

## 5 T-2 屋内無線LANのための電波伝搬の測定

荒井 要、重野 寛、古賀 洋一郎、大平 千里、横山 光男、松下 温  
慶應義塾大学理工学部

### 1 はじめに

ローカルエリアネットワーク(LAN)の伝送媒体の一部に無線を使用するシステム(無線LANシステム)はIEEE802.11の設立等、国際的にもその実現が強く期待されている。

先に我々は、有線と無線の2層からなる屋内無線LANを提案し、そのシミュレーション結果を報告した[1]が、これは、無線に特有の現象(電波の壁による減衰、フェージング等)を考慮していなかった。無線LAN実現のためには実際の電波伝搬状況を知ることが不可欠であるが、一般に、建物の構造は複雑でこれを解析的に求めることは困難であり、実験によって伝搬特性を知る必要がある。

本稿では1.2GHz帯の無線機を用い、室内各地点の電界強度を測定すると同時に電界強度と無線チャンネルのビット誤り率との関係を測定することにより、無線LANに最適なステーションの配置について考察する。

### 2 屋内無線環境

#### 2.1 フェージング問題

屋内無線通信では、受信局周辺の部屋の形状やロッカー、机により反射、回折、散乱等を受けるため多重信号伝搬路が存在する。この複数の伝搬路による信号は互いに干渉しあい、マルチパスフェージングという現象を引き起こし、受信機が空間的に移動したときの信号強度変化に影響する。また壁やドアなどによる信号の妨害、減少によって起こるシャドウフェージングがある。特にマ

ルチパスはデジタル信号伝送に大きな影響を与え、これを解決するためにダイバーシチ方式や、アダプティブ・アレイ・アンテナを用いた各種の手法が取り入れられている。

#### 2.2 衝突問題

オフィスビルなどのビル内の電波伝搬は予測が困難で絶えず変化している。例えば、送信信号は壁を透過し、数m伝搬した後大きく減少するかと思えば、廊下を数十m以上伝搬した後でも受信に十分な強度であったりもする。それ故に、離れたところで同じチャンネルを使用する他のユーザからの無線データによる衝突は深刻な問題である。

### 3 実験の概要

測定場所として図1に示す複数の研究室と廊下(慶應義塾大学理工学部26棟2階)を使用した。それぞれの部屋には机や金属製のロッカーがあり、耐震壁と軽量鉄骨間仕切の二種類の壁がある。送信アンテナは床から約3mの位置に下向きに取り付けた。また、人の有無は測定者2人の他、たまに廊下を人が通過する程度である。実験の諸元を表1に示す。

#### 3.1 電界強度分布測定

まず、送信機を図1のAに置いて、全域を90~100cm間隔で受信電界強度の測定をした。次に、送信機をA、Bに置き、それぞれ図1の2つの線a-a'、b-b'を10cm毎に電界強度の測定をした。受信アンテナの高さは約1.2mにし、向きは常に送信機側に向くようにした。

#### 3.2 ビット誤り率測定

電界強度測定結果にもとづき、電界強度がおよそ60、70、80、90dBμV/mの位置でビット誤り率を

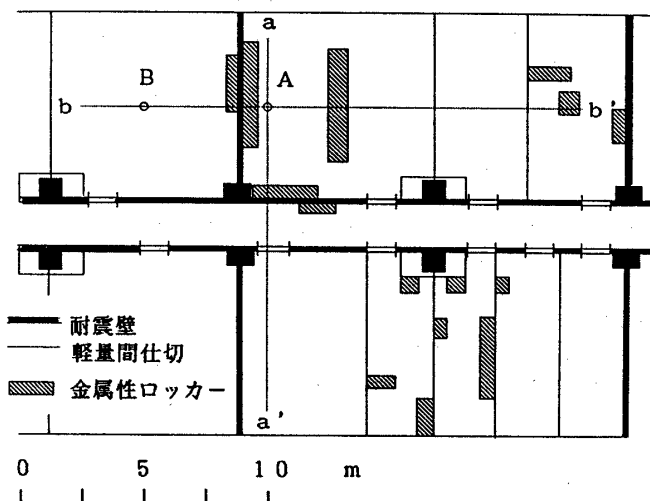


図1 測定場所

表1 実験諸元

送信周波数	1252.375MHz
送信出力	100mW
伝送速度	9600bps
変調方式	GMSK
受信方式	ダイバーシチ方式
送信アンテナ	マイクロストリップアンテナ
受信アンテナ	
電界強度測定	半波長ダイポールアンテナ
ビット誤り率測定	マイクロストリップアンテナ

Radio Propagation Measurement for Indoor Wireless LAN

Kaname Arai, Hiroshi Sgigeno, Yoichiro Koga, Chisato Ohira, Teruo Yokoyama, Yutaka Matsushita  
Keio University

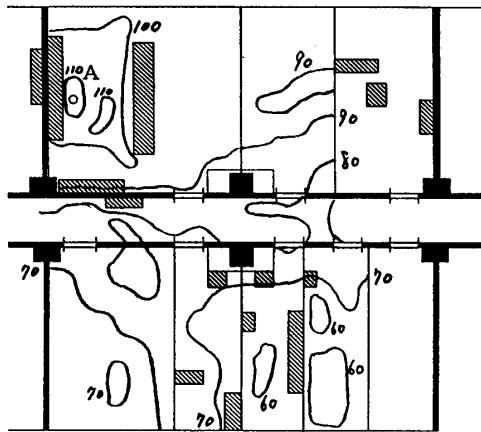


図2 電界強度分布

測定した。ここでは受信アンテナを床から約1.5mの位置に設置した。特に、電界強度が70dBμV/mの位置では4箇所の測定をした。データ伝送方法は、1パケットに目印(開始、終了、ID番号)と1000ビットのデータを入れ、無線通信路が妨害された回数もカウントできるようにして、10<sup>6</sup>ビット送信した。

4 実験結果及び検討

電界強度測定結果を図2、3に、また、電界強度とビット誤り率の相関関係測定結果を表2に示す。電界強度分布は10dBごとに示してあるが、送信機からの距離が離れるに従って受信強度が弱くなることに加え、二種類の壁による無線電波の透過損の違いがわかる。すなわち、軽量鉄骨間仕切の透過損はほとんど無いのに対して耐震壁による透過損はおよそ8dBである。また、ドアによる約1dBの減衰も確認された。しかし、図2からも分かるように例えば廊下の電界強度などはドア付近からの電波の透過によるものの方が大きいこともあるので正確な透過損であるとは断定しがたく、マルチパスによる誤差が大きいと思われる。金属製ロッカーの影響も見逃すことができず、特に送信機からみてロッカーの影になる部分の受信強度は落ち込んでいるのが確認できる。

電界強度とビット誤り率との相関関係は、表2からも分かるように電界強度が下がるにつれビット誤り率も多くなり、我々が目標としている10<sup>-4</sup>BER以下を保つためには、電界強度がおおよそ60dBμV/m以上なくてはならないことがいえる。それを考慮にいと、送

表2 電界強度とビット誤り率の関係

電界強度 (dBμV/m)	ビット誤り率	通信路切断回数
60	10 <sup>-3.0</sup>	59
70	10 <sup>-4.8</sup>	17
	10 <sup>-5.0</sup>	3
	10 <sup>-5.0</sup>	12
	10 <sup>-4.4</sup>	27
80	10 <sup>-6.0</sup>	0
90	0	0

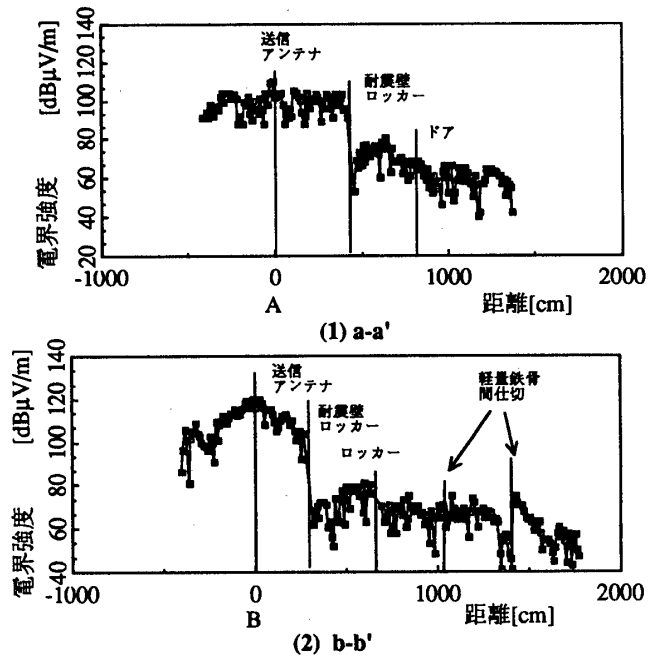


図3 電界強度-距離特性

信機と受信機の距離は15~20m以内であることが必要で、これは、目標とする半径30mのサービスエリアを確保するために不十分である。この問題は送受信アンテナを変える事によりある程度は改善されるが、壁の材質やロッカーの配置などに関してはそう簡単に配置替えをするわけにはいかず、結局のところ、システムを使うビルの構造、材質、部屋の中の机やロッカーの位置に応じた適切なサービスエリアを設定するのがよい。

また、無線通信路の切断は、人がドアを通過したときに多くみられたことから、主な通信経路がドアであったりする場合、特に、廊下をはさんで無線通信を行うことは通信成功率の点からも避けた方がよいであろう。

5 おわりに

本実験によって、壁やロッカーによる通信経路の制限、また、人による無線通信路の妨害などが無線通信に与える影響は無視できないことが示された。これにより、無線LANシステム構築時の基地局の最適な配置場所を決定するためには、その建物の構造、材質、人の有無を考慮にいれておく必要があることが明確となった。

さらに、以上の結果を利用することにより、現実の状況を反映したモデル化が可能となり、現在このモデルにもとづいたシミュレーション実験を行っている。

参考文献

- [1] 大平他: "既存のLANへの無線データ通信システムの収容方法", 情報処理学会研究報告 マルチメディア通信と分散処理 45-9(1990)
- [2] 山本他: "定振幅高能率直接変調方式による1.2GHz帯構内データ伝送システムの試作評価", 信学技報, CS86-132(1986)