



ADSL モデム : FA11-W3

ADSL MODEM : FA11-W3

吉田 和弘*¹ 古川 由紀夫*¹ 助川 聖*¹ 栗山 和春*¹ 坪井 哲也*¹ 香月 直*¹ 白澤 博幸*¹
Yoshida Kazuhiro Furukawa Yukio Sukegawa Kiyoshi Kuriyama Kazuharu Tsuboi Tetsuya Katsuki Naoki Shirasawa Hiroyuki

あらまし

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) は、最も手軽で経済的なブロードバンド・アクセスとして、今や 1000 万人もの人々に利用されている。2000 年頃からの急激な普及では、1.5Mbps から 26Mbps への高速化と、ユーザ・オリエントドな高機能化がその端緒となっている。

当社は、高速化 ADSL システムの速やかな開発に取り組むとともに、基本的なルータ機能にいち早く VoIP 機能を加え、更に今日では無線 LAN 機能も搭載し、ユーザ・ニーズにタイムリに responding している。

本稿では、めざましく進化する ADSL モデムに焦点を当て、ルータ機能、IP 電話機能から無線 LAN 機能の搭載に至るその技術の変遷をたどり、加えて 2 線式メタリックケーブルで 26Mbps もの高速化を達成する技術にも触れる。

Abstract

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) is now used by 10 million people for the handiest and most economical broadband access. Around the year 2000, the speed of ADSL was enhanced from 1.5 to 26 Mbps, and user-oriented higher functionality was introduced. This triggered the sudden widespread proliferation of ADSL.

Our company has worked toward speedy development of a speed-enhanced ADSL system, and, in addition, we have introduced a VoIP function to the basic router function ahead of all others. Furthermore, we have mounted a wireless LAN function to our products to respond to user needs on a timely basis.

This paper gives a brief overview of technological changes from the router function and IP telephone function to the wireless LAN function, with a particular emphasis on the ADSL modems remarkable progress. It also explains the technology for speeding up to 26 Mbps using a two-wire metallic cable.

* 1 アクセスネットワーク事業部 第一統括部 第一技術部

1. ま え が き

ブロードバンドネットワークが急速に成長している中、ADSLサービスも爆発的な普及を続けている。

2003年9月時点でのADSL回線数は、約890万回線に上り、ブロードバンドネットワークの普及に大きく貢献している。

このような環境下において、コンシューマ製品であるモデムに対しては、コストパフォーマンスが高いことが要求される中、高速化、高機能化の要求も依然継続している。

その要求に応えるため、2000年末から1.5Mbpsの伝送速度で開始された本格的なADSLサービスは、現在、国内では26Mbpsの伝送速度を提供するサービスに至り、2年間でほぼ17倍の高速化を達している。このように、止まるところを知らないADSLの高速化では、近くは40Mbpsを超える伝送速度も検討されており、更なる飛躍に向けて進んでいる。

また、高機能化においては、2002年のVoIPサービス開始に対応するため、ADSLインタフェースを内蔵したVoIPモデム「Flashwave2040V1」を開発し、SIPプロトコルを採用したVoIPモデムとして、ADSL業界では他社に先駆けて出荷を開始している。

さらに、昨今のノートブック型パソコンによる無線LAN機能の標準装備に伴い、VoIPモデムに無線LAN機能を追加したADSLモデムである「FA11-W3」の開発を行った。

本稿では、本FA11-W3の基本機能、構造はも

とより、ルータ機能、ADSL高速化技術、VoIP技術、無線機能について紹介し、さらに、当社の今後の高速化と高機能化への取り組みについて述べる。

2. モデム 概要

2.1 FA11-W3 概要

図1にFA11-W3外観、図2に無線LANユニット外観を示す。

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 技術を使用することで、既存の電話線を使用して広帯域の高速デジタルデータ通信と対話的なマルチメディア・アプリケーションの利用が可能となる。

ADSL機器は、通常の電話サービスに干渉することなく電話線の通信容量を大幅に増加させることができるため、ADSLユーザは、データ通信の高速化や対話的なビデオ機能を実行することが可能である。

FA11-W3は、ITU-T G992.1 (G.dmt) Annex-C、G992.1 Annex-Iに準拠した高速ADSL接続技術と、従来のEthernetインタフェースが採用している高度なTCP/IPルーティングの利点を兼ね備えることで、ADSL回線帯域を有効に利用する。

また、プライベートアドレスをグローバルアドレスへとアドレス変換を行うNAT機能搭載によって、ユーザの利便性を向上させるとともに、外部からの不要なアクセスを制限することでセキュリティの向上を図ることができる。

FA11-W3では、VoIP (Voice Over IP) 技術を利用してSIP (Session Initiation Protocol) をサポートすることにより、IPネットワーク上にあるSIPサーバを介して、インターネット上のほかのインタ



図1 FA11-W3外観



図2 無線LANユニット外観

表 1 FA11-W3の主要諸元

項目	特長
WAN側インタフェース	
ポート数	ADSLポート×1
通信方式	ITU-T G992.1 (G.dmt) Annex-C、 G992.1 Annex-I
物理インタフェース	RJ-11
LAN側インタフェース	
ポート数	10BASE-T/100BASE-TX ×1
規格	IEEE 802.3/IEEE 802.3u
全二重/半二重	自動判別/固定モード
MDI/MDI-X	AUTO MDI-X対応
物理インタフェース	RJ-45
電話機インタフェース	
ポート数	TELポート×1
給電電圧	50 V
給電電流	25 mA
無線LANインタフェース	
スロット数	PC Card Type II Cardbus ×1
規格	IEEE802.11b/IEEE802.11g
動作環境	
動作温度条件	0 ~ 40℃
動作湿度条件	5 ~ 85% (結露がないこと)
外形寸法 (mm)	222 (W) × 42 (D) × 185 (H) (突起物含まず)
質量	620g
消費電力	17W (最大)
AC入力 AC電源アダプタ	入力:100V AC 50Hz~60Hz 15W 出力:12V AC 1.6 A
EMI	VCCI Class B
過電圧過電流防護条件	ITU-T勧告K.21に準拠

ーネット電話や一般電話との通話を可能としている。
 また、インターネット電話を利用するユーザ向けに、PSTNおよびIPネットワーク経由で「認証・ダウンロード通信センター (ADSサーバ)」に接続し、VoIP通信に必要な情報を自動取得するADS^{注1)}機能を持たせているのも、FA11-W3の特色である。
 さらに、FA11-W3は、専用の無線LANカードを装着することによって、無線LANのアクセスポイントとして機能することができる。FA11-W3は、無線LAN規格IEEE 802.11b/IEEE 802.11gに準拠し、2.4GHz帯を使用して最大54Mbpsのデータ転送を可能とする。また、セキュリティ機能としてESS-ID・WEP (152bits)・MACフィルタリング機能を持つことにより、高速かつ安全な無線LAN通信を行うことができる。

2.2 仕様一覧

表1にFA11-W3の主要諸元を示す。

また、参考にFA11-W3の設定を行うWeb管理画

注1) NTTコミュニケーションズ株式会社殿提供のAuto Download System。



図3 FA11-W3の基本設定画面例



図4 FA11-W3の無線LAN基本設定画面例

面として、図3に基本設定画面例、図4に無線LAN基本設定画面例を示す。

2.3 高速化ADSL技術

2.3.1 高速化ADSL技術

FA11-W3モデムでは、以下に示す高速化技術を採用することで、ADSLの下りリンク速度26Mbpsという高速化を実現している。

- 1) G.992.1 Annex Iダブルスペクトル
 ITU-T^{注2)}にて標準化されているダブルスペクトル(図5参照)を採用し、下りの使用周波数帯域を従来の12Mサービスの1.1MHzから、2

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

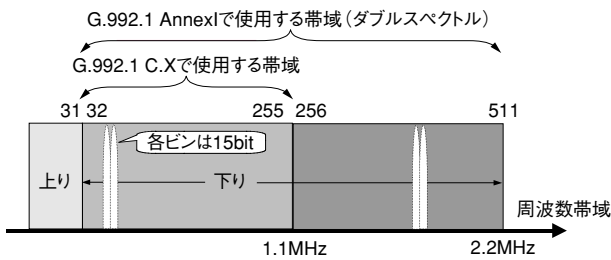


図5 ダブルスペクトル

倍の2.2MHzまで拡大することで高速化を実現している。

これによって、理論上の最大速度を従来の12.8Mbpsから27.4Mbpsにすることが可能となった。

ただし、これらの高周波数領域はノイズに対する耐力が弱いため、実際にはノイズの少ない局舎から近距離の環境でのみ有効である。

2) オーバーラップ・エコーキャンセラ

上り帯域で使用しているよりも、ノイズに強い低周波域に下り帯域をオーバーラップさせることで、局舎からの伝送距離に関係なく、約数百kbpsの速度向上を実現する。

なお、このときにエコーキャンセラ技術を用いることで、下り信号を上り信号帯域にオーバーラップさせても、上り信号に影響を及ぼさないようにすることが可能である。

3) $S = 1 / 4$ フレーム処理^{注3)}

エラー訂正フレームを従来の $S = 1 / 2$ から $S = 1 / 4$ にすることで、理論上対応可能な最大速度を16Mbpsから32Mbpsに向上させることが可能となった。

4) トレリス符号化^{注4)}

トレリス符号化を採用することでノイズ耐力が向上し、1搬送波当たりの伝送ビット数を増加させることで、約数百kbpsの速度向上を実現している。

2.3.2 内蔵スプリッタ

一般電話回線を使用してデータ通信を行うADSLは、アナログ音声信号とデジタルデータ

注3) 8Mサービスまでは $S = 1$ フレームを、10M、12Mサービスでは $S = 1 / 2$ フレームを採用している。

注4) 次回送信するデータを、前回送信するデータと関連性を持たせることで、訂正精度を向上させる技術。

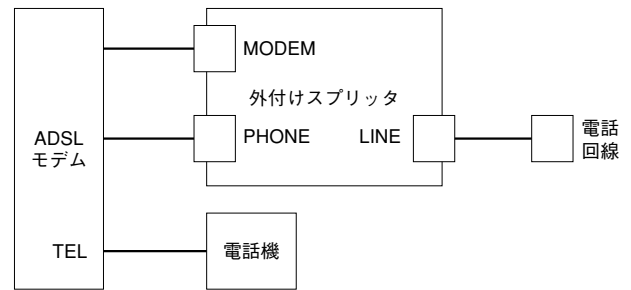


図6 外付けスプリッタの接続図

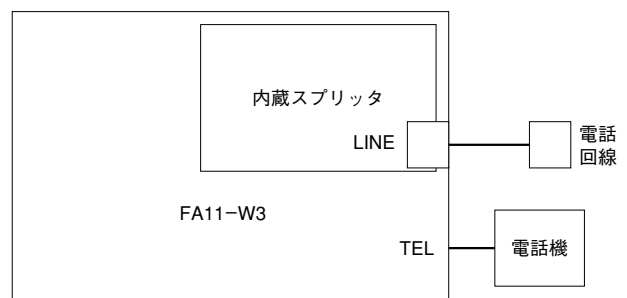


図7 FA11-W3 (スプリッタ内蔵) の接続図

信号が同一回線上に流れている。この二つの信号をそれぞれ電話機とADSLモデムに分けるためには、ADSLモデムに外付けスプリッタ（周波数フィルタ）を使用する必要がある。

図6に外付けスプリッタの接続図、図7にFA11-W3（スプリッタ内蔵）の接続図を示す。

IP電話機能を有したADSLモデムに、外付けスプリッタを採用した場合、電話回線をユーザ宅内のモジュラージャックから外付けスプリッタへ接続し、外付けスプリッタからアナログ音声信号とデジタルデータ信号をADSLモデムへ接続する。さらに、ADSLモデムと電話機を接続するためには、計4本ものモジュラーケーブルでの配線が必要となる。

FA11-W3では、上記外付けスプリッタをADSLモデム本体に内蔵することによって、スプリッタからADSLモデムへの配線の簡略化を実現している。

これにより、ユーザ宅ではADSLモデムと電話回線および電話機を接続するだけのシンプルな配線を実現している。

2.4 VoIP技術

VoIP (Voice over IP) とは、IPネットワークを

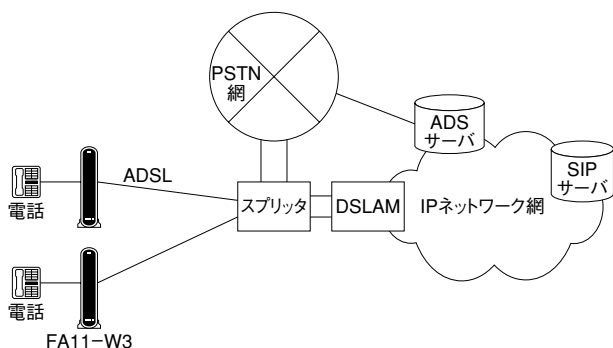


図8 VoIPのシステム構成

利用した電話技術であり、IP電話とも呼ばれる。一般電話に比べて、安価な通話料金を設定できるなどのメリットがあり、2002年末には大手のインターネットプロバイダが、そろってVoIPの試験サービスを開始した。その直後から急激に普及が進んできた。

FA11-W 3のIP電話に関する基本技術は、IPネットワーク上で電話交換機と同様の働きを行うSIP (Session Initiation Protocol) と、定期的に音声データを送り届けるRTP (Real-time Transport Protocol) である。

図8にVoIPのシステム構成を示す。

2.4.1 SIP

SIPはIETF (Internet Engineering Task Force) で議論され、RFC2543やRFC3261として公開されているプロトコルである。従来のITU-T H.323などに比べてシンプルであることなどから、近年普及してきた。FA11-W 3はこのSIPを採用している。

SIPは一般電話の交換機の働きを代行するプロトコルであるが、通話相手に直接、電話をかけることはできない。その理由の一つは、通常のADSLを利用したIPネットワークへの接続形態では、IPアドレスが動的に割り当てられるためである。

AさんからBさんへIP電話をかけようとした場合、AさんはBさんのIPアドレスを知ることができない。そのため、IPアドレスを登録・管理するサーバが必要である。このサーバはSIPサーバと呼ばれる。

図9にSIPのプロトコルについて概略を示す。

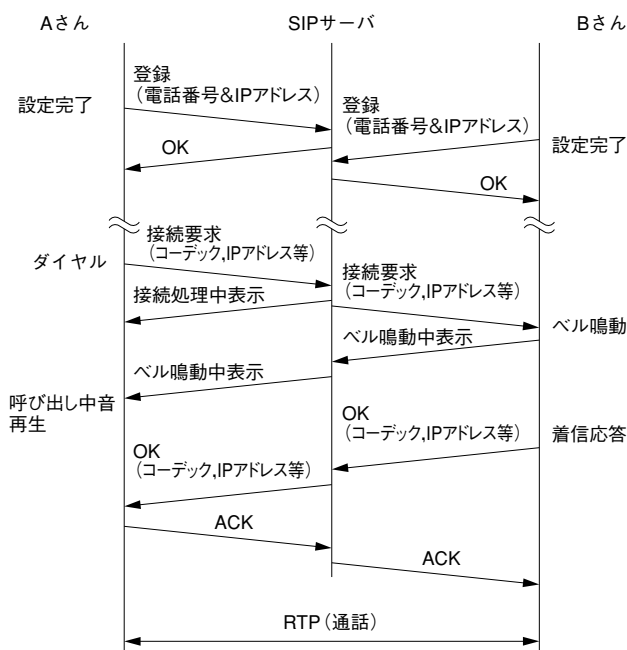


図9 SIPのプロトコル概略

FA11-W 3は、ユーザによる設定が行われると、自動的にSIPサーバにIPアドレスと電話番号を登録する。そのため、AさんもBさんも電話番号とIPアドレスをSIPサーバに自動的に登録を行うことが可能である。

実際にAさんがBさんへ電話をかけるとき、FA11-W 3はSIPサーバに対して接続要求を行う。SIPサーバは、電話番号からBさんのIPアドレスを検索して、Bさん側のFA11-W 3に接続要求を行い、Bさん側のFA11-W 3が電話のベルを鳴動させる。Bさんが電話に出れば、Bさん側のFA11-W 3から、SIPサーバ経由でAさん側のFA11-W 3に応答が返される。

このやり取りの中で、互いのIPアドレスやコーデックの種類を通知し、通話のための準備が行われる。

2.4.2 RTP

RTPは、リアルタイムにデータの送受信が必要なアプリケーションのためのプロトコルである。実際の通話においても、即時的かつ連続的に音声データを相手に届けないと会話にならない。音声は、サンプリング・圧縮されて、一定時間のデータを一つのRTPパケットにパックして送出される。RTPパケットで搬送される音声データのサンプリングレートや圧縮方式は、先のSIPの

やり取りの中で決定されている。

FA11-W 3 で通常使用されるコーデックは、G.711 コーデック（8 ビット、8 kHz サンプリグ）である。G.711 コーデックは一般電話と同一であり、一般電話と同等の音質が得られる。RTP パケットには、数十ミリ秒分の音声データがパックされて伝送されるが、その分の音声データが蓄えられるまでパケットは送出されない。これは、それだけの遅延が生じることを意味している。

2.4.3 音声遅延とゆらぎ

FA11-W 3 では、通常 G.711 コーデックが使用されるため、音質そのものは一般電話と同等である。

しかし、一般電話とは異なり、IP 電話では音声の遅延やゆらぎが発生する。大き過ぎる遅延は、会話を行う人に対して、大きな違和感を与える可能性がある。

遅延が発生する要因は、四つ存在する。一つ目は、本来連続するはずの音声データを、RTP パケットにパックするために生じる遅延である。これは、RTP パケットに格納するデータ数に依存して固定的に決まり、一般的には数十ミリ秒である。

二つ目は、IP ネットワークで生じる遅延で、三つ目は、RTP パケットの受信側にある、ゆらぎ吸収バッファでの遅延である。ネットワーク上の遅延は時間とともに変動（ゆらぎ）するため、音声の再生に必要なデータが不足しないように、RTP パケットの受信側に、音声データがある程度蓄えておくためのゆらぎ吸収バッファを持っている。これは想定されるゆらぎ量に依存するが、一般的に数十ミリ秒のバッファを持つ必要がある。

以上は、一般的な IP ネットワークで想定される音声遅延とゆらぎであるが、ADSL モデムとして特有の音声遅延ゆらぎもある。

ADSL モデムは、非音声データも伝送するため、非音声データのトラフィックが多いときに、音声データである RTP パケットの遅延やゆらぎが大きくなってしまう。これが四つ目の要因である。

例えば、ADSL が 4～5km の距離で使用される時、その伝送レートは数百 kbps 程度である。仮に ADSL の伝送レートが 500 kbps の場合、

1500 BYTE のパケットが伝送される時には、24 ミリ秒程度の時間が必要である。RTP パケットはその間伝送できないため、ADSL ライン上の非音声パケットによって、数十ミリ秒の遅延ゆらぎが発生することになる。これは、ADSL ラインの伝送レートが低いときに顕著に現れてくる。

前述のゆらぎ吸収バッファは、この四つ目の要因も考慮に入れて設定される。FA11-W 3 は RTP パケットをを優先して処理することで、RTP パケットの送出ゆらぎを最小にしている。

2.4.4 ADS 機能

ユーザは、VoIP サービスの提供を受けるために、多くの設定が必要である。例えば、VoIP ユーザ ID / パスワード / VoIP 電話番号 / 市外局番などを設定する必要がある。これらの内容を、VoIP 技術を知らないエンドユーザが設定することは、非常にわずらわしく、わかりにくい作業である。

ADS (Auto Download System) とは、これらの作業を自動化し、さらに、VoIP 端末のメンテナンスまでを自動化する NTT コミュニケーションズ株式会社殿が提供するサービスである。

FA11-W 3 は、この ADS にも対応しており、ユーザは、ADS 対応 / 非対応をモデムの設定によって、任意に選択することができる。

図 8 に示すように、ADS サーバは、PSTN 網と IP ネットワーク網にまたがって存在する。ADS の認証を受けるため、FA11-W 3 は一般電話回線を使用して、ADS サーバへの発信を行う。ADS サーバは、東日本電信電話株式会社殿・西日本電信電話株式会社殿のナンバーディスプレイ機能を利用してユーザ認証を行うことが可能であり、FA11-W 3 に対して ADS サーバの IP アドレス、認証情報などを通知する。

FA11-W 3 はこれらの情報を利用して、IP ネットワーク経由で ADS サーバと通信を行い、必要な設定情報を受信することが可能である。この ADS サービスは、必要に応じて発信先制御 (VoIP 経由 / 一般電話経由) やファームのダウンロードも行うことが可能である。

2.5 Wireless 機能

ケーブルによる配線を伴わない無線 LAN システムは、その利便性はもとより、WiFi (Wireless

Fidelity) による相互接続性の確保や、それに伴う IEEE 802.11b 機器の低価格化、ノート PC への標準装備化等によって、ここ数年めざましい普及を遂げている。

ADSL 事業者においても、無線 LAN アダプタと ADSL モデムをセットにしたサービスを早くから提供しており、IP 電話と同様にベーシックなサービスになると考えられている。

本 FA11-W 3 は、同時に開発された PC カード形状の FA9101 ワイヤレス LAN カードを搭載することで、無線 LAN 機能を実現している。本 PC カードは、2.4GHz 帯を使用した IEEE 802.11g および IEEE 802.11b に準拠し、無線区間の伝送速度は最大 54Mbps を実現しており、高速化された ADSL 回線速度にも十分対応可能となっている。

また、WiFi を取得することによって、他メーカーの無線 LAN 機器との相互接続性を確保している。

無線 LAN は、容易に有線 LAN と置き換えられるという利便性の反面、どこにでも到達してしまうという特性を持つ電波を使用するため、セキュリティについては十分な配慮が必要である。

本 FA11-W 3 は、無線 LAN のセキュリティ機能として、WEP (Wired Equivalent Privacy) および WPA (Wi-Fi Protected Access) のサポートに加えて、ESS-ID (Extended Service Set Identifier) の非通知と ANY 接続を拒否するクローズドネットワーク設定、MAC アドレス登録による接続制限を有し、ユーザの使用環境に応じたセキュリティ設定が可能となっている。

2.6 ルータ機能

現在の ADSL 市場では、ルータタイプモデムが当然のように主流になっているが、ブリッジタイプのモデムが主流であった数年前から、他社に先駆けてモデム内部で PPPoE を終端させ、ルータ/ブリッジ共用タイプモデムを実現してきた。

現在の FA11-W 3 は、VoIP 機能や無線機能を追加しつつも、ユーザが使い易いような設計思想のもと、先人のブロードバンドルータをはるかに超える高い機能を実現している。

その中でも、すべての設定を Web 経由で行えるのは当然のことながら、IPsec (Security Architecture for Internet Protocol) パススルー機能と UPnP (Universal Plug and Play) 機能に関し

ては、世界に先駆けて ADSL モデムへ搭載している。

IPsec パススルー機能は、家庭から VPN (Virtual Private Network) を利用して企業内ネットワークに接続させるために、VPN で使用するパケットを NAT (Network Address Translation) を介在させて透過させる機能である。本機能を実現することによって、従来、一般的な問題として挙げられていた「ブロードバンドルータを経由させると VPN が使用できない」という問題を解消させた。

また、UPnP 機能は、UPnP 対応パソコンと接続することで、自動的に IP アドレスなどの設定情報を自動交換する仕組みを持っており、容易にインターネットゲームやアプリケーションを使用できる機能である。

FA11-W 3 は、本機能をサポートしており、ユーザがアプリケーションの使用ポート番号等を個別に調べ、それを手動でモデムへ設定する作業を軽減している。

また、VoIP 機能をサポートすることによって困難を極めたのが、既存の Router 機能と VoIP 機能の融合である。特に「大容量データを送受信中でも違和感なく通話を可能にする」という課題をクリアするため、FA11-W 3 では、音声データを通常の IP データよりも優先させて送受信する QoS (Quality of Service) 機能を搭載している。

本方式は、接続された ADSL 回線レートから送出可能な IP パケット数を算出し、大容量のデータを送出中にも音声データに影響を与えないように優先制御するものである。

3. 今後の高速化と高機能化

現在の ADSL サービスは、ダブルスペクトルなどの採用によって、26Mbps まで高速化されているものの、ADSL サービスの継続的な発展を目指し、更なる高速化の検討が進められている。

高速化のメイン技術としては、Quad スペクトル^{注5)}の採用が考えられ、本方式の採用によって、下り 40Mbps 超えの可能性が出てきている。

また、VoIP サービスについては、今後の 050 電話番号の付与、PSTN (Public Switched Telephone Network) から IP 電話への着信が可能になるなど、

注5) ADSL で使用する帯域を 3.75MHz まで広げたもの。

急激に普及することが見込まれている。その中において、ADS機能の強化、モバイル端末とのインタフェース強化、外部アタックを防止するセキュリティ機能の強化が、より重要なアイテムとして注目されていくと考えられる。

さらに、IPv6 (Internet Protocol version 6) ベースでのVoIPサービスや家電製品のIPv6化が現実味を帯びてきていることもあり、将来のIPv6対応製品の商品化に向けての検討、開発を加速させる必要があると考える。

4. む す び

本稿では、FA11-W 3を題材に、現在の最大伝送速度26Mbpsを達成したADSL高速化技術、SIPプロトコルをベースとしたVoIP技術、無線LAN機能、ルータ機能について述べた。

ADSLの高速化については、40Mbps超えを境に落ち着くことが予測され、今後は、より高品質で高機能なモデムが要求されると考えられる。継続したADSLサービスの発展のためにも、インターネットサービスと一体となった、より高品位なモデムの開発が必要であろう。

Fiber to The Homeによるアクセス系の光化も着々と進んでいるが、メタリックアクセスとしては、ADSLだけでなく、VDSL (Very high-bitrate Digital Subscriber Line) による50Mbpsを超えたアクセスサービスも本格化してきている。このような状況を考えると、今しばらく、メタリックアクセスによるブロードバンドサービスの提供が継続されると考えている。



[開発者] 後列左から、香月、古川、栗山、白澤、
前列左から、吉田、助川、坪井