

【基調論文】

ブロードバンドアクセスシステムの今後の展開

R&Dセンター センター長	ユビキタスアクセス事業部 先行開発統括部長	IPアクセスシステム事業部 第三技術部長
副島 哲男	石井 義則	三浦 剛
Soejima Tetsuo	Ishii Yoshinori	Miura Takashi



1. ま え が き

国内におけるブロードバンドアクセスシステムは、パーソナルコンピュータ（PC）の高機能化、インターネットサービスの高度化を背景に、“高速化”を一つの売りにしながら、その浸透率を拡大してきました。

例えば、ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Loop）ではすでに下り最大40Mbps以上のサービスが可能であり、またFTTH（Fiber To The Home）では各加入者にギガサービスを提供できる環境が整いつつあります。これまではこうした高速化が技術開発の中心であり、各通信事業者や装置ベンダーは開発競争に鎗を削ってきました。

一方、要求されるサービスはますます高度化しており、これを実現するためのIP技術をからめた高機能化、高品質化がアクセスネットワークに求められてきています。本稿では、まず、現状のブロードバンドアクセスの動向を概観します。次に前記の市場背景を踏まえて当社が提供しようとしている今後のブロードバンドアクセスシステムの方向性と、それを実現するための製品展開について述べます。

2. ブロードバンドアクセスの動向

まず、電話網を基盤とした加入者線が急激な変貌を遂げつつあるブロードバンドアクセスネットワークの市場動向を概観します。次にプロ

ードバンドアクセスの代表的な、メタリック伝送方式のxDSL（x Digital Subscriber Loop）^{注1)}、光ファイバ伝送方式のFTTH、および無線アクセス伝送方式の技術動向について記します。

2.1 市場動向

図1にブロードバンドサービスの契約回線数経緯を示します。

2004年6月末時点で、ADSLの加入者数は

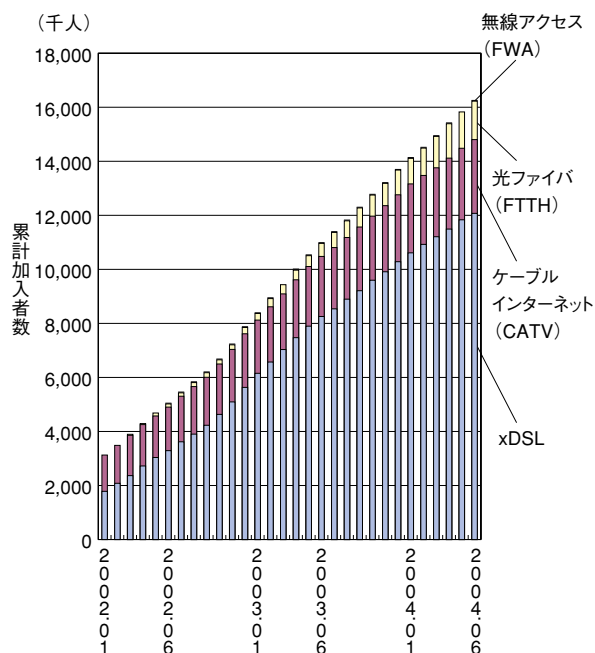


図1 ブロードバンド加入者の伸び

注1) メタルによる加入者デジタル伝送方式の総称で、xは symmetric, asymmetric, or very high-speed など。

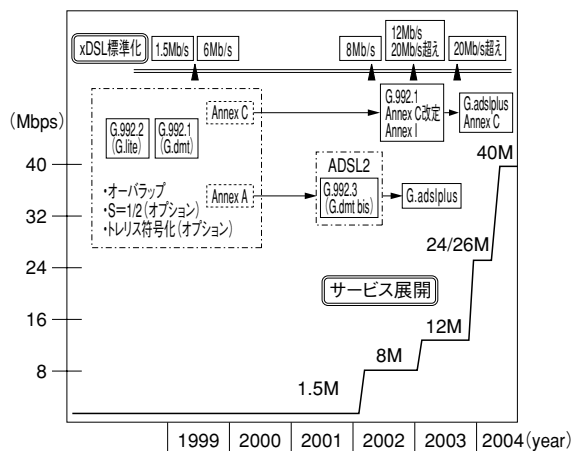


図2 xDSL標準化とサービス展開の動向

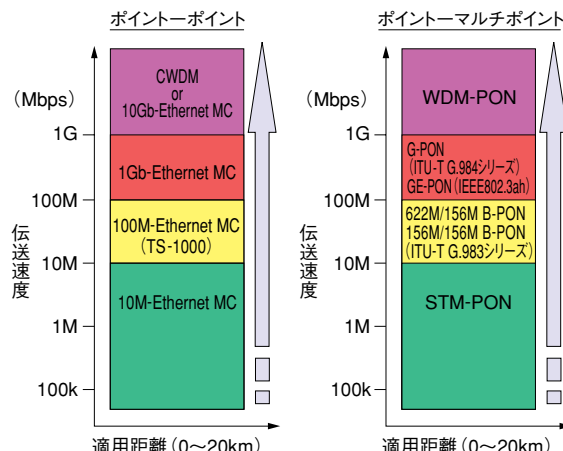


図3 FTTHの技術動向

1200万人を超える勢いとなり、CATVによる加入者数は270万人、FTTHの加入者数も170万人を超える状況にあります。日本のADSL世帯普及率は全国くまなく10%を超え、全国平均24.2%です。このようなADSLの堅調な伸びとFTTHの急激な伸びは、政府のe-Japan 戦略II（2003年7月）における「IT（Information Technology）基盤整備」から、「IT活用」への進化にも対応して、今後も進展が予想されます。当社は、このブロードバンドアクセスネットワーク市場でのビジネスを中心に展開しています。

2.2 xDSL

メタルケーブルを用い、音声帯域やISDNの信号帯域よりも高い周波数の信号を使って高速伝送する技術の総称がxDSLです。これまでにさまざまなxDSLの方式が開発されており、上りと下りの速度が非対称なADSL、対称なSDSL（Symmetric DSL）、超高速のVDSL（Very high-speed DSL）などがあります。既存のメタルケーブルを利用でき、早く、経済的にサービスを開始することができるのが最大の特長です。

2000年末から1.5Mbpsで開始されたADSLサービスは、これまで、当社も含め、下り8Mbps、10Mbps、12Mbps、26Mbpsと高速化競争が繰り返され、現在、国内では40Mbpsを超える伝送速度を提供するサービスに至っており、更なる飛躍に向けての検討が進んでいます。この

xDSL技術については、国際的にはITU-T^{注2)}標準仕様を取り込み、国内的にはTTC^{注3)}を中心に活発な議論がなされてきています。

図2に標準化とサービス展開の経緯を示します。

現在、TTCではADSLの干渉ルール（スペクトラム管理）が議論の的となっています。下り26Mbps、40Mbps超えにおける干渉対象帯域の拡張や、上り3Mbps、6Mbps、10MbpsへのADSL拡張技術、下り60Mbps／上り10Mbpsあるいはこれを超えるVDSL技術の適用が検討されています。

また、上記高速化に加え、コンシューマ製品であるモデムへの高いコストパフォーマンスの要求は依然継続しており、高機能化においても熾烈な競争が繰り返られています。当社は他社に先駆けてADSLインタフェースを内蔵し、SIP（Session Initiation Protocol）^{注4)}を採用したVoIP（Voice over Internet Protocol）^{注5)}モデムを開発・出荷したのをはじめとして、ルータ機能（IPv4/IPv6）、VoIP技術、無線機能を備えた高機能化モデムの開発を進めてきています。

2.3 FTTH

FTTHのユーザー数は、2004年6月末現在、

注2) 国際電気通信連合（International Telecommunication Union）の電気通信標準化部門。

注3) 社団法人 情報通信技術委員会。

注4) VoIPなどで使われるシグナリングプロトコル。

注5) インターネットなどのTCP/IPネットワークを使って音声データを送受信する技術。

175万加入と急激に伸びています。その大きな理由は、サービス料金の低下であり、ADSLサービスと競う形で低価格化が進み、光は高価なものではなくなってきたことです。高画質映像のコンテンツ配信や大容量ファイルのダウンロードなど、その高速広帯域、距離によらない安定性といった光特有の性能、品質が改めて評価されています。このような経済的かつ高品質なFTTHサービスを可能にしたのが、局側と加入者側をポイント-ポイントで接続する方式（P-P）のメディアコンバータ（以下、MC）であり、ポイント-マルチポイントで接続する方式（P-MP）のPON（Passive Optical Network）^{注6)}技術です。

図3にFTTH技術動向を示します。

ポイント-ポイントの光アクセスシステムとして、メディアコンバータはイーサネットの電気信号を光信号に単純に変換する装置です。特別な処理が不要な汎用のLAN技術であり、装置自体のコストを下げることができます。TTCではTS-1000として、100Mbps・1心双方向WDM（Wavelength Division Multiplexing）^{注7)}通信方式を標準化し、光学的特性に関する規定を策定して使用部品の標準化を図るとともに、通信事業者がFTTHサービスに使用できるように、保守、運用機能の提供を図り、マルチベンダー化による価格の大幅低減に寄与しました。当社は、TTC標準仕様の作成に貢献し、いち早くTS-1000に準拠した製品を開発し、またユーザー集約用のレイヤ2スイッチを一体搭載するタイプの開発や、更に小型化、経済化を図りました。高速メディアコンバータとして、ギガビットのイーサネットの1心双方向WDM通信方式の製品化や、CWDM（Coarse WDM）^{注8)}

による更なる高速のポイント-ポイントの光伝送方式も製品化しています。

PON方式は、局側装置（OLT）や光ファイバの複数加入者による共有化とパッシブなデバイスによる分岐で経済化をねらったもので、STMをベースとしたSTM-PON、ATMをベースとしたATM-PON（B-PON^{注9)}）、ギガビットクラスのG-PON（Gigabit PON）^{注10)}、GE-PON（Gigabit Ethernet PON）^{注11)}システムの開発、標準化が進められてきました。現在日本では、伝送速度として下り622Mbps、上り156Mbpsの非対称で、WDMによる1心双方向通信方式が中心となっています。このB-PON仕様はFSAN（Full Service Access Network）、ITUではITU-T G.983シリーズとして標準化されています。ギガビットクラスのPONは商用化が始まる段階にあり、IEEEではIEEE 802.3ahとしてGE-PONが、FSAN、ITUではITU-T G.984シリーズとしてG-PON標準化が進められ、光仕様はできるだけ共通化されましたが、前者はイーサネット、後者はフルサービス指向の仕様となっています。

いずれの方式でもギガビットの速度領域まで可能となっています。また、ITU-T G.983.3の波長配置に沿った1550nm帯による映像信号の配信（3波伝送）が実用に供されています。さらに、集合住宅などでは、光ファイバの先にVDSLや無線を組み合わせるシステムも適用されています。

2.4 無線アクセス

現状では図1に示すように、加入者数が少ないものの、即時性に優れたFWA（Fixed Wireless Access）^{注12)}や、移動性に優れた屋外・屋内の無線LAN等のブロードバンドアクセスサービスも普及してきています。

無線LAN規格としては、2.4GHz帯のIEEE 802.11b/IEEE 802.11g、5GHz帯のIEEE 802.11aがあり、最大54Mbpsの伝送が可能です。これらは標準化が完了し、Wi-Fi（Wireless

注6) 電話局と加入者宅との間に光スプリッタと呼ばれるパッシブな分岐装置を入れて、複数の加入者宅へ光ファイバを引き込む方式。

注7) 波長分割多重方式。

注8) 波長間隔が疎な、例えば20nm程度の波長多重方式。

注9) 高速広帯域の光伝送を可能とするPON。ITU-T G.983シリーズで勧告化されている。

注10) フルサービス・サポートのギガビット光伝送方式として、ITU-TではG.984シリーズとして標準化された。

注11) Ethernetパケットのギガビット光伝送方式として、IEEEではIEEE 802.3ahとして標準化された。

注12) 固定無線アクセス方式。

注13) 無線LANの標準規格であるIEEE 802.11a/b/g等の異社間相互接続への認知を深めるため、業界団体が名づけたブランド名。

Fidelity)^{注13)}によるインタオペラビリティ保障等によって、マルチベンダー製品として安価に入手できるようになり、ノートパソコンや前述のADSLモデムやメディアコンバータ、あるいはブロードバンドルータに実装されるようになってきました。無線のセキュリティ機能としては、IEEE 802.11iが標準化完了し、高速かつ安全な無線LAN通信を行うことができるようになり、Wi-FiアライアンスもWPAv2 (Wi-Fi Protected Access version 2)^{注14)}として製品認定されます。無線でのQoS (Quality of Services)^{注15)}確保技術もIEEE 802.11eとして結実しようとしています。更には、スループットで100Mbpsを超える標準化がIEEE 802.11nで議論されており、家庭・オフィス内の短距離では、無線PAN (Personal Area Network) としてIEEE 802.15.3a (UWB^{注16)} : USB2.0^{注17)}の無線版)が標準化されつつあり、ユーザーへのブロードバンドアクセスを容易にできます。

3. ブロードバンドアクセス製品の展開

拡大するブロードバンド市場を背景に、当社ではADSLやFTTHの製品を開発し、多くの通信事業者向けに出荷しています。

これまで、より高速なアクセスネットワークを経済的に実現できるようにADSLの高速化や経済的なFTTHシステムであるMCや100MbpsのPONの製品化に取り組んできました。

今後はブロードバンドのインフラの上でどのようなサービスを提供するかが課題となっています。このため、当社では、ADSLモデムやONUにさまざまな機能を備えた製品や、IP電話、映像配信などのサービスに対応して品質を確保できるような製品を開発しています。

また、ギガビットのMCやPONにより、更なる高速化、経済化を進め、通信事業者やエンドユーザーの要望に応えています。

注14) 無線LANの業界団体Wi-Fi Allianceが、無線LANのセキュリティ方式としてIEEE 802.11iに準じて採用した規格。

注15) サービス品質。

注16) Ultra Wide Band。

注17) Universal Serial Bus 2.0。最高480Mbpsという高いデータ転送速度を持ち、USB 1.1のバージョンアップ版となるUSB規格。

一方で、アクセスラインの高速化に伴い、メトロアクセス領域のトラフィックが増加してきています。これに対応し、ユーザーデータの効率的な多重を行う集約スイッチやメトロ領域での経済的なデータ多重を行うCWDM装置などの製品展開を行っています。

以下、代表的なブロードバンドアクセス製品について紹介します。

3.1 ADSL製品

国内のADSLのユーザーは1200万を超え、最も広く普及したブロードバンドアクセスのインフラとなっています。当社は、これまで150万回線を超えるADSLシステムを出荷し、その普及に貢献するとともに、高速化では常に他社に先駆けてその技術をリードしてきました。

現在は、下り47Mbpsという高速性を実現し、また、VoIP-TA (VoIP-Terminal Adaptor) 機能、無線LAN機能を一体化したトリオモデムを製品化しています。

2003年度には、IPv6実証実験・国家プロジェクトに参加し、IPv6対応ADSLモデムの開発を行いました。IPアドレスの枯渇問題、あるいは将来の高品質かつ経済的なIP網の構築にIPv6の適用が期待されています。

IPv6を実装することによって、エンド・ツー・エンドの通信を手軽にかつ安全に行うことができるようになります。この応用として、外出先からの家庭内のネットワークへアクセスをすることや、特定の相手とのVPN (Virtual Private Network) を構築するなどの使い方も容易に実現できるようになります。ユビキタス時代のキーとなるIPv6技術に取り組んでいます。

このほかにも無線LANを使ったVoIP機能やホームセキュリティシステムとの融合など、新しいサービスに対応した製品の開発を進めています。

このように、ADSLはインターネットのアクセス手段だけではなく、ユビキタス時代のブロードバンドインフラであり、その上でさまざまなサービスを展開するプラットフォームへと発展しています。

3.2 FTTH製品

FTTHのユーザーは順調に増加し、事業者間

の競争も激しくなってきました。その中で、いかに経済的かつ光ならではの高速性、安定性を生かしたサービスを展開するかが通信事業者にとっての重要な課題となっています。

FTTHの初期の段階では、ユーザーが少なかつたことから、局とユーザーを1対1でつなぐMC方式が用いられてきました。しかし、ユーザーが増えるに従い、1本のファイバを複数のユーザーで共用するPON方式が普及してきました。最近では、主に集合住宅向けサービスやビジネス向けなどの高スループット型のサービスにはMC方式、一般家庭向けのサービスにはPON方式が多く使われています。

3.3 MC製品

MCの特長はアクセス区間のファイバの帯域を完全に占有できることです。局内では複数のユーザーを多重するためにユーザー集約用のレイヤ2スイッチが用いられています。当社ではMCとレイヤ2スイッチを一体化した製品化を行っています。

一般にレイヤ2スイッチでの多重はベストエフォートであるため、データが輻輳した際にはその欠落の可能性があります。しかし、昨今FTTHを用いて既存電話並みの高品質なIP電話サービスや映像配信サービスが行われるようになってきました。こうしたサービスではデータの欠落を避けるとともに、遅延や揺らぎを抑え、その品質を確保する必要があります。このため、多重を行うレイヤ2スイッチ部でサービスごとに品質を確保するためのQoS機能を装備させたMCが開発されています。

このタイプのMCでは、IP電話サービス、映像配信サービス、業務用データ、インターネットというようにサービスごとの優先順位、最低保証帯域を設定できるようにしています。また、ユーザー間の公平性や過大トラヒックに対する制限機能を設け、すべてのユーザーに対して品質確保を可能としています。

これらのQoS機能は、MCだけでなく、集合住宅内のユーザーの多重を行うアクセススイッチやVDSL装置にも搭載されるようになっていきます。このように、MCをベースとした製品では、さまざまなサービスごとに品質を確保する

ことができる仕組みを備えています。

また、ユーザーデータの大容量化に伴い、大規模集合住宅や事業所向けにギガビットのMCをアクセス系に適用しています。これまでのMCシェルフにギガインタフェースを追加するなど、既設の設備を有効活用しながら大容量化に対応できる製品展開を進めています。

3.4 PON製品

PONの最大の特長はファイバを複数ユーザーでシェアすることでトータルコストを削減することです。当社では、100Mbpsを最大32ユーザーでシェアできるFE-PONを製品化し、その経済性から多くの通信事業者に適用されています。

ユーザーデータの大容量化に伴い、より広帯域なPONシステムが望まれています。当社では、1Gbpsを最大32ユーザーでシェアできるGE-PONの開発を進めています。GE-PONはIEEE 802.3ahで標準化が行われているイーサネットをベースとした経済的なPONシステムです。32ユーザーでシェアしても1ユーザーあたり平均約30Mbpsを割り当てることができるので、高品質な映像サービスに対しても十分な帯域を確保することができます。さらに、DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)^{注18)}機能によって帯域を有効に使うことができます。DBAとは、ユーザーからの帯域割り当て要求に対し、ダイナミックに割り当てを行う機能で、そのアルゴリズムにより、全ユーザーに公平に割り振ることも、料金やサービスグレードに従って配分することも可能です。

このように、GE-PONではもともと十分な帯域があるうえ、DBAによって柔軟な割り当てができることから、さまざまなサービスに適用が可能です。

また、ONU側ではADSLモデムと同様にさまざまなサービスを提供できるように、VoIP機能、無線LAN機能の搭載を計画中です。

3.5 VDSL製品の展開

集合住宅向けのサービスに最も多く使われているのがVDSLです。VDSLは、既存の電話線

注18) ダイナミックな帯域割り当て方式。

を用いて超高速の通信が可能で、新たなケーブルの敷設が不要であるため、経済的なサービスを短期間に実現できます。

VDSL装置は網側に設置されるセンター装置とユーザー宅内に置かれるモデムがあります。

センター装置は複数の回線を収容し、更に効率よく収容するため、L2SWによる多重部を搭載した集合型となっています。これもMCと同様に、さまざまなサービスの品質やユーザー間の公平性を確保するために、QoS機能を搭載しています。

VDSLモデムは、ユーザー宅内に設置されるため、ADSL同様さまざまなサービスの提供が求められています。モデム単体のものから、VoIP機能や無線LAN機能を搭載したトリオモデムが開発されています。今後も集合住宅向けサービスの向上として、モデムの高機能化を進めていきます。

さらに、VDSLの高速化が進んでいます。当社では下り100Mbps、上り40MbpsのVDSLシステムを製品化していますが、上り下り共に100Mbpsを実現するタイプも開発中です。これが実現できれば、集合住宅向けサービスでも光の帯域を損なうことのない高速サービスが可能となります。この結果、ますます集合住宅向けサービスが拡大していくことになるでしょう。

3.6 ホームゲートウェイ

ブロードバンドネットワークを介してさまざまなサービスが展開されようとしています。このとき、ユーザー宅に設置され、サービスごとのインタフェースを提供するのがホームゲートウェイです。

ユーザーは、パソコン、電話機、セット・トップ・ボックスやテレビをつなぐだけで、インターネット、電話、映像配信といったサービスが簡単に受けられるようになります。また、家庭内のセキュリティ機能や家電・AV機器との接続を行うホームネットワークインタフェースなど、家庭向けサービスがホームゲートウェイを介して行われるようになって考えられています。現在のADSLやFTTHで培った技術をもとに、ホームゲートウェイ製品の展開を進めています。

4. ブロードバンド活用技術

前章までは、国内におけるブロードバンドアクセスシステムの動向と製品展開について述べてきましたが、これらシステムを活用するアプリケーションサービスについての現状と動向を述べます。

4.1 ブロードバンド活用の現状

インターネットサービスの高度化および高速化を背景とし、Web上に仮想店舗を展開したネットショッピングや音楽配信など、帯域を活用したブロードバンドならではのアミューズメント型アプリケーションが広がってきています。こうしたサービスにおいて、物品あるいはサービスのビジネスが形成され、企業／個人レベルのネット上での取引が頻繁に行われています。SSL (Secure Sockets Layer)^{注19)} 暗号化に代表されるセキュリティ技術も確立されたことにより、銀行・クレジット口座で決済される電子商取引も安心してできるようになりました。

一方で、国民に対する利便性増進として住民基本台帳ネットワークサービスの提供など、官民を問わずブロードバンドアクセスシステムを活用した各種サービスが充実してきています。

インターネットはこれまで、ベストエフォート型として発展してきましたが、VPNや帯域保証などギャランティ型のサービス品質 (QoS) が得られるようになり、IP電話や放送のサービスが始まりつつあります。特にIP電話は世界レベルで距離と料金体系の壁を取り払い、今後急速に普及すると考えられます。

4.2 今後のアプリケーションサービス

ブロードバンドを利用したアプリケーションはアミューズメントの追求だけにとどまらず、日常の暮らしの中における安心・安全のサービスにも急速に浸透するものと考えられます。

現在、安心・安全を提供するサービスは国や自治体レベルにおいて、広域災害監視の情報提供などが実用化されています。例えば、雨量情報や河川や港湾の水位データとともに、その時々映像情報をライブカメラでインターネッ

注19) トランスポート層の暗号通信技術で、HTTPやFTPなどを暗号化できる。

ト配信するなど、ブロードバンドならではのサービスが行われています。

企業／個人レベルでの安全・安心をサービスする機器としては、空調機・照明・冷蔵庫など各種設備を監視する機器やホームセキュリティ・緊急通報装置などが存在しています。これらの機器は、監視対象機器の接点情報やセンサ情報をビット情報として集約して伝送しますが、1か所で監視する情報の総量が少ないことから、情報が確実に伝達されなければならないことから、必ずしもブロードバンドが活用されてきませんでした。企業レベルでは主に専用線を、個人レベルでは公衆交換回線を経由して監視センターシステムへ接続してきました。

近年、暗号化技術やQoS技術の裏づけのもと、プライベート情報のセキュリティ確保や監視情報の確実な伝達が可能となり、さらに、映像情報の付加による質の高い監視／高度なサービスが実現できる状況になりました。特に映像情報が携帯電話で手軽に扱えるようになってきたことから、運用管理者へのメール通報サービス、ビジュアルな状態映像配信が可能になりつつあります。企業／個人へのブロードバンド機器の普及は目覚ましいものがあり、これら安心・安全を提供するサービス分野においても、ブロードバンド化を中心とした機器の普及が加速していくと考えられます。

- 例：1) 夜間無人店舗などの侵入監視
2) 無人ATMブース監視
3) ホームセキュリティ・緊急通報など

当社においても、これまで培ってきた監視装置や警備装置・緊急通報装置において、より高いサービスを提供するためにブロードバンド化を推進していく予定です。

5. む す び

本稿では、ブロードバンドを支える技術の動向や、それらの技術を展開した製品群と活用技術について述べてきました。

国内では、2000万世帯のブロードバンド加入者が目前となった今、“ブロードバンド”の言葉も一般家庭まで、すっかり定着してきました。そこに内在する技術は、ますます高いレベルが要求され、一方でブロードバンドを活用したサービスが花開こうとしています。

当社は、富士通グループのアクセスビジネスを担い、豊富な通信システムのノウハウと高速メタリック伝送技術、光伝送技術、無線伝送技術、インターネット技術を融合し、より高品質で信頼性の高い、最先端のブロードバンドアクセスシステムを提供していきます。

参考文献

- 1) 総務省報道資料:インターネット接続サービスの利用者数等の推移他:http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040630_4.html