

1.2 GHz 帯を使用した電波伝搬特性測定実験*

5M-3

田中 賢一郎 荒井 要 重野 真 陳 建和 横山 光男 松下 温†

慶應義塾大学‡

1 はじめに

LANを構築するにあたりその伝送媒体を無線化することは、IEEE 802.11の設立等、国際的にも強く実現が期待されている。

システムを実際に構築する場合には、電波伝搬特性を把握することが必要不可欠であるが、これを解析的に求めることは非常に困難である。そこで我々は、1.2GHz帯を使用して電界強度分布とビットエラー率の測定実験を行った[1]。その結果、ビットエラー率は、電界強度の影響も受けるが、それ以上に、システム周囲の環境が引き起こすマルチパスフェージング現象に大きく支配されていると考えらる。

2 実験の概略

実験は、自由空間、オフィス空間、中規模空間、廊下の4つの場所で、ビットエラー率と電界強度分布を測定した。

実験は次のような条件でおこなった。

- ・電界強度測定用のアンテナは1.5mの高さに固定した。
- ・ビットエラー測定用の受信機は端末の上(約1.5m)の高さに固定した。
- ・実験中の人通りはほとんどない程度であった。
- ・ビットエラー率測定は、 10^3 ビットの疑似ランダムパターンを発生し、それをパケットの形にして 10^3 個送信した。途中でパケット内のデータ数が誤った場合には、回線の瞬断が発生したとみなしパケットは破棄した。
- ・自由空間としては、慶應大学理工学部矢上校舎25棟屋上を使用した。送信器高は約1.5mであった。電界強度は縦2.5m×横3.0m毎に、誤り率は送信機から20m毎に測定した。
- ・オフィス空間としては、同大学26棟2階の教室(研究室)を使用した。送信機は天井(高さ約3m)に固定した。電界強度測定は、縦1m×横1m毎に、誤り率測定は送信機から1mおきに行った。
- ・中規模空間としては、同大学計測工学化実験棟を使用した。送信機は高さ約4.0mの木製の台に固定した。電界強度測定は、縦2.0m×横1.5m毎に、誤り率測定は適当に10箇所で行った。
- ・廊下は、同大学25, 26棟の廊下で行った。送信機は高さ1.5mの端末の上に固定した。電界強度測定は1m毎に、誤り率測定は送信機から20m毎に行った。
- ・送信機、受信機の諸元を表1に示す。

表1 送信機・受信機の諸元

送信周波数	1252.345MHz
送信出力	100mW
伝送速度	9600bps
変調方式	GMSK
受信方式	スペースダイバーシチ方式
送信アンテナ	マイクロストリップアンテナ
電界強度測定用 アンテナ	半波長ダイポールアンテナ

教室と実験室の上面図を図1、図2に示す。

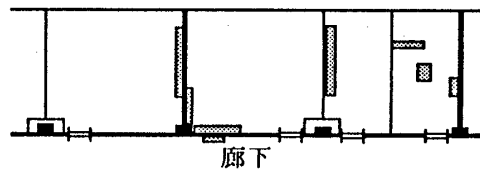


図1 研究室上面図

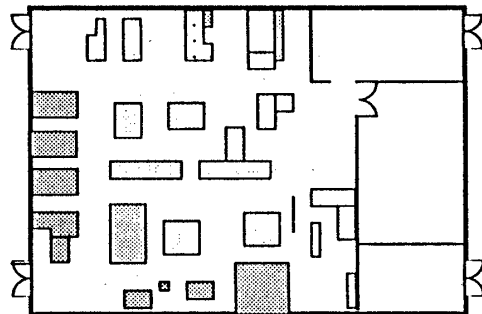


図2 実験室上面図

3 実験結果

距離と電界強度の関係を図3に示す。

これは横軸に距離、縦軸に電界強度の減衰の度合いをデシベルでプロットしたものである。

電界強度とビットエラーの関係を図4に示す。

*Radio Propagation Measurements at 1.2 GHz

†K. Tanaka, K. Arai, H. Shigeno, K. Chen, T. Yokoyama, Y. Matsushita

‡Keio University

4 考察

(電界強度と距離の関係について)

電界強度と距離の関係[2]は一般に次の法則に従うことが知られている。

$$G(r) \propto r^{-\alpha}$$

ここで G : 電界強度

r : 送信機からの距離

α : 定数 (場所により異なる)

ちなみに自由空間での α の理論値は2である。

図3より、廊下では $\alpha \approx 1.7$ となり、自由空間より伝搬しやすく導波管に近い特性を示していることが分かる。屋上では $\alpha \approx 2.2$ と多少大きいが理論値とほぼ等しい。研究室では $\alpha \approx 3.3$ と自由空間より減衰の度合いが激しいことが分かる。実験室では $\alpha \approx 2.0$ と自由空間とほぼ等しいことが分かる。

これらの結果より、オフィス空間での電界は距離の3乗に比例して減衰することがわかった。また実験室はほぼ自由空間と等しい結果だったが、これは壁による減衰を考慮していないためと思われる。もし、壁が間に入るなら研究室のように減衰の度合いは大きくなるはずである。

(電界強度とビットエラーの関係について)

結果から類推されることを表1に示す。

表2 実験結果とマルチパスの関係

場所	マルチパス		電界強度と誤り率の相関 ()内は相関係数
	パス数	遅延	
屋上	無し	無し	エラー無し (75dB μ V/m以上)
廊下	多	小	相関有り (-0.99)
研究室	多	小	相関有り (-0.96)
実験室	多	大	相関は非常に低い。

ここでパス数とは受信機に到着するパスの数であり、受信機近くの障害物の影響を受ける。遅延とは、受信機に到着するマルチパスが直接波に比べてどのくらい遅れるかというものである。この遅延時間が大きいとエラー率は致命的な影響を受けることが知られている。

全データでの、電界強度とビットエラー率の相関係数は(-0.24)と非常に小さいことが分かった。これによりエラー率は電界強度のみに支配されているのではないことが分かった。

結果を表2のように場合分けしてみると、ビットエラー率は、マルチパスの影響を強く受けていることがわかる。マルチパスの無い屋上では電界強度が低くてもエラーは検出されていない。それに比べ実験室は、実験機材が多いためマルチパスの数も多く、規模も大きいので到着時間差の大きいパスがあると考えられる。よって電界強度が大きくてもエラーが生じている。廊下と研究室は、マルチパスは存在するが、パスの行路差がそれほど無いために遅延時間差は小さい[3]。よってビットエラー率は屋上と実験室の中間程度となっている。

ここで、遅延時間があまり大きくない(廊下、研究室)では、ビットエラー率は電界強度と相関を持っていることが分かった。このようなところでエラー率 10^{-6} を確保するためには、電界強度が80dB μ V/m以上なければならないことが分かった。

5 まとめ

本稿において、いろいろな場所で電界強度とビットエラーを測定し、その関係を述べた。

その結果、ビットエラー率は先ず周囲の環境に支配され、その後は電界強度の影響を受けることが分かった。

参考文献

- [1]荒井 他, "無線/有線の2層構造をもつLANの性能評価", 第43回情報処理学会全国大会, pp. 1-151, 1991
- [2]Adel A. M. Saleh, Reinaldo A. Valenzuela, "A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation", IEEE Journal Vol. Sac-5, No. 2, February 1987
- [3]James E. Mitzlaff, "Radio Propagation and Anti-Multipath Techniques in the WIN Environment", IEEE Network Magazine, pp. 21-26, November 1991

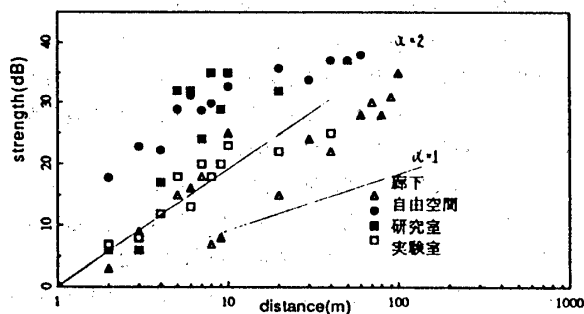


図3 距離と電界強度の関係

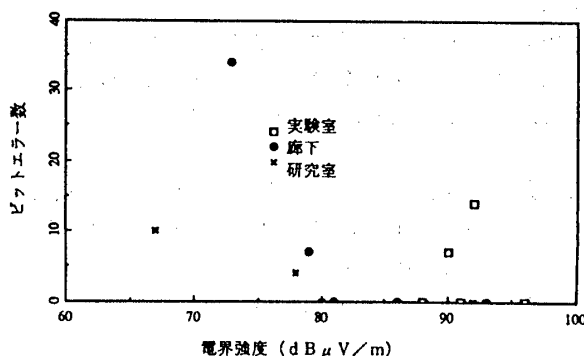


図4 電界強度とビットエラーの関係