

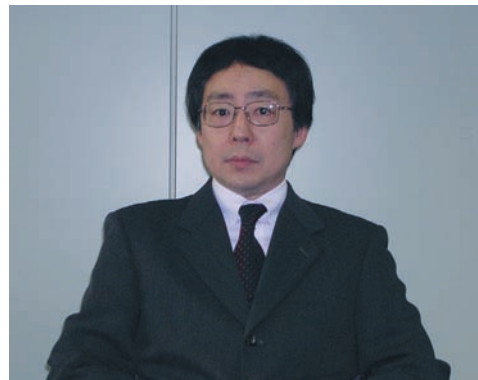
FTTH発展に向けた光アクセスの動向 ——シンプルでスマートな光アクセスネットワークの提案

山村 哲哉

NTTアクセスサービスシステム研究所 担当部長

FTTH (Fiber To The Home) の利用者は急激な勢いで増加し、今後もFTTHの増加傾向は続くと考えられます。同時に光アクセスサービスの多様化やユーザニーズの複雑化も加速しています。これからは経済化や高速化はもちろんのこと、ネットワークのシンプルさやスマートさが要求されます。本ワークショップでは光アクセス技術の動向と、新たな光アクセスサービス実現に向けた取り組み・課題について紹介します。

本特集は、2006年11月10日に開催されました「つくばフォーラム2006」ワークショップでの講演を基に構成したものです。



ブロードバンドサービスの動向

■国内のブロードバンドの普及状況

総務省の発表によると、四半期ごとのADSL新規契約数は2002年の第4四半期にピーク（143万契約増）を迎えたあと減少を続けています。2006年第2四半期には、サービス開始から初めての純減（2万7000契約減）に転じています。ADSLの減少とは対照的に、FTTHの新規契約数は増加を続け、2006年第2四半期で最大の85万契約増を記録しています。

ADSLの減少は都市部を中心に顕著にみられる傾向です。地域によっては増加している場所もありますが、今後もADSL新規契約数は減少傾向が続くと予想されます。2006年6月現在、ADSL契約数は1449万契約、対するFTTH契約数は631万契約となっています（図1）。

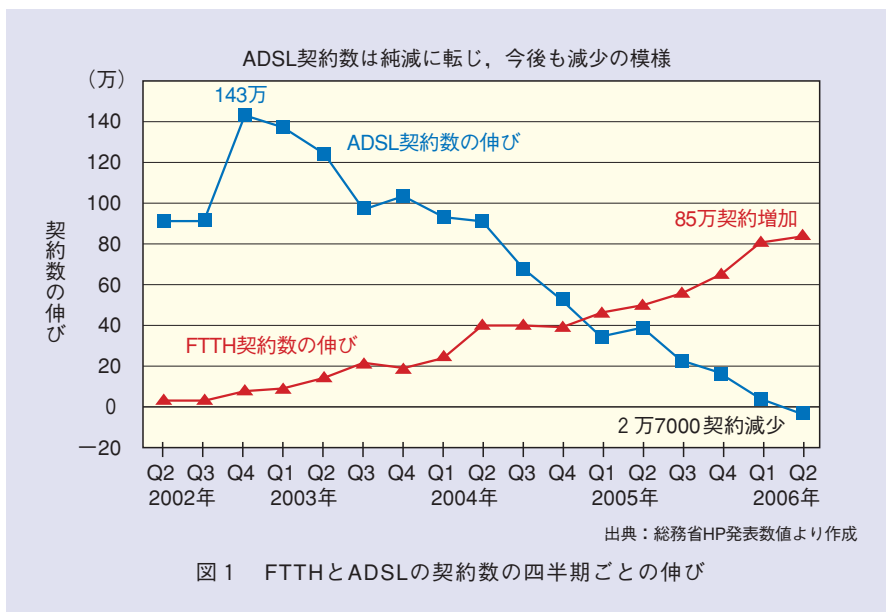
ブロードバンドサービス料金を諸外国と比較した調査では、日本は100 kbit/s当り0.07US\$（2004年12月現在）と、世界でもっとも低廉な料金に

なっています。

一方、デジタル・デバイド（情報格差）に関しては、まだ多くの課題が残されています。まず世代間の格差ですが、ブロードバンド化率はほぼ横ばいで世代間の格差はわずかです。しかし、実際にサービスを利用している人の割合は若い人ほど多く、50歳代以降の世代では利用割合が低いのが特徴です。最近数年間で若年齢層の利用が

急増したため、高齢層との利用の格差は拡大傾向にあります。

次に地域による格差ですが、都市部ほどブロードバンド利用率が高い傾向があります。都市規模別のブロードバンド提供状況をみると、「一部の地域で加入不可能」と回答した市町村も含めれば、人口1万人以上の市町村ではほぼ100%導入が進んでいます。しかしながら、人口1万人未満の小さ



な市町村（1465団体）の1割弱が「すべての地域で加入不可能」と回答しています（2006年度情報通信白書調べ）。

■海外の通信事業者の動向と研究所の取り組み

諸外国の通信事業者においても、それぞれが独自のビジネスモデルで光ファイバ網設備の導入を精力的に進めています。

AT&Tは、FTTN（Fiber To The Node）およびFTTP（Fiber To The Premises）で、データとIPTVを提供可能とする新事業構想「Project Lightspeed」を発表しています。2008年までに13州約1800万世帯へのサービス提供を目指しており、巨大勢力であるCATV事業者に対抗する構えです。FTTNは局からノードまでを光ファイバ、その先をDSLでつなぐという構成で、サービス利用者に高速化と低価格化をもたらします。またFTTPは、新興住宅地を中心に展開が進められているネットワーク回線構成です。

ベライゾン（Verizon）は、光ブロードバンド事業「FiOS」や、三波多重技術による映像配信サービスを付加した「FiOS-TV」により、FTTPのカバーエリアを2008年末までに600万世帯まで伸ばそうとしています。

このように光ブロードバンド事業が世界的に展開される中、NTTアクセスサービスシステム研究所では国際協調活動を推進しています。インタフェース仕様を統一し、国際標準化して世界規模でのコスト削減につなげようというのが活動の主なねらいです。そのため、ITU-T、FSAN、IEEEでのサー

ビス要求条件およびシステム仕様の議論に積極的に参加しています。

例えばFSANに関しては、1995年の設立当初よりNTTはその中心メンバーとして活動を続けています。FSANは、光アクセスシステム導入時の仕様の国際的共通化により、購入コスト低減を図ることを目的とする団体で、光アクセスシステム導入に関心があるキャリアからの要求条件に基づき、製造メーカーとの協力関係によりプレ標準仕様を作成し、互換性検証試験を実施しています。作成した仕様は、ITU-TG.983（B-PON）等として、国際標準化しています。

光アクセス技術

■アクセス網の形態

基地局とお客さま宅をつなぐアクセス網は、基地局に近いほうから順に、

- ・ 所内系設備（基地局内にあり、主にIDMとOLTから構成される設備）
- ・ 幹線系設備（屋外設備のうち基地局からお客さま近くのき線点までの地下設備）
- ・ 配線系設備（屋外設備のうちき線点からお客さま宅までの架空および地下設備）

の3つの設備構成に分かれています。

配線系設備における、FTTHの物理配線形態は、基地局とお客さま宅を1対1で接続するシングルスター（SS）と、1つのOLTを複数のお客さままで共有し、基地局とお客さま宅を1対Nで接続するダブルスター（DS）の2つに大別されます。ダブルスター方式はさらに、アクティブな装置を中間に設置して複数のお客さまに分岐するアクティ

ブダブルスター（ADS）と、光信号を物理的に分けるスプリッターを用いたパッシブダブルスター（PDS）に細分されます。

PDS方式によるネットワーク（PON）が、現在NTTが推進するFTTHの基本的な構成になっています。PONシステムは、高速化および伝送装置の経済化を追求して進化してきました。STM-PON、B-PON等を経て、現在もっとも展開されているのは、イーサネット技術との融合を実現したGE-PONです。

NTTが展開するフレッツサービスのうち、企業向け「ビジネスタイプ」、SOHO個人宅向け「ベーシックタイプ」、集合住宅向け「マンションタイプ」は、SS方式による配線です。戸建住宅向けの「ハイパーファミリータイプ」および「光プレミアム」については、GE-PONを採用しています。GE-PONは、上り下りの速度は1Gbit/s、NTT基地局内に4分岐のスプリッター、所外に8分岐のスプリッターを置き、計32ユーザを網羅する構成になっています。

■システム拡張のための波長多重（WDM）技術

GE-PONでは、上り下りの多重方法に波長多重（WDM）技術が採用されています。

従来のPONでは、1つの波長を複数ユーザ・複数サービス（映像、インターネット、コンテンツ配信など）で共有していました。しかしサービスが多様化し、ユーザニーズも複雑化を増す中、それらに柔軟に対応するためのアクセス系光システムとして、B-PON以降WDMが導入されました（図2）。

サービスの多様化・広帯域化に対応

するためには、サービスの種類ごとに波長を割り当てるのが有効です。例えばあるお客さまが新たなサービスを追加したいとき、光ファイバの増設なしにサービスを提供することができます。その取り組みの1つが、(株)スカイパーフェクトコミュニケーションズと協力して展開している光波長多重放送です。光波長多重放送のサービスは、集合住宅向けにサービスを開始し、2006年4月からは、戸建て住宅にもサービスを提供しています。

また、ユーザ1人ひとりへ波長を割り当てれば、ユーザごとに異なるさまざまなニーズにこたえることができます。この場合には、基地局とお客さま宅の間に波長分離用フィルタを置き、光ファイバを共有しつつ通信帯域を占有できる構成になります。

トリプルプレイを支える技術

■トリプルプレイ提供に向けたアクセス技術

「インターネット接続」「IP電話」「ブロードバンド映像サービス」という、従来別々の回線や設備を必要としていた3サービスを、1つの回線で実現するためには、以下のような技術が必要となります(図3)。

- ① 広帯域通信技術
- ② 最低帯域の確保技術、サービス間の優先制御技術
- ③ 映像伝送のための伝送・信号処理技術

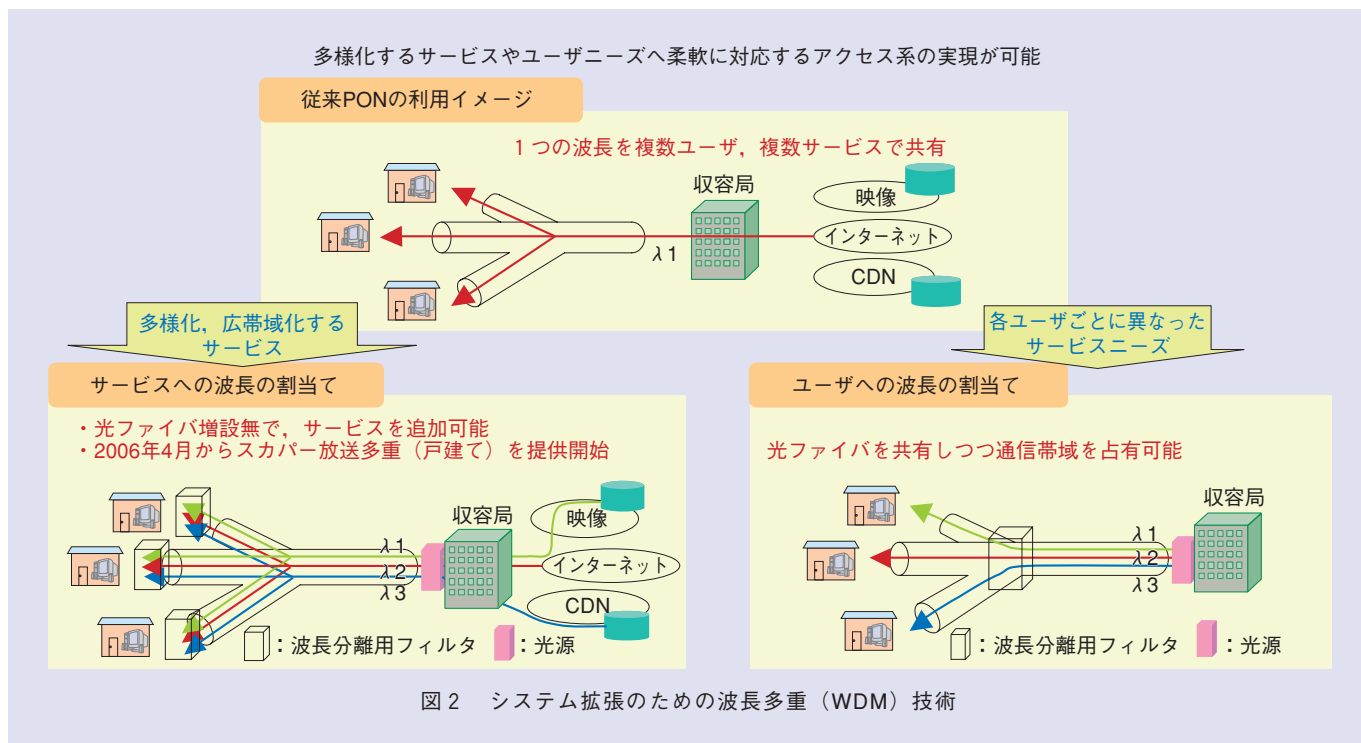
これらの要件を満足するのがGE-PONのシステムです。以下、GE-PONが実現する技術概要について説明します。

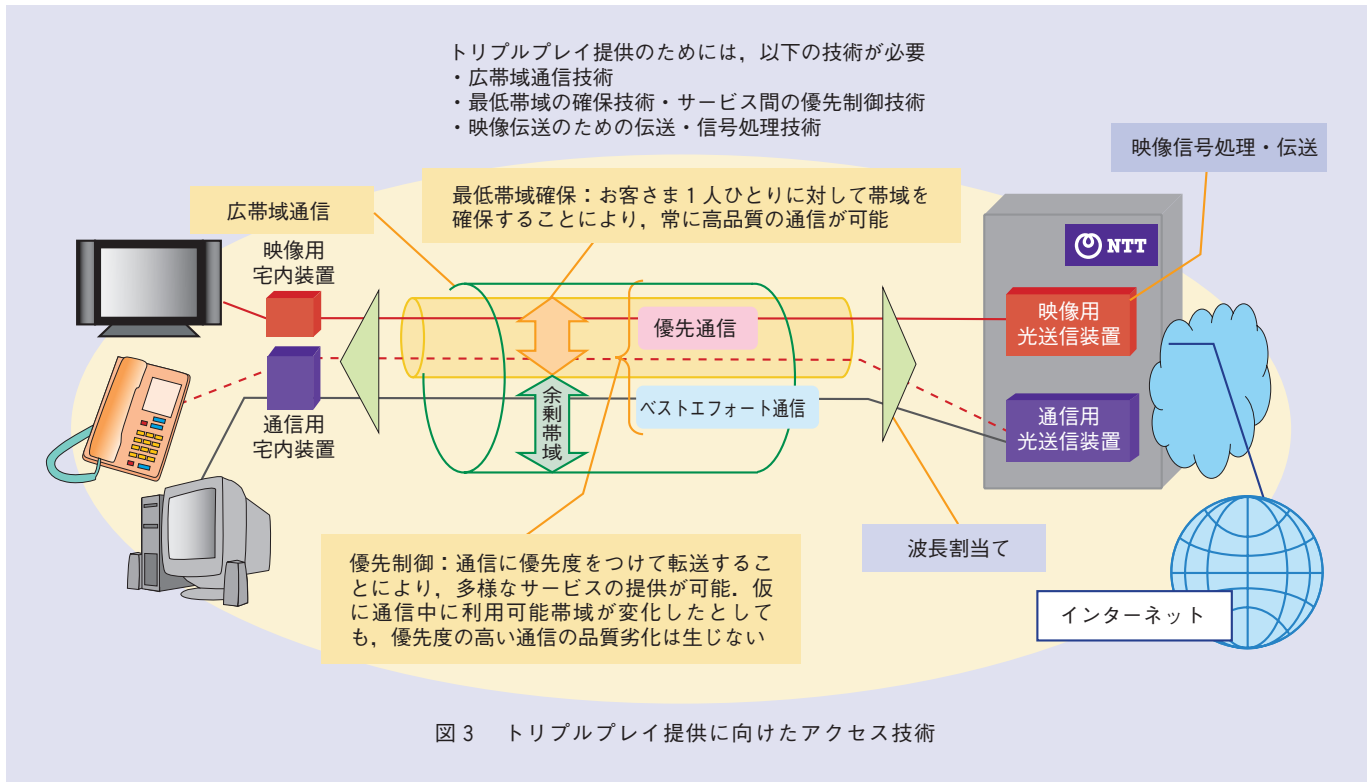
■広帯域通信技術

IEEE802.3ah (EFM: Ethernet

in the First Mile) 標準のアクセス方式を採用するGE-PONでは、上り下りの伝送容量1 Gbit/sという大容量を実現しています。大容量の実現により、将来のブロードバンド需要にこたえられる、広帯域なアクセスパスを確保することが可能です。普及しているEthernetのマーケットから装置や部品を供給することができるので、大幅なコストダウンにつながるというメリットもあります。

下り方向(OLT→ONU)では、各ONUに全く同じ信号が到達します。ONUは、それ自身に送られたフレームのみを選択し、他のONUに送られたフレームは無視します。上り方向(ONU→OLT)では、それぞれのONUが勝手なタイミングでフレームを送ってきます。合流部分での衝突を防ぐため、OLTから送られる送信許可に従い、ONUがフレームを送るように制





御されています。

■きめ細やかな帯域制御

帯域を有効に活用するためには、帯域をフレキシブルに制御する必要があります。GE-PONでは、各アクセス回線の利用状況に応じて動的に帯域を割り振ることによって、上り帯域の公平制御、および回線ごとの最低帯域確保が可能となっています（DBA：Dynamic Bandwidth Allocation機能）。また、優先制御により、音声・映像など遅延に敏感な通信を優先させることが可能です。

お客さまにはあらかじめ、最高速度および保証速度（最低速度）を個別に設定していただきます。ネットワークが空いている場合には、その設定範囲内で帯域を占有することができます。反対に混雑している場合には、保証速度を下回らない範囲で、1 Gbit/sを複数

ユーザがシェアすることになります。

また、使われていない余剰分のユーザへの割り当て法としては、「公平に割り当て」か「重みを付けて割り当て」かを選ぶこともできます。

■映像伝送のための伝送・信号処理技術

サービスごとに使用する波長を使い分けることで、高速インターネットと映像を同時に伝送して、サービスを提供することができます。インターネット通信上りには1.31 μm、インターネット通信下りには1.49 μmの波長帯を使用します。多チャンネル映像には1.55 μmの波長帯を使用し、基地局内で波長多重を行い、お客さま宅で分離するという仕組みになっています（図4）。

映像伝送方式には、「AM直接伝送方式」と「FM一括変換方式」の大きく2つの方法があります。

AM直接伝送方式は、周波数多重信号をそのまま伝送するものです。光送受信器の構造が比較的単純になるという利点があります。しかし、雑音の影響を受けやすいため光信号の多分配が困難で、かつ伝送路歪みの影響を受けやすいため、高スペックの光増幅器を必要とするという弱点があります。

FM一括変換方式は、周波数多重信号をFM信号に一括変換してから伝送するものです。変換して伝送するため、光送受信器の構造はやや複雑です。しかし、AM直接伝送方式の弱点であった雑音や伝送路歪みへの耐性が強くなりました。複数地点での受信が容易になり、また安価な光増幅器が利用可能であるのが利点です。また、AM直接伝送方式の場合は斜め研磨型の特種なコネクタを必要としますが、FM一括変換方式の場合にはその必要

もありません。

WDMアクセス技術の研究動向

■波長利用の普及拡大へのアプローチ

光アクセスシステムには、将来的に、さらなる高速化の需要が生じると予想されます。GE-PONに代わる次世代アクセス方式のカギとなるのが、WDMの技術であると考えています。

従来のWDMの装置では信号処理部（電気部分）と波長（光部分）が一体となっていました。波長が異なると別

のパッケージを用意しなければならず、「波長による少量多品種化」と「光モジュールの個別仕様」が大きな改善課題になっていました。

そこで波長利用の普及拡大に向け、第1に「プラグブルモジュール化」により「経済性」を、第2に「ONUのカラーレス化」により「柔軟性・使いやすさ」を追求してきました。前者はすでに実用化され、後者は現在開発中の段階にあります。

■プラグブルモジュール化

WDM伝送装置の信号処理部（電気部分）と波長（光部分）を分離することで、光部分を共通仕様化しました（図5）。プラグブルユニット（信号処理部）の両端に光送受信モジュールを接続して、装置を構成します。これにより、

- ・共通仕様化による市場流通性拡大による経済化
 - ・波長属性から開放された信号処理部の共通化による経済化
 - ・在庫管理の簡易化による経済化
- を実現することができました。

■ONUのカラーレス化

ONUを柔軟で使いやすいものにするには、波長に依存せず、使用する波長を自動で検知・設定する「カラーレス化」が有効です。

OLTからの遠隔操作により、上り方向は波長可変送信機で、下り方向は可変波長フィルタを通して選択的に波長を取り込む構成で、双方向の帯域専有化（1Gbit/s超）が可能となります。

線路系技術の開発動向

■効率的な光配線方法の構築

光の大量開通および大量光設備の維持・運用期に向けて、NTTアクセスサービスシステム研究所は所外設備の設計・建設・保守・運用技術について検討を進めています。

例えば、配線の方法によっては、のちに需要が多くなったとき配線の混雑や非効率が生じることがあります。このような事態を避け、効率的な設備構築を考えるうえで、以下の点がポイントとなります。

- ・設備管理単位：固定配線区間、

“異なる色（波長）の光” に高速インターネットと映像を乗せて伝送

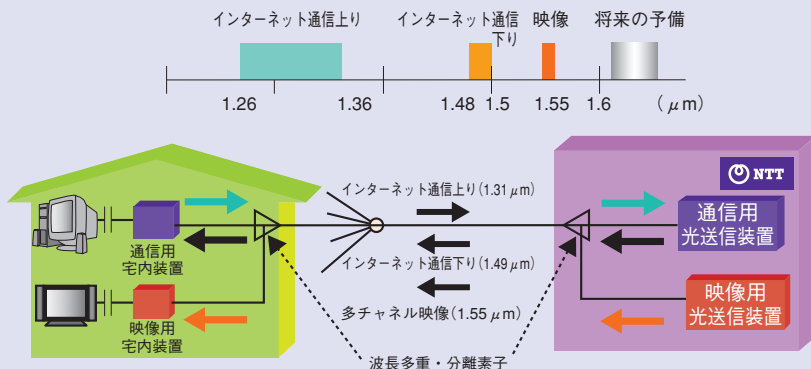


図4 高速インターネットと映像を同時に提供

- ・共通仕様化による市場流通性拡大による経済化
- ・波長属性から開放された信号処理部の共通化による経済化
- ・在庫管理の簡易化による経済化

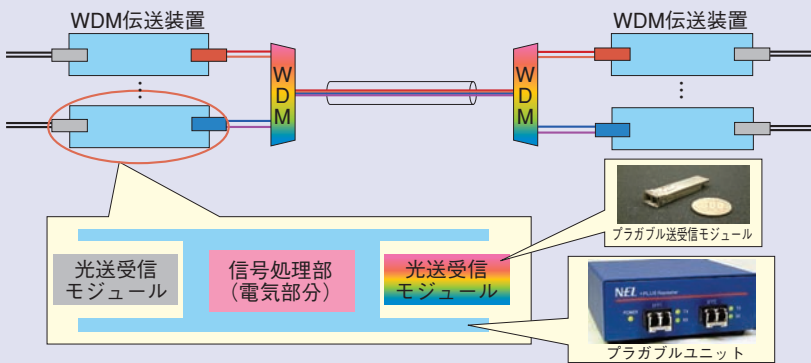


図5 プラグブルモジュール化

配線ブロック

- ・心線単位：テープ・単心
- ・配線構成：ケーブル・ドロップ
- ・設備量：ケーブル心数

■光配線を効率化する技術

(1) クロージャ

クロージャは、パーツの「モジュール化」「接続のコネクタ化」「心線収納レス化」を導入しました。これらの取り組みにより、心線保護や接続収納作業の簡素化で施工性が向上し、心線切り縮みの抑制や切り分けの容易化により運用性が向上しました。

(2) 光コネクタキャビネット

従来のキャビネットでは素線の余長が出るため、その処理作業および収納するスペースが必要でした。収納スペースを必要とするため、キャビネットが大きくなり、余長処理作業のため作業者の熟練された技術が要求されました。

しかし光コネクタキャビネットでは、ケーブルに直接コネクタ付けが可能で外被把持コネクタを採用したことにより、素線の余長処理が不要となりました。また、外被把持コネクタおよび曲げに強い光ケーブルの併用により、キャビネットの体積は従来型の65%減と、非常に小さくなりました。

(3) 曲げフリー光コード

メタル並みの取り扱いが可能で、「曲げ」「折り」「結び」状態でも通信可能な光コードを開発しました。この光コードによりお客さま宅内で、美観よく配線することが可能となりました。

アクセス系オペレーションシステム

光が「当たり前」の時代を目前に、光サービス即応化が求められています。NTTが目標とする「2010年光3 000

万加入」達成のためには、光サービス提供までの期間短縮を図ることが不可欠です。

お客さまからお申込みをいただいて、実際にサービスを提供するまでには、多くの工程があります。施工に関しては、これまで述べてきた新たな技術の導入により期間短縮が可能となります。施工と同様に受付・設備確認および設備選定に関しても期間短縮が求められています。NTTアクセスサービスシステム研究所では、新たなオペレーションシステムの開発・導入も進めています。新たなオペレーションシステムの導入により、将来的には開通までの期間を従来の電話回線の開通と同程度にすることを目指しています。

■正確かつ柔軟性の高いシステムの構築

光アクセス設備選定システム (PAS) は、所外から所内までの全設備を一括して自動選定するシステムです。全設備を自動選定することで、稼働削減・納期短縮・正確度向上・設備利用率向上が実現できます。PASをSO系業務システムと連携することで、フロースルー化の実現を図ります。

アクセス設備業務において改善可能なポイントを明らかにするには、業務ログ分析ツールの活用が有効です。業務ログ分析ツールにより、業務上の各種ログ (履歴) 情報を収集し、これを基に現状を多面的に分析し現状の業務プロセスを把握します。さらに、改善可能な点を自動抽出し、改善効果検証のためのシミュレーションを経て、業務にフィードバックすることにより、業務改善サイクルの実現が可能になります。

このような業務プロセス改善技術のほかに、ワークフロー管理システム自体の課題を解決する必要があります。そのために、フレキシブルプロセス制御技術 (FPC) の検討を進めています。従来のシステムでは、頻繁に発生する例外業務 (非定型的な業務) の影響により業務効率の全体平均が低下していました。例外処理のすべてを事前に分析して実装することは現実的ではありません。例外処理をあらかじめ設計・実装しておく必要のない抜本的な柔軟性の実現をねらっています。具体的には、運用面では、「実行順序を臨機応変にできる」「やり直し範囲を必要最小限にできる」といったメリットがあります。また、業務フローをあらかじめ厳密に設計・実装する必要がないことから開発コスト低減のメリットもあります。

おわりに

光アクセスネットワークR&Dはこれまで、経済化・高速化を中心課題として取り組みを進めてきました。その結果、経済化の面では、FTTHは4 000円/月程度となり、また高速化の面では、100 Mbit/sへという成果をあげてきました。これからもアクセス設備の経済化・高速化を継続して追求し、さらにシンプルかつスマートさをも実現する取り組みへ挑戦していきたいと考えています。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
アクセスサービスネットワークアーキテクチャプロジェクト
TEL 043-211-3039
FAX 043-211-4577
E-mail inoue.takashi@ansl.ntt.co.jp