

解説



無線 LAN

1. 無線 LAN の必要性と展望†

松 下 温 竹 重 野 寛 竹

1. オフィス環境と無線 LAN の必要性

1970年代後半に登場した LAN (Local Area Network)¹⁾は、OA (Office Automation) や FA (Factory Automation) の流れとともに急速に普及してきた。数 Mbps 程度の速度のデータ伝送実験から始まった LAN は、今や数 Gbps の速度の製品を生み出すにいたり、ますます高速化、高機能化している。企業においては SIS (Strategic Information System: 戦略情報システム) が叫ばれ、WAN (Wide Area Network: 広域ネットワーク) と同様に LAN が大きな技術要素となっている。今や LAN は単なる通信手段ではなく、計算機環境に欠くことのできない基本的な資源である。

1.1 オフィスにおける現状と有線 LAN の問題点

オフィスにおけるパーソナル・コンピュータ (以下 PC) の普及率は、米国では平均的にみて 2 人に 1 台、日本では 10 人に 1 台程度といわれている。まだまだ米国に比べて見劣りしているが、PC やワークステーション (以下 WS) の高性能化、低価格化により、1 人 1 台に向かって急速に普及が進んできている。

これらの PC の LAN への接続率は米国では 40%~50% であるのに対して、日本では 10% 程度である。LAN という WS 以上のクラスの計算機のためのものと考えがちだが、本格的なネットワーク OS や標準でネットワーク機能を提供する新しい OS の出現により、最近では特に PC の LAN への接続率の増加が注目されている。PC からなら LAN (一般に PC-LAN と呼称

されている) により、ファイルを共有したり、電子メールを利用することはもはや特殊な利用法ではなくなっている。また、高性能な WS をデータベース・サーバやファイル・サーバとし、PC をフロントエンドとしてクライアント・サーバ・コンピューティング環境を構築する例も増えてきている。

LAN に接続される機器は急速に増え、また、来るマルチメディア通信時代を見越して光ファイバを伝送媒体とした FDDI (Fiber Distributed Data Interface) など、高速かつ高性能な LAN が登場してきている。しかし、LAN を実際に敷設、運用するユーザにはいまだに以下のような不満が残されている²⁾。

(1) ケーブリングの問題

有線 LAN の第一の問題点はケーブリングである。LAN 敷設前のケーブリング計画の困難さ、煩雑な敷設・保守作業、接続機器のレイアウトや移設の自由度の低さ、そのコストといったケーブルの存在そのものに起因する問題が LAN の普及を阻害する要因となっている。特に LAN ケーブルから接続機器までのわずかな距離の接続の煩雑さは、“Last 20 m Connectivity (最後に残った 20m の接続性)” などと象徴的に表現されている。

ケーブリングの負担を少しでも減らそうと、取扱いの容易なより対線を使用する LAN が普及してきている。また、オフィスの側でもフリーアクセス床を使用するなどして、あらかじめケーブリングのスペースを確保する方向にあるようである。しかし、ニューオフィス推進協議会の調べ³⁾によると、ケーブリングの方法として、フロアダクトおよびそれに準ずる方式が 69% で、アンダカーペット、フリーアクセス床はまだ少ない。

すなわち、オフィスの現状を要約すると

- 机の下にまとめられた OA 機器の電源コード

† A View for Necessity of Wireless LAN by Yutaka MATSUSHITA and Hiroshi SHIGENO (Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Science and Technology, Keio University).

竹 慶應義塾大学理工学部計測工学科

• オフィスの床をくもの巣のように張りめぐらされた配線

• その配線の間をすりぬけて働くオフィスワーカー

という様子が浮かび上がってくる。

(2) 携帯型・移動型機器の接続の問題

最近、ラップトップ型、ノートブック型、パームトップ型など持ち運び可能な小型の計算機の普及が進んでいる。有線 LAN では、これらの計算機の携帯性や機動性を損なうことなく、簡単に LAN に接続することは難しい。これらの、小型の計算機の中には性能的にデスクトップ機に対して遜色のないものも少なくないにも関わらず、ことネットワーク化という観点からは取り残されているのが現状である。ネットワーク・アプリケーションが増えてきた現在、この問題を早急に解決することが望まれている。

計算機ネットワークにおける移動通信はまだまだ一般的とはいえないが、通信分野全般で叫ばれているパーソナル化（コンシューマ化）と密接に関係があると考えられる。パーソナル化は人と人を直接結び付ける通信を目指すことを意味する。真の意味で「いつでもどこでもだれとでも」通信することを実現するためには、個人個人が容易に身につけられるように十分に小型で安価な通信装置とともに、ケーブルなど移動を妨げる要素を極力排除することが求められる。

1.2 無線 LAN への期待

このような状況の中で、非常に期待されているのが無線を使用した通信手段である。

構内無線 PBX や家庭用ワイヤレス電話の普及、自動車電話や携帯電話の人気を考えれば無線システムがいかに注目を集めているかが理解できよう。ここに至って、今まであまり関係ないように思われてきた「LAN」と「無線」という技術が会うわけである。

無線 LAN (Wireless LAN)^{4)~6)}の歴史は比較的新しく、今のところ統一的な定義や事実上の標準といったものは存在していない。有線 LAN と同様に広義には回線交換型の音声

通信系を含める向きもあるが、ここではデータ伝送系に的を絞る、

「伝送媒体に無線を使用することで、既存の有線 LAN を代替/補完したり、今まで使用できなかった分野（場所、構内移動体への適用など）で機能する LAN」

と定義することにする。

無線 LAN の製品化は米国が先行したが⁷⁾、現在では日本国内で利用できる製品も少なくない^{2),3,4)}。また、国際標準としては IEEE 802.11 Wireless LAN Working Group で、日本国内では、(財)電波システム開発センター（以下 RCR）の無線 LAN 開発部会や(財)ニューメディア開発協会の無線 LAN システム検討委員会などを中心に標準活動^{8~10)}も活発に行われている。

まだ歴史の浅い無線 LAN ではあるが、無線 LAN の利点^{4),5),11)}として考えられることを以下のようにまとめることができる（図-1）。

1. ケーブリングからの解放
2. 迅速なインストール/一時的な LAN の敷設
3. 接続機器のレイアウト・再レイアウトの自由度の拡大
4. 接続機器の移動性の確保
5. 長期的なコストの低減

以上にあげた無線 LAN の利点から、無線 LAN には次の二つの方向⁵⁾があるといえる。

• 有線 LAN の代替としての無線 LAN
有線 LAN をメディアレベルで無線媒体に置き換

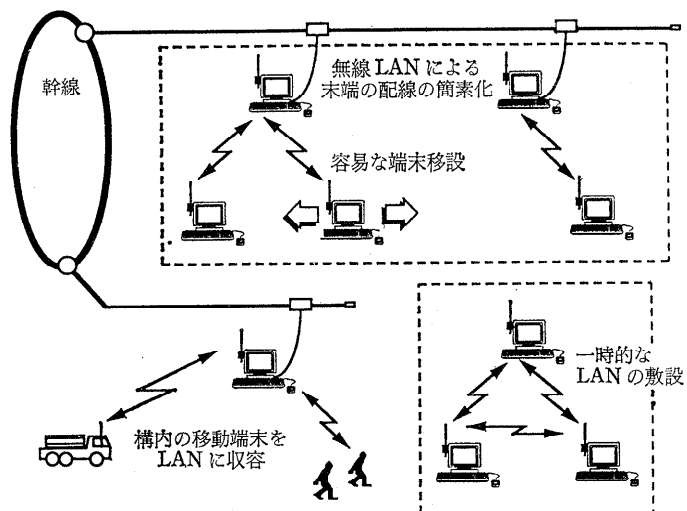


図-1 無線 LAN の利点

えることで、ケーブルングの問題を解決する。敷設、保守、拡張、移設、その他の変更に対して自由度を飛躍的に拡大させようという方向

●まったく新しい分野を開拓する無線 LAN
無線媒体を利用することで、接続機器の携帯性や移動性を積極的に生かしたシステムを構築し、今まで使用できなかった領域での LAN の運用や新しい利用法を探る方向

前者のアプローチでは、IEEE 802.3 (Ethernet) や IEEE 802.5 (Token Ring) などと同等かそれ以上の性能 (伝送速度など) を有し、ISO/OSI 参照モデルの二層と三層のインタフェースが既存の有線 LAN と互換性を有することが求められる。ブリッジなどを介して有線系バックボーンと有機的に接続することで、アドレス制御によるトラフィック軽減や障害時のルーティングなどに対しても効果があると考えられる。

後者のアプローチでは、取扱いの容易さや機器の大きさ、消費電力なども問題になる。このためには、LAN そのものの性能は有線 LAN より劣るものになるかもしれないが、できるかぎり有線 LAN 上のアプリケーションが使用できることが望まれる。さらに、携帯性や移動性を利用した新しいアプリケーションの登場がこの分野を大きく成長させると思われる。たとえば、ハンドヘルド・コンピュータをサーバ群 (データベースや電子メールなど) と無線 LAN を介してネットワーク化することによって、パーソナル・コミュニケーション・システムの実現や、音声系無線システムやページング・システム (ポケット・ベル) との統合によるポータブル・ターミナルの実現が期待される。

2. 無線 LAN のシステム化技術

無線 LAN は高速無線データ通信技術と有線 LAN および計算機ネットワークの protocols 技術の両分野に立脚しているため、双方の研究者や開発者にとっては、やや難解なものとなっているようである。

当初、無線 LAN は有線ケーブルを単に無線化すれば実現できると考えられていた節がある。しかし、実際には無線通信にとってはむしろ劣悪な環境である屋

内において、数 Mbps~数十 Mbps という高速な無線データ通信を実現するのは容易なことではない。また、有線に比べ低い伝送品質、通信に関与する機器が動的に代わり得る、ある通信が必ずしもすべての機器に到達するわけではないなど、有線 LAN のプロトコルを考える上での前提とは異なる面も少なくない。このためアクセス制御などのプロトコルも有線 LAN と同じプロトコルを適用することは現実的ではない。

本章では、無線 LAN の一般的な構成について述べ、基本的なシステム化技術^{12)~14)}について概説する。

2.1 無線 LAN の構成と機能的な要求条件

ここでは、無線 LAN のシステム構成⁶⁾について、IEEE 802.11 WG での検討^{15), 16)}にできるかぎり沿って解説する。無線 LAN のシステム構成のイメージを図-2 に示し、各要素について以下で述べる。

(1) ステーション

無線 LAN に接続され互いに通信する装置を、有線 LAN と同じようにステーション (station) と呼ぶことにする。無線 LAN では、ステーションの移動の度合いから固定ステーション、半固定ステーション、移動ステーションの 3 種類に分類される¹⁶⁾。無線 LAN で最も特徴的なのは、ステーションの位置が変わり得る半固定ステーションと、常に移動している移動ステーションのサポートが考慮されている点にある。典型的なステーションの移動速度は、人の歩く速度 (2 m/sec

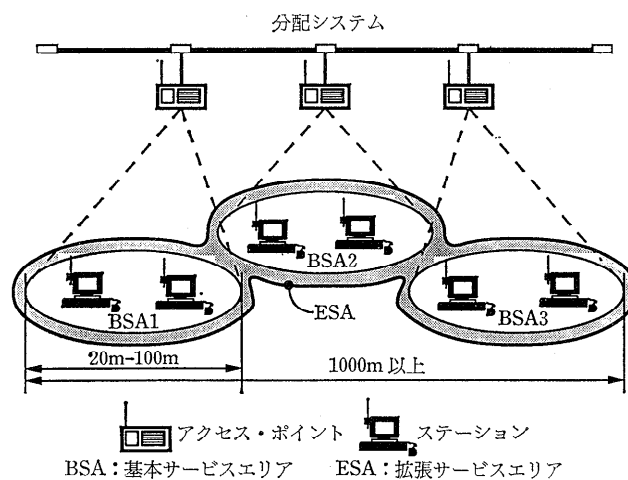


図-2 無線 LAN のシステムイメージ

以下)と搬送車の速度(10 m/sec 以下)である。

(2) 無線媒体

無線 LAN で使用される伝送媒体を無線媒体(WM: Wireless Medium)¹⁵⁾と呼ぶ。その無線媒体を使用して十分な伝送速度を確保し、しかも、無線 LAN の典型的な使用環境である屋内でも安定した通信を実現できなければならない。

無線媒体の周波数帯としては、準マイクロ波帯電波(1 GHz~3 GHz)、準ミリ波帯電波(10 GHz~30 GHz)、ミリ波帯電波(60 GHz 帯近辺)、赤外線などが有望であると考えられている^{2),12)}。実際には、無線媒体については、周波数帯と適用される伝送技術との組合せで検討する必要がある。

電波については、その使用方法(周波数帯、変調方式、出力など)が電波法によって規定されている。利用分野によっては国際的に協調して電波を割り当てている場合もあるが、国ごとに無線システムで使用できる周波数帯は微妙に異なる。現在、日本において使用できる無線媒体とその特徴^{2),13)}について表-1に示す。

(3) 基本サービスエリア

サービスエリアの最も基本的な単位を基本サービスエリア(BSA: Basic Service Area)¹⁵⁾と呼ぶ。BSA は無線媒体の到達距離(通信範囲の限界)から生じた概念であり、その意味ではゾーンやセルといった概念に似ている。有線 LAN の枠組みからいえば、一本のケーブルで接続された LAN、すなわち、LAN セグメントに相当する。

典型的な BSA の大きさは、同じ BSA 内の最遠端のステーション間で 100 m 以下程度であると考えられる。一般に伝送速度が速い(10 Mbps 以上)場合には、20 m 以上の大きさを確保するの

は、技術的にかなりの工夫を要する。

(4) 拡張サービスエリア(ESA)と分配システム

オフィスビルでフロア全体で、あるいは工場や倉庫などで無線 LAN を運用するためには、BSA より広いサービスエリアが必要となることが考えられる。サービスエリアは、一つ以上の BSA を分配システム(DS: Distribution System)¹⁵⁾で接続することで拡張することができる。この BSA と分配システムによって拡張されたサービスエリアを拡張サービスエリア(ESA: Extended Service Area)¹⁵⁾と呼ぶ。典型的な ESA は、1000 m 程度(あるいはそれ以上)の大きさであるといわれている。

ESA では、その ESA を構成する各 BSA ごとに、アクセス・ポイント(AP: Access Point)¹⁵⁾が設けられる。アクセス・ポイントは、BSA と分配システムを接続するためのブリッジに相当する機能をもつと同時に、BSA の地理上の位置を規定する点であると考えられる。

なお、無線 LAN でのインフラストラクチャとは分配システムとアクセス・ポイントを示す。

2.2 フェージング対策技術

有線通信において、信号はケーブルという一本の伝送路の中を伝搬する。しかし、無線通信では、アンテナから送信された信号はその方向によってさまざまな経路を通過して受信点に到着する。このような伝搬環境をマルチパス環境と呼ぶ。実際、屋内には壁、家具、人など、実に多くの障害物が存在し、電波の伝搬経路も非常に複雑なものとなる。マルチパス環境では、通過する経路長、強度、位相が異なる複数の波が受信点で合

表-1 日本において使用できる無線媒体

	2.4 GHz 帯 +SS	19 GHz 帯 +狭帯域変調	赤外線	
			ビーム方式	拡散方式
速度	≤2 Mbps	≤10 Mbps	≤50 Mbps	≤1 Mbps
コスト	中	高	中	安
移動体への適性	◎	○	×	△
通信範囲	広い	中	見通し遠距離可	狭い
ライセンス	不要	要	不要	不要
備考	伝搬上有利 高速は周波数 割当て上困難	高速可 伝搬上は不利	要見通し 高速可	見通し不要 高速は不可

*ただし、速度などは送信出力や伝送距離に依存

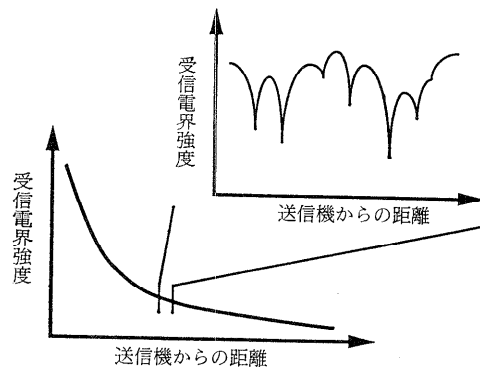


図-3 マルチパス・フェージング

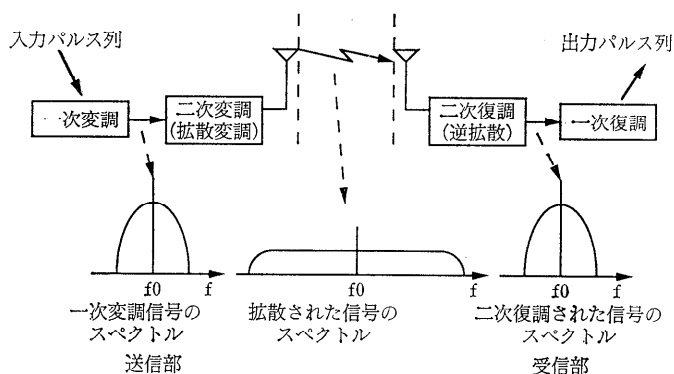


図-4 スペクトル拡散通信

成されるため、送信器と受信器の微妙な位置関係で受信電界強度は複雑に、しかも大きく変動する(図-3)。また、受信点で合成される信号の時間差により、変形された波形が受信される。このようなマルチパスによって生じる電界強度の変動や落ち込みなどの信号品質の劣化をフェージングと呼ぶ。マルチパス・フェージングでは、干渉波による受信強度の落ち込みと遅延波による波形歪が問題となる。

代表的なフェージング対策技術^{4),17),18)}について以下で述べる。

2.2.1 スペクトル拡散通信

通常の無線通信では、ある特定の限られた周波数帯域を使用して信号を伝送する。これに対して、信号を遥かに広い帯域を利用し、ある周波数を見るとほとんど雑音と呼べるくらいの低い出力で通信する方法がある。このような通信方法をスペクトル拡張通信 (Spread Spectrum Communication, 以下 SS)¹⁹⁾と呼ぶ。SS では、狭帯域変調(一次変調)された信号を、さらに拡散変調(二次変調)することにより、スペクトルを意図的に広げて伝送する(図-4)。拡散されたスペクトルは、もとの狭帯域変調信号に比べ冗長度が高く、多少の雑音やフェージングによるスペクトルの欠損が生じて、高い通信品質を確保することができる。

直接拡散 (DS: Direct Sequence) 方式では、情報を符号化した入力パルスよりも遥かに高速な雑音状のパルス列 (PN 系列) を用いて二次変調(拡散)する。受信側では、受信した信号に対して、送信側とまったく同じタイミングで同一の PN 系列を乗算する(二次復調)。このとき、送信側で PN 系列を乗算された信号はもとの狭帯域

変調信号に戻される。この過程を逆拡散と呼ぶ。伝搬路や回路内の信号に加算された雑音は、ここで初めて PN 系列を乗算されるので、雑音は二次復調の過程で拡散されることになる。すなわち、逆拡散の過程でゲインを稼ぐことができ(処理利得)、SN 比が向上する。

逆拡散された信号は、送信側での一次変調された信号とほぼ等しいので、最後に通常の復調(一次復調)

を行う。

周波数ホッピング (FH: Frequency Hopping) 方式は、通常の狭帯域変調信号の搬送波の周波数を次々に切り替えて送信する方式である。

2.2.2 ダイバシティ技術

マルチパス環境においては、受信アンテナ位置をわずかに(1/4~1/3 波長程度)変えただけで、受信電界強度が大きく変動する。そこで、複数のアンテナからの受信信号のなかで、比較的受信品質の良いものを選択したり、あるいはこれらの信号を合成したりすることにより、マルチパス・フェージングによる極端な受信電界強度の低下を防ぐことができる。

このように、互いに相関の低い複数の信号を利用して、通信品質を改善する技術をダイバシティ技術^{17),18)}と呼ぶ。上の例では、空間的に別の場所で受信された信号を利用するため、空間ダイバシティと呼ばれる(図-5)。このほかに、複数の周波数のなかで通信品質の良いものを使用する周波数ダイバシティや、伝送路の状態の良いときを利用して通信する時間ダイバシティなどがある。無線 LAN では、複数のアンテナを利用する空間ダイバシティが比較的多く用いられる。

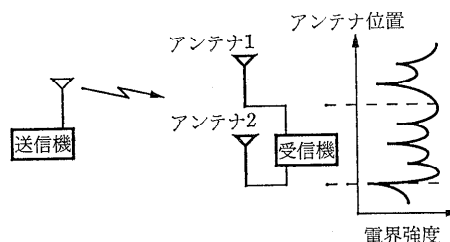


図-5 空間ダイバシティの例

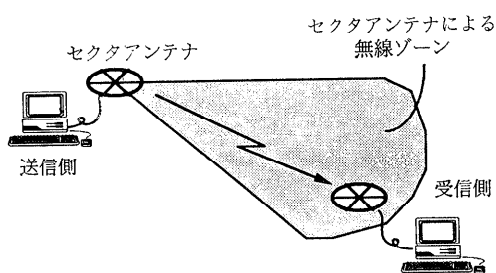


図-6 セクタアンテナ

2.2.3 指向性アンテナの利用

指向性アンテナの最も身近な例は、テレビ放送受信用のアンテナ（八木アンテナ）と衛星放送受信用のアンテナ（パラボラアンテナ）であろう。现阶段では指向性アンテナは大きさに問題があり、固定ポイント間の接続に使用されているのみである。通常の LAN を構成するには、受信先を狙ってアンテナを設置する必要があるため用途は固定ステーションに限定され、しかも取扱いに問題がある。

しかし、指向性アンテナによる受信では、ある方向からの電波を選択的に受信することで一種のダイバーシティを実現し、マルチパスの影響を低減することができる。また、送信に利用した場合は、必要な方向に無線ゾーンを形成できることから、周波数帯域を空間的に効率良く使用できるという利点がある。

このような利点を生かすために、たとえば60度の指向性を有するアンテナを6個円上に配置して360度カバーするような、セクタアンテナが実用化されている（図-6）。無線 LAN でもセクタアンテナを用いて送受信する製品例²⁰⁾がある。また、分散型の無線 LAN において、セクタアンテナを用いて送受信双方でアンテナ選択して使用することで、周波数の有効利用を図る方法も提案されている²¹⁾。

2.3 アクセス制御技術

LAN では情報をフレーム（正確には、MSDU: Mac layer Service Data Unit）と呼ばれる単位に分割して伝送する。このフレーム単位での伝送を担当するのが媒体アクセス制御副層（MAC: Medium Access Control）である。複数のステーション間で伝送媒体を共有するため、各ステーションがどのようなタイミングでフレームを伝送するかが問題となる。このアクセス制御方式（LAN

では MAC 方式などと呼ばれる）によって、LAN が特徴付けられるといっても過言ではない。

無線 LAN の MAC 方式として、パケット無線ネットワークや衛星通信の分野で研究されてきたアクセス制御方式²²⁾を基礎として非常に多くの選択肢がある。また、BSA の構成方法¹⁴⁾（分散型、集中型、ハイブリッド型）とも関連が深く、どのような方式を採用するかは議論のわかれるところである。無線 LAN の MAC 方式として、以下のような方式が考えられる^{12), 7)}。

- ランダムアクセス系の方式（CSMA とその改良型）
 - ポーリング方式
 - TDMA (Time Division Multiple Access) と予約方式をベースとした方式
 - CSMA 系の方式に予約方式を適用した方式

2.3.1 CSMA と CSMA/CA

アロハ方式²³⁾を源流として発展してきた方式で、フレーム送信のタイミングは、基本的に分散的に決定される。このため、フレームの衝突が発生するのが特徴である。

ランダムアクセス方式の代表格である CSMA (Carrier Sense Multiple Access)²⁴⁾方式では、各ステーションはチャンネル上のキャリアの有無を検知し、チャンネルが空いている（アイドル）ときにフレームを送信する。しかし、信号の伝搬遅延のため、ステーションがフレームの送信を開始してから、伝搬遅延時間の間はキャリアが検出されない。したがって、この間に他のステーションがフレーム送信を開始するとフレーム間で衝突が発生する。

CSMA 方式に送信中のフレーム衝突検出機能およびフレーム送信中断機能を付与した CSMA/CD (CSMA with Collision Detection) は IEEE 802.3 の MAC 方式として採用されている。フレーム衝突検出は信号の直流成分の増加を検出することで実現されるが、このままではダイナミックレンジの広い無線通信に適用することは困難である。

無線 LAN では、衝突検出のかわりになんらかの衝突回避機能を備えた CSMA 方式を CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance) と称して採用している製品が多く存在する。衝突回避機能として以下のような実現方法が考えられる。

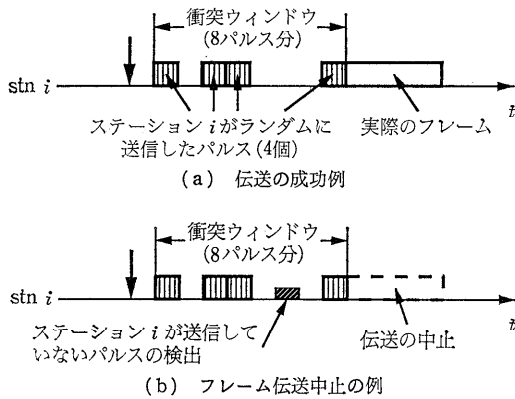


図-7 ランダムパルス送出 CSMA/CA

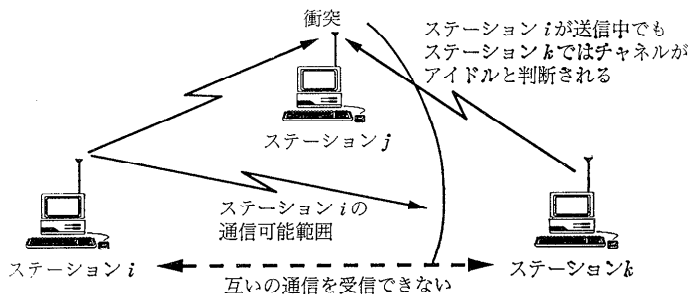


図-8 隠れ端末問題

- 優先順位により (あるいはランダムに) フレーム送信間隔や再送間隔に差を設ける
- チャンネルアイドル検出時の送信確率 (p -persistent CSMA における送信開始確率 p) をトラフィックの状況により変化させる
- フレーム送信前にランダムにパルスを送信し、パルスの送信の合間に他のステーションからのパルスを検出する (ランダムパルス送出 CSMA/CA 方式²⁶⁾, 図-7)

CSMA 方式ではキャリア検出によってすべてのステーションで通信の有無を判別できるという仮定に基づいている。しかし、ステーション間の距離が遠い、あるいは途中で電波伝搬上の障害物があるなどの理由で電波が到達せず、キャリア検出が機能しない場合、CSMA 方式の性能は大きく劣化することが報告されている^{26), 28)}。このように互いに“見えない”ステーションを隠れ端末 (hidden terminal) と呼ぶ (図-8)。

隠れ端末問題を考慮したランダムアクセス方式として、データチャンネルの使用中に中央ステーションがビジートーンを発し、このビジートーンの有無でデータチャンネルの使用状況を決定する

BTMA (Busy-Tone Multiple Access) 方式^{26), 27)}や CTMA (Channel-Tone Multiple Access) 方式²⁸⁾が提案されている。

2.3.2 ポーリング方式

集中局が子局にデータ伝送の有無を順次、尋ねる (ポーリング) 方式である。完全に集中局がチャンネルへのアクセスを管理するため、データパケットの衝突は発生しないが、低トラフィック時に遅延が大きく本格的な無線 LAN には適さない。比較的、ステーション数の少ない小規模な、低速度のデータ伝送システムでは多く用いられている。

2.3.3 TDMA 系の予約方式

予約方式は、フレーム伝送の予約を行うことで、実際のデータを伝送するデータフレームの衝突を防止する方式である。

予約およびその確認応答 (grant) は明示的に行う場合と暗示的に行う場合がある。

予約アロハ (Reservation ALOHA)²⁹⁾では、TDMA のスロットにスロット・アロハ方式でアクセスし、あるスロットのアクセスに成功した場合は、それ以降の TDMA フレームの同じ位置のスロットを続けて使用することができる。これはスロットへのアクセスの成功が次の TDMA フレームのスロットの予約を表す暗示的な予約の例である。

集中ステーションへ予約を伝送するスロットの区間、データを伝送するスロットの区間、集中ステーションから予約確認応答を伝送するスロットの区間、その他の制御情報を伝送するスロットの区間から TDMA フレームを構成し、データ伝送用のスロットを予約する方式 (図-9) の無線 LAN

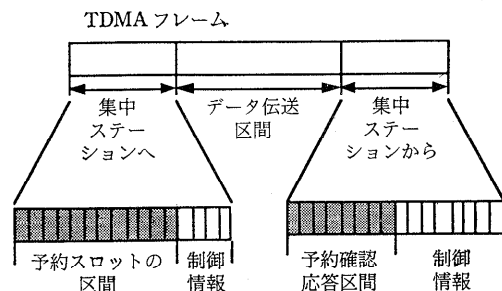


図-9 TDMA に予約を適用した例

への適用例が報告²⁰⁾されている。

2.3.4 CSMA 系の予約方式

CSMA 方式を基本とした対等分散型の予約方式も提案されている。この方式ではキャリア検知を行った上で予約フレームを送信し、予約フレームの伝送に成功した場合は受信先ステーションが予約確認応答フレームを送信元に返す。送信元では予約確認応答フレームを受信すると、データフレームを伝送することができる。予約フレーム伝送時に隠れ端末の影響を受けるが、予約確認応答フレームで受信先の周囲のステーションがフレーム送信を控えることでデータフレームの衝突は発生しない。

さらに発展させた方式として、受信側でビジートーンを送出する RI-BTMA 方式²⁷⁾をベースとして、これに予約のメカニズムを組み合わせ、さらに予約の過程でセンタアンテナのアンテナ選択を行う方式 (STMA/DA: Single Tone Multiple Access with Directional Antennas, 図-10)²¹⁾が提案されている。この方式は、受信側が送信するビジートーンに受信ステーションの周囲のステーションからの送信を抑制することにより、隠れ端末による性能劣化を排除する。さらにセクタアンテナを利用することで効果的な無線ゾーンを形成することにより、周波数の空間的な利用効率を高めることを狙っている。

また、IEEE 802.11 では、フレーム送信間隔を制御する CSMA/CA 方式により分散型で動作し、オプションで CSMA/CA 上で予約のメカニズム (これは RTS/CTS: Request To Send/Clear To Send と呼ばれる) を利用できる DFW-MAC

(Distributed Foundation Wireless MAC)³⁰⁾を基本として標準化を進めることが決定された。

3. 無線 LAN の動向

本章では、無線 LAN の動向として、標準化と製品化について述べる。

3.1 標準化

3.1.1 IEEE 802.11 における標準化活動

LAN の代表的な国際標準化機関といえば IEEE であり、有線 LAN の代表格である CSMA/CD (IEEE 802.3) やトークンリング (IEEE 802.5) といった標準もここでまとめられた。

無線 LAN に関しては、過去に IEEE 802.4 (Token Bus) WG, IEEE 802.3 WG でも無線化が検討された。しかし、802.3 や 802.4 の媒体アクセス制御方式は、無線化にはなじまず、期待したほどの進展はなかった。

こうしたなかで、1990年7月の総会で、IEEE 802.11 Wireless LAN WG の設立が承認され、本格的な無線 LAN の標準化作業が開始された⁹⁾。802.11 は、単に伝送媒体の検討を行う TAG (Technical Advisory Group) ではなく、媒体アクセス制御方式も含めた標準化案の作成を行う。このことは、802.11 が 802.3 などの有線 LAN と同じ位置付けで検討されていることを意味する。

802.11 の設立当初における作業目標 (PAR: Project Authorization Request)^{31), 9)}の概要を、表-2 に示す。

現在、802.11 では、すでに利用可能な ISM バンドを使用した短期解と 10 Mbps 以上の伝送速度を実現する長期解に分けて検討を進めている。

1993 年はじめにドラフトスタンダード¹⁵⁾がまとめられたが、この時点では多くの内容が空白として残されていた。標準化作業全体として、当初の予定から大きく遅れ、1994年1月時点では、ド

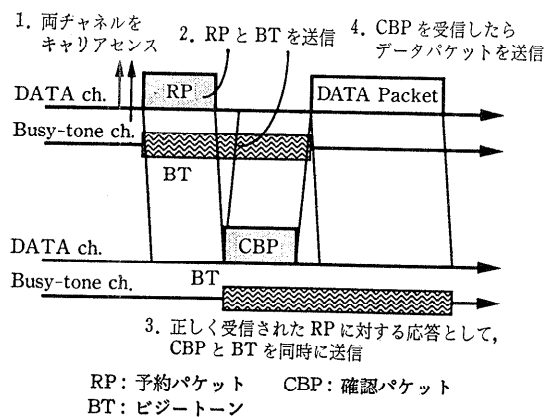


図-10 STMA/DA 方式

表-2 IEEE 802.11 の PAR の概要

PAR: Project Authorization Request より:	
・	パケット音声を含む 1~20 Mbps までのコネクショナル MAC サービスを電波によりサポート
・	ローカルエリア内の固定/ポータブル/移動体上のステーションを対象
・	環境は、オフィス、ビル群、店舗、工場、病院、住宅などの屋内および駐車場、キャンパス、ビルコンプレックス、プラント、飛行場などを想定
・	分配システムを含めた任意のステーション間での通信を実現
・	802.1/.2/.10 のすべての機能条件を満足
・	パケット棄却率 4×10^{-6}

ラフトスタンダードの完成を1995年7月、ISO IEC への提出は1996年3月を予定している³²⁾。

3.1.2 日本における標準化活動

日本においては、(財)電波システム開発センター(以下 RCR)の無線 LAN 開発部会や(財)ニューメディア開発協会の無線 LAN システム検討委員会などを中心にその実用化と標準化が検討された¹⁰⁾。

RCR の無線 LAN 開発部会は、1991年5月にスタートした。RCR の答申に基づいて1992年12月に省令が改正³³⁾され、2.4 GHz 帯と 19 GHz 帯が日本でも無線 LAN に使用できる運びとなった(表-1)。IEEE 802.11 同様に、2.4 GHz 帯を使用した中速無線 LAN (256 kbps~2 Mbps 程度)と 19 GHz 帯を使用した高速無線 LAN (10 Mbps 以上)に区分される。

3.2 製品化動向

米国では、ISM バンド (900 MHz 帯, 2.4 GHz 帯, 5.7 GHz 帯)のなかで、900 MHz 帯を中心に製品化が進んできた。ISM バンドを利用した製品は、2.4 GHz 帯への移行が始まっている。日本においては、ISM バンド (2.4 GHz 帯)が開放されて間もないことから、まだ、製品例が少ない。米国の製品を日本向けにローカライズした製品と国内メーカーによる製品がある^{2),34)}。今後、国内メーカーからの製品化が多く見込まれている。伝送速度は数 100 k~2 Mbps 程度が主流になりつつある。

ISM バンドを使用した代表例として、NCR 社の WaveLAN がある。WaveLAN は、ポータビリティを重視して開発されたものである。また、Ethernet との速度的にも代替となることを目指した製品として、Motorola 社の Altair (日本向け製品は Altair-J, 19 GHz 帯を使用)がある。

多くの製品では、既存の有線 LAN とソフトウェアの面で互換性がとれるように、既存の有線 LAN とインタフェースを共通化したり、標準的なネットワーク OS に対するドライバを提供するなどしている。また、有線 LAN との連携を考慮し、有線 LAN への中継器(ブリッジ)なども製品化され始めている。

ただし、無線 LAN の標準規格がまだ整備されていないため、異なるベンダの製品の間での相互接続は考慮されていないのが現状である。

4. 結 言

現在、無線 LAN のニーズとして最も高いのは、無線 LAN によるケーブルリングの問題の解決である。したがって、無線 LAN の開発目標のひとつは、有線 LAN としては最も普及が進んでいる IEEE 802.3 (Ethernet) と速度的にも互換性をもたせることである。しかし、有線 LAN はフロントエンドでも伝送速度 100 Mbps の時代に入ろうとしており、また、ケーブルリングも極力取扱の容易なものとなってきている。したがって、将来にわたって無線 LAN が有線 LAN と同等の性能を日指すことは、困難であろうし、また、その意義も薄い。

一方、ステーション移動のサポートや一時的なネットワークの構築といった、無線 LAN ならではの利用方法が今後ますます重要になってくると考えられる。たとえば、個人が携帯する小型計算機の間で、必要なときに必要な場所で、しかも任意のメンバーで、自由にネットワークを構築し、情報を交換するといったアプリケーションが考えられる。このようなアプリケーションは、これまでの紙と会話という最も再利用性の低い情報の伝達手段にかわって、情報の取得、加工、流通を一貫して行える環境を提供し、個人作業のシームレス化につながるとともに、新しいワークスタイルを生み出す可能性を秘めている。無線 LAN が切り拓く新しい分野は、最近さわがれているマルチメディア通信とともに、今後のパーソナル通信における大きな柱となってゆくことが期待されている。

参 考 文 献

- 1) 松下 温: 図解 インテリジェント LAN 入門, オーム社 (1989).
- 2) 財団法人ニューメディア開発協会: 平成3年度電子ネットワークに関する調査研究(5) 無線 LAN システム利用拡大に関する調査研究 (1992).
- 3) 財団法人ニューオフィス推進協議会: オフィス環境に関する調査研究 (1991).
- 4) 松下 温監修, 重野 寛著: ネットワーク・ユーザのための無線 LAN 技術講座, ソフト・リサーチ・センター (1994).
- 5) 財団法人ニューメディア開発協会: 平成2年度情報化未来都市システムの調査・開発 無線 LAN システムに関する調査研究報告書 (1991).
- 6) Shigeno, H., Arai, K., Yokoyama, T. and Matsushita, Y.: A Hybrid Indoor Radio Net-

- work with Radio and Wire—Radio Propagation Measurements and Performance Evaluation in a Rayleigh Channel—, IEEE The 16th Conf. on Local Computer Networks, pp. 267-281 (Oct. 1991).
- 7) Ahmadi, H.: Tutorial 2: Wireless Local Networks, Tutorial Note, IEEE The 18th Conf. on Local Computer Networks (Sep. 1993).
 - 8) Hayes, V.: Standardization Efforts for Wireless LANs, IEEE Network Magazine, pp. 19-20 (Nov. 1991).
 - 9) 小林 浩, 矢幡明樹: 無線 LAN の標準化活動とその課題, Proc. of The Fourth KARUIZAWA Workshop on Circuits and Systems (Apr. 1991).
 - 10) 匠 健太: 無線 LAN に関する動向, 電子情報通信学会 第9回交換システム・情報ネットワーク研究ワークショップ 研究会資料, pp. 98-103 (Mar. 1993).
 - 11) Wireless LAN Requirements and Market Forecast, IEEE P 802.11/91-24.
 - 12) 重野 寛, 松下 温: 無線 LAN とプロトコル技術, 信学技報, SST 94-3 (Apr. 1994).
 - 13) 重野 寛: 無線 LAN の技術的課題, 電子情報通信学会 第9回交換システム・情報ネットワーク研究ワークショップ 研究会資料 (Mar. 1993).
 - 14) 小林 浩: 無線 LAN—システム化技術—, 電子情報通信学会春期大会併設セミナー, pp. 34-41 (1992).
 - 15) Draft Standard IEEE 802.11 Wireless LAN, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE P 802.11-93/20 (1993).
 - 16) Biba, K. editor: Wireless Local Area Network Requirements Version 1.0, IEEE 802.11-92/1.
 - 17) 三瓶政一: フェージング対策, 電子情報通信学会誌, Vol. 73, No. 8, pp. 829-835 (Aug. 1990).
 - 18) 塚本勝俊, 原 晋介, 森永規彦: 屋内無線通信, 電子情報通信学会誌, Vol. 76, No. 8, pp. 869-872 (Aug. 1993).
 - 19) 横山光男: スペクトル拡散通信システム, 科学技術出版社 (1988).
 - 20) Buchholz, D., Odlyzko, P., Taylor, M. and White, R.: Wireless In-Building Network Architecture and Protocols, IEEE Network Magazine, pp. 31-38 (1991-11).
 - 21) 大西祥浩, 西堀憲治, 大島 浩, 重野 寛, 横山光男, 松下 温: 指向性アンテナを利用した無線 LAN の提案, 情報処理学会第48回全国大会, pp. 1-283-pp. 1-284 (Mar. 1994).
 - 22) Li, V. O. K.: Multiple Access Communications Networks, IEEE Commun. Mag., Vol. 25, No. 6 (July 1987).
 - 23) Abramson, N.: The ALOHA System—Another Alternative for Computer Communications, AFIPS FJCC-70 (1975).
 - 24) Kleinock, L. and Tobagi, F. A.: Packet Switching in Radio Channels: Part I—Carrier Sense Multiple-Access Modes and Their Throughput-Delay Characteristics, IEEE Trans. on Commun., Vol. COM-23, No. 12, pp. 1400-1416 (Dec. 1975).
 - 25) 春山秀朗他: 高速無線 LAN におけるランダムパルス送出 CSMA/CA 方式の特性評価, 信学技報, IN 92-68 (1992-10).
 - 26) Tobagi, F. A. and Kleinrock: Paket Switching in Radio Channels: Part 2—the Hidden Terminal Problem in Carrier Sense Multiple-access and the Busytone Solution, IEEE Trans. on Commun., Vol. COM-23, No. 12, pp. 1417-1433 (Dec. 1975).
 - 27) Wu, Cheng-shong and Li, V. O. K.: Receiver-Initiated Busy-Tone Multiple Access in Packet Radio Networks, Computer Communication Review, Vol. 17, No. 5, pp. 336-342 (1987).
 - 28) 重野 寛, 大西祥浩, 横山光男, 松下 温: 隠れ端末問題を考慮した CTMA 方式の評価, 信学技報, SAT 92-18 (1992).
 - 29) Binder, R.: A Dynamic Packet Switching System for Satellite Broadcast Channels, Proc. ICC '75 (1975-6).
 - 30) Diepstraten, W., Ennis, G. and Belanger, P.: IEEE 802.11 Wireless Access Method and Physical Specifications: DFWMAC Distributed Foundation Wireless Medium Access Control, IEEE P 802.11-93/190 (1993).
 - 31) Wireless Access Method and Physical Layer Specifications, Proposal Completed and Improved PAR, IEEE P 802.11/90-19 (1990).
 - 32) Tentative Minutes of the IEEE P 802.11 Working Group, IEEE P 802.11-94/26.
 - 33) 官報 (号外第 194 号), 大蔵省印刷局 (平成 4 年 12 月 25 日).
 - 34) 重野 寛他: 無線 LAN の製品化事例, 情報処理, Vol. 35, No. 12, pp. 1112-1114 (Dec. 1994) (平成 6 年 5 月 10 日受付)



松下 温 (正会員)

1939 年生。1963 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。同年沖電気工業(株)入社。1968 年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス学科卒業。1989 年より慶應義塾大学理工学部計測工学科教授。工学博士。

マルチメディア通信および処理に関するコンピュータネットワーク、分散処理、グループウェア、ヒューマンインタフェースなどの研究に従事。著書「コンピュータ・ネットワーク」(培風館)、「コンピュータネットワーク入門」(オーム社)、「インテリジェント LAN 入門」(オーム社)、「人工知能の実際」(近代科学社)、「グループウェア入門」(オーム社) など多数。本会グループウェア研究会主査。電子情報通信学会マルチメディアインフラストラクチャ & サービス研究会委員長。電子情報通信学会、人工知能学会、IEEE、ACM、フェジィ学会各会員。



重野 寛 (正会員)

1968 年生。1990 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1992 年同大学院理工学研究科修士課程修了。現在同大学院理工学研究科後期博士課程在学中。工学修士。無線 LAN の構成法、無線 LAN の媒体アクセス制御方式、ステーション移動をサポートするプロトコルなどの研究に従事。著書「～ネットワーク・ユーザーのための～無線 LAN 技術講座」(ソフト・リサーチ・センター)。電子情報通信学会会員。