

# 3

## アドホック・ネットワーク構築技術

### — 内部との接続 —

水野 裕識\* 尾上 淳\*\* 蟻川 浩\*\*\*

WIDEプロジェクトでは、年2回、春と秋に合宿を行っており、ここでは実験ネットワークと称した仮設ネットワークの構築を行っている。

ところが、開催場所の条件（たとえば、立地条件、建築物の構造、ミーティング部屋などの間取り）によっては、UTPケーブルを敷設するのが困難な場合がある。そのような場合、代替手段によってネットワークを構築することで対応している。

第3回目は、仮設ネットワーク内部の接続について、開催場所内のネットワークの接続として可能な技術を説明し、実際に合宿ネットワークで用いた技術であるvDSL、無線LANについて述べる。

#### 内部接続に利用できる技術

##### ■ UTPケーブルで配線するのが困難な場合

WIDEプロジェクトでは、年2回の合宿を行っている。その際、合宿ネットワークと呼ばれる仮設ネットワークを敷設・運営し、参加者のインターネットへの接続、各種実験などに使用している。

合宿ネットワークは、プレナリルーム（大会議室）、各ワーキンググループで議論を深めるための会議室、ターミナルルーム、NOC（Network Operation Center）にUTPケーブルを引き回し、それぞれの部屋にリピータ（もしくはスイッチング）ハブを設置し、インターネットに接続できるようになっている。

ところが、合宿場所となる会場の間取りによっては会議室とNOC間の配線の長さが100mを超えてしまい、しばしば問題になる。数十m程度超えているのであれば、途中でスイッチングハブを中継する方法もあるが、電源も必要となるため、あまり良い方法とはいえない。また、会場によっては、ガムテープでUTPケーブルを固定することができない場合もある。その場合には、代替

手段を用いたネットワークの構築が必要である。

##### ■ 代替手段を用いたネットワーク構築

UTPケーブルが敷設できない場面ですべて利用した方法として、以下のようなものがある。

###### ● 会場の既設配線を利用する場合

合宿場所となる会場の多くには、構内電話が各部屋に設置されているか、それを利用するためのモジュラージャックが準備されている。また、テレビアンテナ用の同軸端子が準備されている場合もある。このような既設配線を利用する技術<sup>1)</sup>としてHomePNA、xDSL、Digital Wayなどがある。これらの技術を利用することで、会議室とNOCとの距離が離れていた場合や、UTPケーブルの敷設が困難な場合でもネットワークが構築できる。

###### ● 無線を利用する場合

固定していない機器を接続する場合や、会場の既設配線がない、もしくは利用できない場合、無線を利用することで比較的容易にネットワークが構築できる。

近年、無線LAN機器の価格が手頃になったことや、無線LAN機器の通信速度が向上しているため、利用価値が高い技術である。

\* 富士通研究所コンピュータシステム研究所アーキテクチャ研究部  
mizuno@llab.fujitsu.co.jp

\*\* ソニー（株）IN研究所インターネットシステムラボラトリー  
ono@sm.sony.co.jp

\*\*\* 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻  
hiro-ari@is.aist-nara.ac.jp

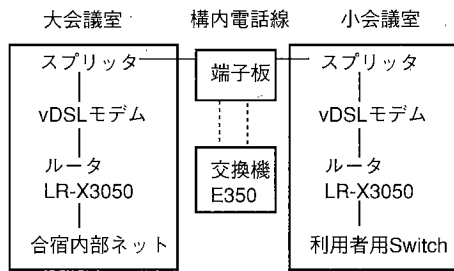


図-1 vDSL運用/実験環境

本稿では、合宿で実際に用いられた技術として、ホテルの構内電話網を用いたvDSL技術によるネットワークの構築と、近年注目されている無線LANによるネットワークの構築について詳しく述べることにする。

## ホテルの構内電話網を用いたvDSL技術

### ■vDSL技術を導入した理由

既存の電話線上に、IPパケットを高速に転送する技術としてxDSLが注目されている。ADSLはすでに商用化サービスが開始されているが、最も高度な技術であるvDSLの品質や可用性の評価は興味深い。

そこで、1999年3月のWIDE合宿では、離れた会議室の間に最長1kmの2芯線によるvDSLリンクを設置して、デジタルビデオ(DV)画像を転送する通信実験(DV/IP)を行った。

これを発展させ、1999年9月の合宿では、ホテルの協力を得て、ホテル内の既設電話線を用いたvDSLのネットワークの特性を調べた。

### ■vDSLによるネットワーク接続

各会議室まで引いてあった電話回線は、ホテル内交換機室の富士通製E350交換機に收容されていた。vDSL回線を敷設するために、電話線を交換機より外してMDF端子板に直接つないだ(図-1)。

各会議室ではRJ-11コンセントとスプリッタを2芯電話線でつなぎ、モデム<sup>3)</sup>、ルータ<sup>4)</sup>の順番に接続した。このIPネットワークは、同一サブネットを持ったセグメントとして運用した。

距離	374.2m
インピーダンス	94 ohm
反射ピーク	86% (388.6m)

表-1 FLUKEによる構内線の特性

モデムモード	朝昼	夜
12.5 Mbps	◎	◎
25.0 Mbps	×	○

表-2 時間帯ごとの通信状態

### ■vDSL技術の運用

合宿期間中安定したネットワーク環境を提供することを目的に、ネットワークの特性を調査した。

#### 距離による測定

大会議室と小会議室までの構内線の長さをFLUKEで測定した。構内線はホテル1階にある交換機室を経由して、もう一方の会議室につながる(表-1)。

会議室をつなぐ構内線に、あらかじめ準備した2芯線を200m単位(最長1km)につないで延長し、大会議室から小会議室方向にping-fによるパケット落ち(単位%)を調べた。vDSLモデムの2種類の転送モード(12.5Mbps, 25.0Mbps)で試した。準備した2芯線は巻き取りの状態での測定したので、伝送条件は良くないと考えられるが、この結果から12.5Mbpsのモードでは少なくとも1374[m]まではパケットが落ちることなく利用できること、一方、25.0Mbpsのモードでは、974[m]からパケットが10%程度落ちはじめ、1174[m]では100%落ちることから、少なくとも774[m]までは利用できることが分かった。

#### 時間帯による性能特性

合宿初日から2日目午前まで、下りの伝送速度を25.0Mbpsで運用した。しかし、2日目午前中にIPレベルで30~50%落ちることが判明したため、この時点から下りの伝送速度を12.5Mbpsモードに切り替えて運用した。

興味深いことに、その後、25.0Mbpsモードでは、夜間(午後10時~午前9時くらい)にパケットが落ちなくなることを発見した(表-2)。

接続方式	距離上下	25.0M	12.5M
構内線	374[m]下	14.12	11.76
	上	1.76	1.75
ルータ直	数 [m]	20.08	20.08
モデム間	200[m]下	3.82	11.74
モデム間	400[m]下	13.82	11.69
モデム間	200[m]	95.7†	95.7†

TCPの送受信ソケットサイズ 57344バイト  
 メッセージサイズ 4096バイト  
 †印：UDPの送受信ソケットサイズ 57344バイト  
 メッセージサイズ 1472バイト

表-3 伝送距離に対するスループット

昼間になるとパケット落ちが増加する理由は、ホテルのアナログ電話が昼間、ひんぱんに利用されていて、電話線を通する複数のアナログ信号がvDSLの搬送波に影響したものと考えた。

実際、交換機室のダクトから垂れ下がる構内線は、数百回線分を束ねて扱われており、MDF端子板の直前で1本ずつ分けて端子板に付いている。今回の構内線もこの中の1本であり、交換機室までは他の構内線同様に束ねて扱われている。

### vDSL リンクのIPによる性能評価

大会議室と小会議室間の遅延は、pingによる往復時間で27～30ミリ秒であった。

vDSLネットワークのTCP/IPの性能を評価するために、PC機 (BSD/OS 3.1, ファーストイーサネット) からnetperfツールを用いてスループット (単位Mbps) を測定した (表-3)。測定には、netperf添付のTCP/UDPストリームのスクリプトを利用した。

これらの一連の実験は、富士通研究所の陣崎、新家、河合、小林、古賀、下國らの協力により行われたものを、水野がまとめたものである。

## 無線LAN環境の構築

1999年10月の規制緩和後、日本でも数多くのIEEE 802.11<sup>2)</sup>対応の無線LAN製品が入手可能となってきた。ケーブル敷設が不要の無線LANは、特に200人以上がノートPCを持ち込むWIDE合宿では欠かせない技術である。

## ■複数基地局の運用

無線LANで安定して通信できる距離は、環境によっては15～20m程度であり、広い会議室や離れた会議室をカバーするためには複数の基地局を設置する必要がある。端末のほとんどがノートPCで、ユーザはしばしば通信中にノートPCを抱えて移動するため、どの基地局に接続しているかを意識せずに利用できる環境の構築が重要である。ここでは複数の基地局で無線LAN環境を構築するために留意した事項について説明する。

### ●サブネット

通信中の移動に対応するためには、移動してもIPアドレスが変化しないようにすべての基地局を同一のIPネットワークに収容するか、アドレスの変化に対応したMobile IPなどのプロトコルを使用する必要がある。現段階では全ユーザにMobile IPの使用を強制することは困難であるため、今回はすべての基地局を同一サブネットに収容するように基地局までの有線LANの配線を行った。

### ●スイッチングハブ

複数の基地局を同一サブネットに接続するために、スイッチングハブまたはハブが必要である。スイッチングハブは透過的にトラフィックを分離することができる非常に有用な装置であるが、端末がどのポートの先に接続されているかを判断するために、最初に端末からのパケット送信を必要とする。イーサネットの場合は物理的に接続した後、まず何らかのパケットを送出するのが通例のため特に問題は生じないが、無線LANの場合はユーザが意識しない状態で基地局が切り替わることがある。切り替わった先の基地局がスイッチングハブの別のポートに接続されていると、しばらくの間外部からのパケットが基地局まで到達しないという問題が生じる。この問題を避けるため、今回はすべての基地局をスイッチング機能を持たないハブに接続した。

### ●チャンネル割り当て

今回主に利用したのはIEEE802.11b DS (Direct Sequence) 方式の無線LANであり、規格上利用できる帯域は1～14chまでである。実際には各チャンネルは中心周波数を示し、5MHz間隔で定義されている (14chのみ8MHz離れている)。一方各チャンネルの占有帯域は約20MHzであるため、隣接基地局では1chと5chのように間をあけて配置する必要がある (図-2)。

実際には製品によって対応するチャンネルに差異がある。特に従来の2Mbps製品はすべて14chのみの対応であるのに対し、11Mbps対応製品の中には14chが使用できないものも存在する。これらは原理的に相互通信は不可能であるため、今回は14ch対応基地局を1台のみ

用意し、2Mbps製品は1カ所限定でのサービスとした。

#### ● ESSID

IEEE802.11の規格ではESSIDというグループIDが定められており、端末が接続先の基地局を選択する際に用いる。同一サブネットに接続された基地局はすべて同一のESSIDを設定するのが基本である。ところが最近の廉価な基地局の中にはローミング対応をうたっているにもかかわらずESSIDに固定文字列を含む機種がある。今回はやむを得ずESSIDの統一は断念し、端末側にESSIDが何であっても受け付ける機能がある場合は、これを利用してもらうことにした。

#### ■セキュリティの検討

無線LANは物理的な接続が不要で非常に便利なメディアであるが、半面電波が届く範囲であれば無関係な人でも利用できてしまう。状況によっては隣の家やオフィスからも接続できる可能性があるということである。無線LAN製品には不正使用を防ぐための方法がいくつか提供されているが、その有効性について検証してみた。

#### ● ESSIDによる制限

無線LAN製品の中にはESSIDを知らなければ安全であるかのように記述してあるものもあるが、今回ESSIDを特に知らせずに多くのユーザが利用可能だったことから、これは明らかに誤りである。

また、Lucent社のWavePOINT-IIにはclosed modeというESSIDを設定しない接続を禁止する設定があったが、少なくともNetBSD上で動作するWaveLAN以外の一部のカードからは接続可能であった。

#### ● MACアドレスによる制限

接続できるMACアドレスを制限する機能はほとんどのアクセスポイントにある。しかし、たとえばNetBSDのドライバで通信中の無線パケットを表示し、あとで許可されたMACアドレスを設定することで、当然ではあるが利用できてしまった。

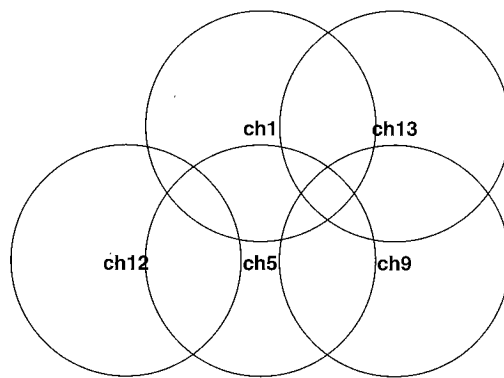


図-2 隣接基地局のチャネル設定例

#### ● WEPによる制限

WEP (Wired Equivalent Privacy) は不正使用を防ぐために規定されたIEEE802.11専用の暗号方式である。暗号アルゴリズムとしてRSA社のRC4を用いる。WEPを使用した場合は、その鍵を知らない限り盗聴および接続は不可能であった。ただし全ユーザに同じ鍵を設定してもらうため、接続できるユーザにとっては通信内容を盗聴するのは容易であり、通信内容を秘匿するためにはさらに他の暗号化が必要であることは有線のイーサネットと同様である。

#### ■無線LAN環境構築の課題

無線は目に見えないだけにトラブルが発生した場合の調査は困難である。今回もネットワークに接続されていない基地局の電源が入っていたため、一部の端末がその基地局に接続してしまい、結果として通信できないという事態が発生した。無指向性アンテナの無線LANで電波強度だけを頼りに問題の基地局を探すしかなかった。

他にも隣接基地局で同一のチャネルを使ってしまうたり、FH方式との干渉などパフォーマンスの劣化やサービスエリアの縮小としかみえないトラブルもあり、これらは問題が発生していることを検知するのも困難である。今後無線LANが普及するにつれ大きな問題になることが予想されるため、次回の合宿では干渉の具体的な影響についても調査を行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 新規配線なしのSOHOワイヤリング, 日経コミュニケーション, No.299, pp.78-95, 2 (Aug. 1999).
- 2) IEEE: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications (1997).
- 3) vDSL Modem: [http://www.orckit.com/orckit\\_products.html](http://www.orckit.com/orckit_products.html)
- 4) LR-3050: <http://www.fujitsu.co.jp/hypertext/Products/telcom/lan/lrx3050.html>  
(平成12年7月25日受付)