1)上りTDMA制御、(2)アナログ電話とATMサービスとのパス振り分け、(3)アナログ電話でのPDSセル→ATMセル→電話信号のセル化・デセル化の機能などであり、ATMスイッチングとして約3.6 Gビット/sのスループット容量がある。

外形寸法は、800×600×1,800(mm)のキャビネット構造であり、最大384台のONUとの接続が可能である。

5. 光伝送モジュール

5.1 FTTH用双方向バースト伝送モジュール

双方向バースト伝送モジュールは、光を分岐、結合す

る光スプリッター機能により、同一波長(1.3 μm)での双方向伝送を実現している。また、WDMによって別波長1.5 μm を下り伝送している。この方式では、光分岐損失をリカバーするため高光出力化・高効率化が要求されており、WDM方式では異なる波長間での高アイソレーション化が必要である。光モジュールでは、この光学的特性をPLC(Planar Lightwave Circuit)モジュールで実現し、電気送受信部の主要回路をICで構成している。

(1) PLCモジュール

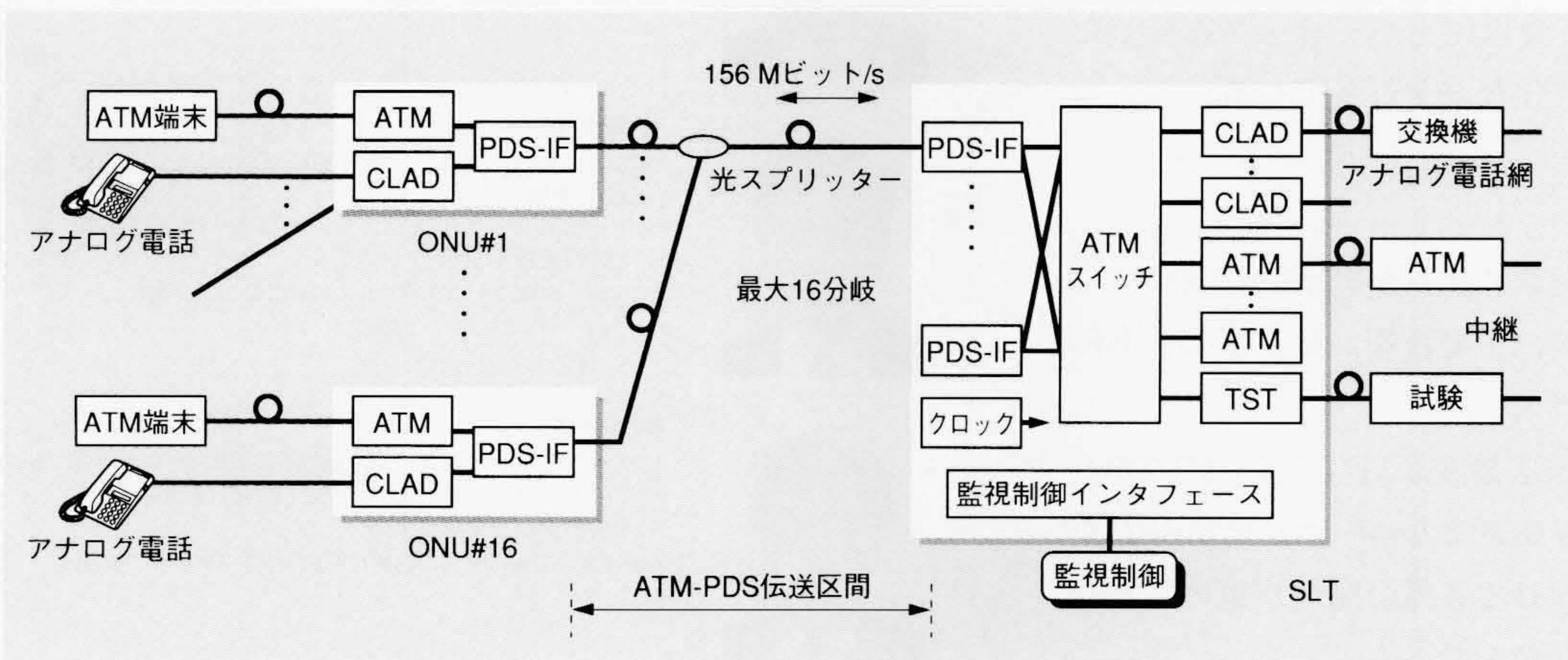
加入者側PLCモジュール機能ブロックを図6に示す。体積は40×12×5(mm)である。PLCプラットフォーム(Si導波路基板)上へ直接光素子を搭載する表面実装技術により、レンズなどを介さずに、低損失で導波路との接続が可能である。モード拡大LD(Laser Diode)と導波路型PD(Photo Diode)をチップ実装し、WDM機能を持つ干渉膜フィルタを合わせて搭載している。さらに、実装時に素子を動作させて位置合わせを行うアクティブアライメント法ではなく、高精度な位置決めによるパッシブアライメント法による光軸調整技術を開発した。

(2) 光モジュール

光モジュールの外観を図7に示す。送・受信ICではSiバイポーラプロセスを採用して低消費電力化を図り、また受信ICでは、プリ増幅器回路・ATC(Automatic Threshold Control)回路と自動オフセットキャンセラ回路を1チップ化している。

5.2 FTTO用バースト伝送モジュール

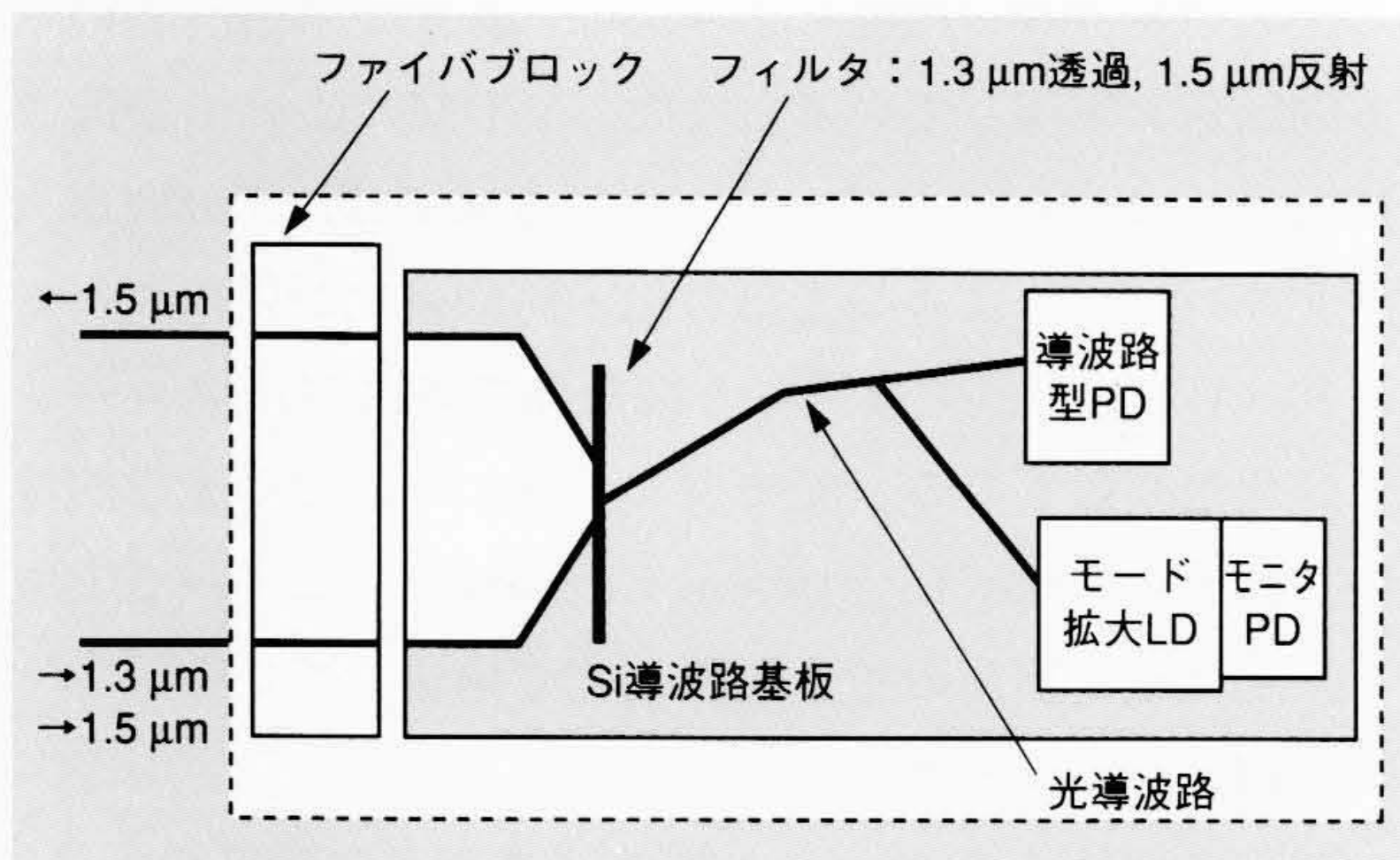
156 Mビット/sバースト伝送モジュールでは、バースト伝送と連続伝送の双方向通信をWDM方式で実現している。センタ局側光モジュールは、ファイバ融着型WDMを用いた光合分波部と1.5 μm 帯連続伝送光送信部、および1.3 μm 帯バースト伝送受信部で構成している。加入者



注: 略語説明
CLAD (Cell Assembly and Disassembly)
TST (Test)
PDS-IF (PDS Interface)

図5 ATM-PDS装置の構成

ATM-PDS機能ブロックを示す。多様なサービス信号がすべてATM化されるため、共通のスイッチでパス切換が可能である。



注：略語説明 PD(Photo Diode), LD(Laser Diode)

図6 PLCモジュール機能ブロック

Si導波路基板上に直接光素子(LD, PDチップ)を搭載する表面実装技術を採用した。

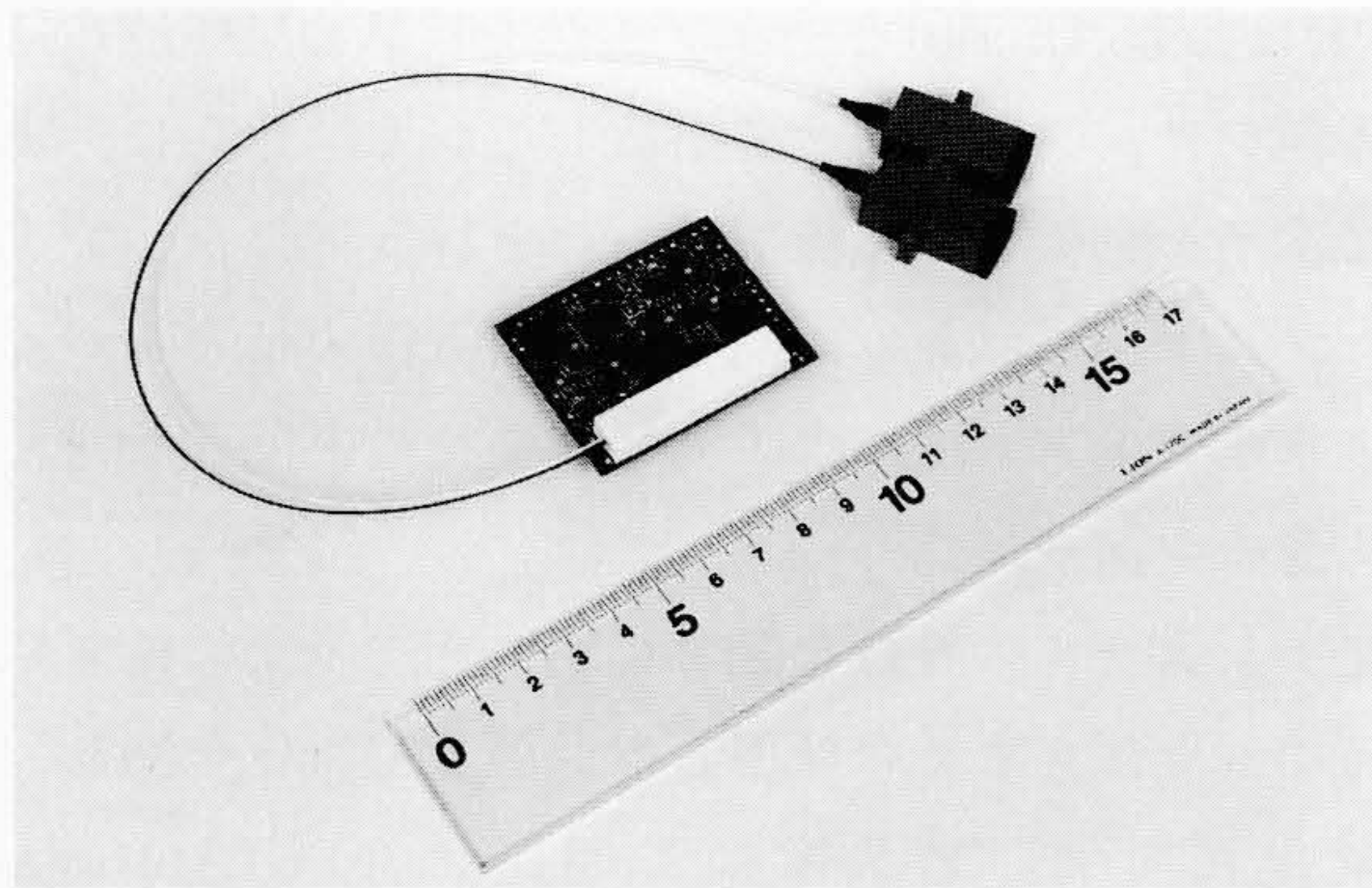


図7 光モジュールの外観

PLCと送・受信ICを実装して小型化を実現した。

側光モジュールも同様の構造であり、送受信一体構造である。

光モジュールの小型化・低消費電力化を図るために、(1)送・受信ICにSiバイポーラプロセスを採用、(2)センタ側受信ICでは、プリアンプ回路・ATC回路と自動オフセットキャンセラ回路を1チップ化、(3)受信側入力容量の低減のため、PIN-PDと受信ICをベアチップ実装したフロントエンドモジュール化などを行っている。

6. おわりに

ここでは、加入系光伝送システムを経済的に構築するPDSシステムの装置の概要、主要技術、および導入事例について述べた。

PDSシステムの光加入伝送装置は、FTTHやFTTOへの適用だけでなく、今後さまざまなニーズに合わせた全光アクセスシステム化に向けて各種の開発が進められながら、導入が促進されるものと考えられる。

このPDS技術は、現在、ITU-T(国際電気通信連合 標準化部門)やFSAN(Full Service Access Network)国際標準化会議などで世界標準としての適用に向けて論議されており、グローバルに普及する光アクセスシステム技術としての適用が期待されている。

終わりに、PDSシステムの開発にあたっては、日本電信電話株式会社 光ネットワークシステム研究所からご指導、ご協力をいただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 渡辺, 外: 3 研究開発編(B)光加入系システム, 日経ニューメディア別冊, 通信・放送融合へのシナリオ, 132~144(1994)
- 2) 小林, 外: 光加入者伝送システム技術開発, NTT R&D, Vol.42, No.7(1993)
- 3) Kitazawa, et al.: Fiber-Optic Subscriber System Based on Passive Optical Network Architecture, Hitachi Review, Vol.43, No.2(1994)
- 4) Takigawa, et al.: ATM Based Passive Double Star System Offering B-ISDN, N-ISDN, and POTS, IEEE GLOBECOM '93, p.14, Houston(1993-11)
- 5) Kanada, et al.: ATM-PON Based FTTH Access Network and Its Application to Multimedia Service Experiments, ISSLS '96, p.251, Melbourne (1996-2)

執筆者紹介



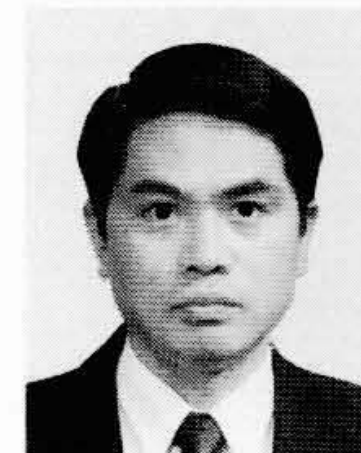
宮守良夫

1980年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 加入伝送部 所属
現在, ATM伝送および光アクセス伝送システムの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: miyamori@tcd.hitachi.co.jp



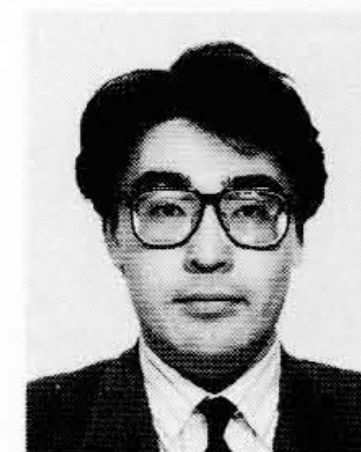
芦 賢浩

1985年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 加入伝送部 所属
現在, ATM伝送システムの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: yoshihiro_ashi@cm.tcd.hitachi.co.jp



佐藤栄裕

1978年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 加入伝送部 所属
現在, 光アクセス伝送システムの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: eisuke_sato@cm.tcd.hitachi.co.jp



高野光広

1984年日立製作所入社, 情報通信事業部 光リンク部 所属
現在, 光伝送モジュールの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: mitsuhiro_takano@cm.tcd.hitachi.co.jp