

構内向け ADSL システムの開発

村瀬 亨・橋本英昭・田口哲也
鈴木信司・岩館弘剛・江部 稔
米田辰夫・笹田啓 郎・別芝俊三郎
安永好孝・宮坂信司・松尾光広
前山欣邦・櫻井章広

Development of Local-Area ADSL System by Toru Murase, Hideaki Hashimoto, Tetsuya Taguchi, Shinji Suzuki, Hirotake Iwadate, Minoru Ebe, Tatsuo Yoneda, Keiichirou Sasada, Syunzaburo Betsushi, Yoshitaka Yasunaga, Shinji Miyasaka, Mitsuhiro Matsuo, Yoshikuni Maeyama and Akihiro Sakurai ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) technology, which enables expanded bandwidths for high-speed Internet transmission and continuous connection on leased copper telephone lines is attracting keen industry attention. This technology features (1) high-speed transmission up to 7 Mbps, (2) long transmission distance up to approximately 4 km at megabit rates, and (3) the ability to multiplex with voice traffic on existing telephone lines. Sumitomo Electric has applied ADSL technology to the MegaBit Gear LAN System, a system that uses local telephone networks to complement existing factory or office LANs. In the automobile, steel, shipbuilding, oil, and other industries cable conduits often contain many old cables, which leaves little room for installation of new cables, and limited budgets result in fiber-optic networks being used for only the network's backbone. As a result, full-scale networking among businesses has been restricted. There is also increasing need to expand existing LANs to previously unconnected sites. MegaBit Gear is being welcomed by intranet users in numerous industries because it expands LANs without requiring the installation of additional cable.

1. 緒 言

近年、インターネットが広く普及してきたが、もっと高速に快適なアクセスをしたい、常時接続した状態で使いたい、といったユーザの要求が強まってきている。特に、WEB で提供されるデータが、画像ファイル、動画や音声データ、Java スクリプトなど大きな容量のものになってきたことにより、サーバ側から端末側への下り方向に大きなデータ伝送速度が必要とされるようになってきている。

そこで、高速伝送速度と常時接続というユーザの要求を既存の電話線を用いて実現する ADSL 技術(Asymmetric Digital Subscriber Line:非対称デジタル加入者線)が注目されている。ADSL 技術は電話を使いながら、下り数 Mbps の伝送速度でデータ適信を実現する技術である。

インターネットの発展は企業内ネットワークにも大きな変化をもたらし、イントラネットが急速に普及してきている。しかし多くの企業では、構内全域にわたって十分なネットワーク環境が提供されているとは言い難い状況にある。例えば、自動車、鉄鋼、造船、石油プラントなどの企業においては、広大な工場構内でケーブルダクトが古い配線で満杯となり、新しいケーブルを敷設する余地がないとか、バックボーン回線を光ファイバケーブルで引き回したが支線までは予算がまわらなかったといった理由で、支線までネットワーク化できていないといった例が多数見られた。ここで必要となるのは、工場敷地内数 km の範囲で配線工事が不要で、即日使える LAN 回線である。

そこで当社は、最初に紹介した ADSL 技術を用い、既存の構内電話線を用いてメガビットクラスの高速度伝送を実現する「MegaBit Gear™(メガビットギア)構内システム」を開発した。「MegaBitGear™構内システム」は、ADSL 技術を採用し、日本の構内電話線、LAN 環境に適用したものである。

ADSL は、(1)高速：下り最大 7Mbps の高速データ伝送速度、(2)長距離：約 4km までメガビットクラスで伝送可能、(3)配線不要：既存の電話線を利用し、電話と同時使用可能といった特徴を持っている。

2. ADSL システム

2-1 ADSL システムの構成と特徴

ADSL システムは、センター装置と端末装置を1対の電話線両端に接続して構成する。構内電話線を利用する場合には、構内交換機(PBX)の構内側電話線の途中(通常は交換機室の MDF(端子盤))にセンター側装置を接続する。また端末側は、オフィスの電話クローゼットと電話機との間に設置する。

両装置とも、POTS(Plain Old Telephone Service) スプリッタと ATU(ADSL Transmitter Unit)から構成される。POTS スプリッタは、電話線上を伝送する音声信号(4kHz 以下)と ADSL 信号(30kHz ~ 1MHz)の合波および分波を行う。当社 MegaBit Gear™ の場合、受動的なバンドパスフィルタ装置として構成しているため、両 ADSL 装置に電源供給がない場合でも、電話サービスは利用することができる。

ATU は、ADSL 信号の変復調を行うとともに外部ネットワークとのインターフェース機能をもつ。

2-2 DMT 変調方式の特徴

これまで電話線で音声を送るには 4kHz 以下の低周波数部分だけを用いていた。アナログモデムも同様にこの周波数帯域を用いており、伝送速度は 33.6kbps が理論的な限界点だった。しかし、より対線の電話線は、30kHz から 1MHz 程度までの高周波領域でも数 km まで信号を送ることができる。ADSL では、この高周波数帯域をデータ伝送に用いている。(図2、図3)。

また、ADSL はセンター装置に多くの装置を収容できるように、センター装置付近での上り信号による相互作用を防ぐため上り信号に 30kHz から 120kHz の低周波側を用いている。

変復調の方式には、DMT(Discrete Multitone)方式と CAP(Carrierless Amplitude Phase)方式の2通りがあり両方式が併用されている(図3)。しかし、米国では、95年にDMT方式がANSIのT1.314で規格化され、現在ITU-Tで策定中のADSL国際標準でもDMT方式が採用された。このように現在ではDMT方式がADSLの変復調方式の標準となっておりMegaBit Gear™でもDMT方式を採用した。

DMT方式では、30kHzから1MHzまでの周波数領域を4kHz毎に256個のビンに分け、ビン毎に1キャリアとして最大

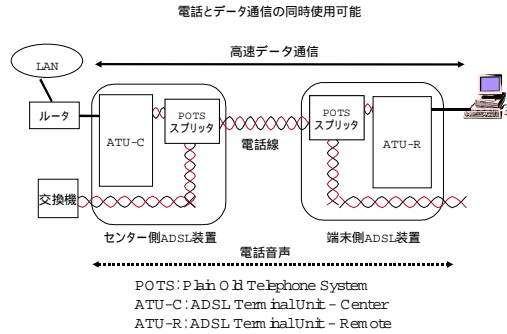


図1 ADSL 基本システム構成図

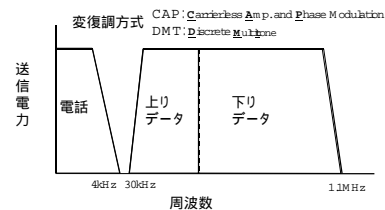


図2 周波数の使用法

伝送方式	CAP	DMT
	単一	複数(249)
電力密度	上り信号 下り信号 0 4 200 1000kHz 周波数	上り信号 下り信号 0 4 34 138 1104kHz 周波数
特長	低消費電力	環境に強い
標準化	独自方式(標準提案中)	標準(ANSI規格T1.413) 95年

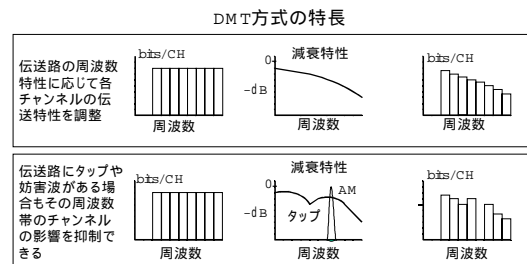


図3 CAPとDMTの比較表

15bit までのビット割付を行い QAM 変調してデータを伝送する。各キャリアの伝送容量は割付けることができるビット数で定まるが、これは受信側における SN 比に応じて決める。現実には伝送線による減衰、漏話や AM ラジオ等のノイズによって、各キャリアが伝送可能なビット数は減少する。

CAP 方式では外来雑音が閾値を超えると全く使えなくなるのに対し、DMT ではノイズの影響があるキャリアだけを使用しないことができるため、悪い条件下でも通信を維持できるという特徴がある。

3. MegaBit Gear™ の概要

3-1 開発方針 10BaseT が主流である構内 LAN の拡張・代替用として MegaBit Gear™ を用いるためには、オフィスの誰もが簡単に利用できることが重要である。従って、MegaBit Gear™ では、本体だけで機器の動作設定を可能となるよう設計した。データのインターフェースについても、センター・端末両装置とも最も普遍性の高い 10BaseT とした。さらにネットワーク機能については、ブリッジ機能に限定することによって、ネットワークアドレス設定の手間を省くなど気軽に設置できることを最優先した。その他、液晶表示を採用し、日本語表示による分かり易いマンマシンインターフェースを設けた。

3-2 対向型(CE/2, TE/2)ハードウェア構成 本システムは、センター側 ADSL 装置 CE/2 と端末側 ADSL 装置 TE/2 により構成される。

それぞれの仕様を表 1 に示す。また、写真 1 は CE/2 と TE/2 の外観写真である。

ADSL による伝送速度は、電話線の品質や距離、周囲の雑音レベルに依存して変動する。CE/2, TE/2 は、はじめ設定した範囲で最高の通信速度を自動選択し動作する「自動速度モード」と、指定した速度で動作する「固定速度モード」がある。また、ノイズによる回線品質の劣化に対して 3 つのモードの ADSL 誤り訂正機能を備えている。通常モードであるモード 1 に対して、モード 2 は、通信速度を維持しながらインパルス性のノイズに対する耐性を高めている。ただし遅延時間は若干増加する。また、モード 3 は、バックグラウンドノイズの変動に対する耐性を高めたモードであり、通信速度は若干低下する。

デフォルトモードでは、CE/2, TE/2 は電源投入後、自機のハードウェアチェックの後、両機器間の伝送路のチェックを行い、その状況下での最大伝送速度で接続する。

ブリッジング機能としては MAC 層レベルでのブリッジング機能を搭載しており、アドレス学習テーブルの最大エントリ数は 1,024 である。またネットワーク中継機能は最大 10,000pps(packet per second)が実現されている。

各装置は、電源投入時に機器自体の障害をチェックし、障害があれば液晶に表示して動作を停止する。運用中での機器の障害についても同様である。また、運用中の ADSL 回線のエラー状況は常に監視しており、エラー発生状況に応じて自動的に再接続動作を行う。

表 1 MegaBit Gear™ CE/2, TE/2

<ハードウェア仕様>

項目	仕様
外径寸法	200mm(W) × 50mm(H) × 250mm(D)
重量	1.5kg 以下
電源、消費電力	電源 AC100 ~ 220V, 50/60Hz 消費電力 10W 以下
動作温湿度	温度 5 ~ 40、湿度 30 ~ 90% (結露なきこと)
電気雑音・騒音対策	雑音端子電圧 VCCI クラス A 対応 騒音 56dB 以下
LCD 表示部	16 文字 × 2LCD (本体背面)

<インターフェイス仕様>

項目	仕様
回線ポート	RJ-11 コネクタ 2 線式電話線
10 BaseT ポート	RJ-45 コネクタ IEEE802.3 準拠 UTP カテゴリ 3 以上 クロスストレート切り替えスイッチ有り (本体背面)
電話ポート	RJ-11 コネクタ 2 線式電話線



写真 1 CE/2, TE/2 (ロゴ以外同型) 外観写真

3-3 集合型センター装置(CU/1,SF/1)ハードウェア

構成 集合型センター装置は、複数の端末側 ADSL 装置(TE/2)を同時に接続するためのセンター装置で MegaBit Gear™ CU/1 と SF/1 から構成される。ラックにマウントして使用することにより省スペース設置を実現した。SF/1 は、ADSL のモデムモジュールと別装置にしているので柔軟な配置が可能となっている。

CU/1 は、基本部として制御モジュールおよび電源部を持つ。モデムモジュールの増設により最大 24 回線分のデータ信号の変復調を行う。

方、SF/1 は、CU/1 からの ADSL 信号と PBX からの音声信号を分波・合成するための 24 回線分のスプリッタモジュールの集合装置である。

CU/1 の仕様を表 2 に、SF/1 の仕様を表 3 にそれぞれ示す。また、各々の外観写真を写真 2、写真 3 に示す。

CU/1 の制御モジュールは、装置全体の管理機能、コンソール機能、SNMP エージェント機能を備えている。1 枚のモデムモジュールは、ADSL2 回線を持ち、CU/1 では最大 12 枚まで組込むことができる。また、制御モジュール。モデムモジュールは、電源を切ることなく抜き差しが可能である。電源部は、制御モジュールおよびモデムモジュールに電源を供給する。

通信に関する機能は対向型の CE/2、TE/2 システムと基本的に同等である。CU/2 は電源投入と同時に、自動的に TE/2 との間で最適な通信速度を自動的に選択する。基本的な通信機能はこれで使用可能となる。各回線毎にブリッジング機能を持っており、CE/2 と同様、アドレス学習テーブルの最大エントリ数は 1,024、ネットワーク中継機能は 10,000pps 以上を実現する。

CU/1 の運用状態は、制御モジュールとモデムモ

表 2 MegaBit Gear™ CU/1

<ハードウェア仕様>

項目	仕様
外径寸法	430mm(W) × 220mm(H) × 400mm(D)
重量	最大構成の場合：21.4kg
電源、消費電力	電源 AC100 ~ 220V, 消費電力 10W 以下
動作温湿度	温度 5 ~ 40、湿度 30 ~ 90% (結露なきこと)
電気雑音・騒音対策	雑音端子電圧 VCCI クラス A 対応 騒音 50dB 以下
その他	JIS, EIA 規格のラックにマウント可能

<インターフェイス仕様>

項目	仕様
シリアル管理ポート	D-Sub 9 ピン (オス型) RS-232C 準拠
ネットワーク管理ポート	RJ-11 コネクタ IEEE802.3 準拠 UTP カテゴリ 3 以上
MegaBit Gear™ SF/1 接続ポート	アンフェノール 50 ピンコネクタ
10 BaseT ポート	RJ-45 コネクタ × 24 IEEE802.3 準拠 UTP カテゴリ 3 以上

表 3 MegaBit Gear™ SF/1

<ハードウェア仕様>

項目	仕様
外径寸法	430mm(W) × 148mm(H) × 120mm(D)
重量	6.5kg
電源、消費電力	なし (能動素子を使用せず)
動作温湿度	温度 5 ~ 40、湿度 30 ~ 90% (結露なきこと)
電気雑音・騒音対策	雑音端子電圧 VCCI クラス A 対応
LINE 端子間耐電圧	
その他	JIS, EIA 規格のラックにマウント可能

<インターフェイス仕様>

項目	仕様
電話回線接続ポート	RJ-11 コネクタ × 24
PBX 回線接続ポート	RJ-11 コネクタ × 24
MegaBit Gear™ CU/1 接続ポート	アンフェノール 50 ピンコネクタ



写真 2 CU/1 外観写真



写真 3 SF/1 外観写真

ジュールに実装されている LED に表示されるため、概要は目視で把握できる。制御モジュールは、モデムモジュールの運用状態を定期的に監視している。さらに制御モジュールにシリアル接続(RS232C)またはネットワーク接続(TCP/IP)された Windows パソコンから専用の管理ソフトウェア(NodeMate CU/1)を用いることにより、制御モジュールが管理する設定ならびに運用状態に関する情報の詳細を参照することができる。また、回線毎に通信速度の手動調整や伝送エラーの許容範囲を設定することが可能である。

また、制御モジュールとモデムモジュールは、運用中に異常を検出する機能と、セルフテスト機能を備えている。

運用中に発見した異常は、LED に表示されるとともに詳細を NodeMate CU/1 で確認できる。また、SNMP エージェントのトラップ機能により SNMP マネージャへ異常の内容を通知することができる。

また、セルフテスト機能によって異常を発見した場合は、そのモジュールは動作を停止し、電源操作やコンソール端末からの操作待ちの状態となる。異常の内容は、LED と NodeMate CU/1 の双方で確認可能である。

モデムモジュールは、回線毎に独立した制御機能を備えているため、仮に制御モジュールが故障しても回線接続や通常の運用を行うことができる。同様にある回線に異常が発生しても、他の回線はその影響を受けることなく ADSL 通信を継続できる。

MegaBit Gear™ を含む大規模なネットワーク管理を効率良く行うために、専用の管理ソフトウェア MegaBit Gear™ Manager も開発した。WindowsNT 上で動作し、MegaBit Gear™ 構成管理や運用状態の管理を、GUI を介して行うことができる。MegaBitGear™ Manager の画面例を図 4 に示す。

-トポロジ-管理

- ・ ネットワークの階層化表示
- ・ MegaBitGear™ のディスカバリ、物理的接続状況の表示
- ・ 障害状態の表示

-障害管理

- ・ ICMP, SNMP による監視
- ・ MIB - 2, ADSLForumMIB, MegaBit Gear™ MIB による MegaBit Gear™ の障害定義：
ADSL 回線の異常 (LOF, LOS, LPR) とダウン
Ethernet I/F の異常とダウン、パケットロス機器ハード異常

-性能管理

- ・ ADSL 回線性能情報の収集：
15 分間当たりの LOF/LOS/LPR/ES 発生秒数

-構成管理

- ・ MegaBit Gear™ のコンフィギュレーション (NodeMate CU/1)
LOF...Loss of Frame, LOS...Loss of Signal,
LPR...Loss of Power, ES...Errored Second

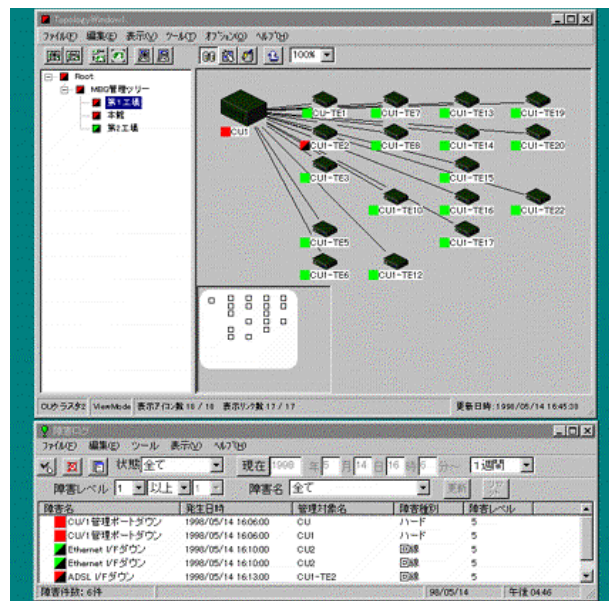


図 4 MegaBit Gear™ Manager 画面サンプルと機能

4. 伝送特性

図 5 に、MegaBit Gear™ CE/2, TE/2 の伝送性能を示す。

性能測定に用いた電話線は 0.4mm 径の CCP(Color Coated Polyethylene)である。MegaBit Gear™ CE/2, TE/2 の誤り訂正モードは、デフォルトのモード 1 に設定しており、通常の実験室環境で、ノイズを加えずに実際のケーブルを用いて 500m 置きに測定したものである。

下り伝送速度、上り伝送速度ともに最小値 128kbps から 32kbps 毎に、設定された距離の電話線における最適な伝送速度で接続する。下りの最大伝送速度は 7.2Mbps、上りの伝送速度は 640kbps である。

下り伝送速度は、3km を超えると徐々に減少し 5km 付近で 1Mbps を下回る。

この伝送性能は、電話線の長さだけでなく、電話線の径、AM 波や ISDN 近端漏話信号などの外乱ノイズ、電話線の状態、タップの有無等によって変化する。一般に、電話線の径が太くなれば伝送性能は向上する。

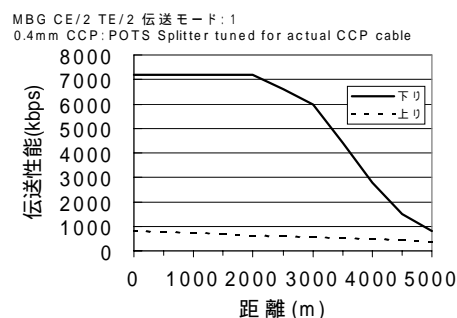


図5 MegaBit Gear™の伝送性能

5. 結 言

構内用 ADSL システム MegaBit Gear™ を開発した。対向型は CE/2(センター側装置)、TE/2(端末側装置)、集合型は、CU/1(集合型センター装置)、SF/1(センター側スプリッタ)と TE/2 で構成される。

MegaBit Gear™ は、電話線を使って Plug & Play で LAN 環境を構築・拡張できるシステムとして、企業の情報システム担当者から、ネットワーク初心者まで幅広いユーザに好評を得ている。

97 年 11 月発売以来、これまでに千数百回線の納入実績があり、今後もその適用分野はますます拡大していくものと思われる。

現在、構内 ADSL システムと同時に、その実績を活かした公衆網サービスに向け ADSL 機器の開発も進めている。

急速に拡大していくと見られるアクセス系製品のニーズに応える製品群として期待している。

執筆者

- 村瀬 亨： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ 部長
- 橋本 英昭： 情報通信システム事業部 情報通信機器常業部
市場開発課 主査
- 田口 哲也： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ 主任研究員
- 鈴木 信司： 情報通信システム事業部 ネットワーク機器部
第3技術グループ 主査
- 岩館 弘剛： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ
- 江部 稔： 情報通信システム事業部 ネットワーク機器部
第3技術グループ 主席
- 米田 辰夫： 情報通信システム事業部 ネットワーク機器部
第3技術グループ
- 笹田啓 郎： 情報通信システム事業部 ネットワーク機器部
第3技術グループ
- 別芝俊三郎： システム事業推進部 技術部長
- 安永 好孝： システム事業推進部 技術部主席
- 宮坂 信司： 公共システム開発事業部 システム技術部 主席
- 松尾 光広： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ 主査
- 前山欣邦： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ
- 櫻井 章広： システムエレクトロニクス研究開発センター
アクセスシステム開発グループ