

漏洩同軸ケーブル方式無線 LAN

Wireless LAN System Using Leaky Coaxial Cable

松下 尚弘

MATSUSHITA Naohiro

杉山 智則

SUGIYAMA Tomonori

柳沼 順

YAGINUMA Jun

東芝テック(株)は、ネットワークのブロードバンド化に伴い、普及が予想される IEEE802.11a(米国電気電子技術者協会規格 802.11a)及び 11g 規格の高速無線 LAN システムを商品ターゲットとし、従来型アンテナに代わって漏洩(ろうえい)同軸ケーブルによってアクセスポイントのアンテナを構成する新しい無線 LAN 方式を開発している。OFDM(直交周波数分割多重)の耐マルチパス特性と漏洩同軸ケーブル特有の電波伝播(でんぱ)特性を組み合わせることによって、障害物の多い室内環境でも安定した通信品質が得られるとともに、電波の到達範囲の制限も可能である。“モビリティとセキュリティ”の両立が求められるこれからの無線 LAN システムに適した方式として期待できる。

Toshiba TEC is developing a new wireless LAN system using leaky coaxial cable (LCX) as an antenna for the wireless access points. Our target products are broadband wireless LANs specified by IEEE802.11a and 11g. The LCX wireless LAN can maintain high quality of communications in an indoor environment where many obstacles exist. It can also limit the propagation range of radio waves transmitted by access points. These features are realized through the combination of the LCX's unique propagation characteristics and the anti-multipass characteristics of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM). The LCX wireless LAN is expected to be a system suitable for future wireless LANs that ensures both mobility and security.

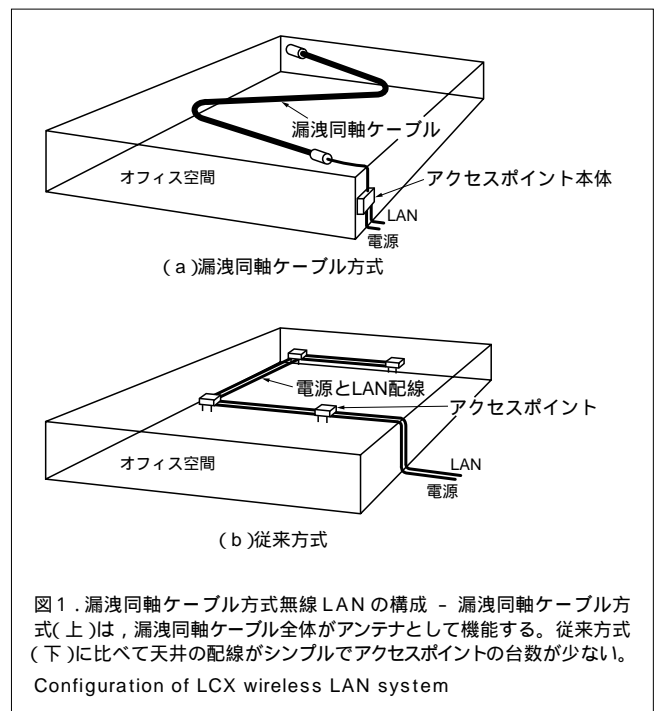
1 まえがき

現在、オフィスや店舗などで使われている無線 LAN のアクセスポイントは、本体の側面にホイップアンテナを付いたり、平面アンテナを内蔵するなどして、天井や壁面上部に設置されている。これに対して、漏洩同軸ケーブル方式無線 LAN は、天井裏や床下にアンテナとして機能する数十 m の漏洩同軸ケーブルを配線し、これをアクセスポイント本体に接続するという従来の無線 LAN にはなかった構成になっている(図 1)。

ここでは、現状の無線 LAN システムが抱える課題と、シミュレーションと実験で得た漏洩同軸ケーブル方式無線 LAN の有効性について述べる。

2 電波伝播の視点で見た無線 LAN の課題

無線 LAN の課題である“モビリティとセキュリティ”については、モバイル IP(Internet Protocol)技術、暗号化、認証技術といったネットワークの視点での対応が進んでいる。この課題を、もっとも物理的な電波伝播という視点から見ると、電波を無線 LAN 利用エリアの隅々までまんべんなく届けさせ、かつ、エリア外には漏らさない、という一見両立が難しい二つの具体的な課題としてとらえるこ



とができる。

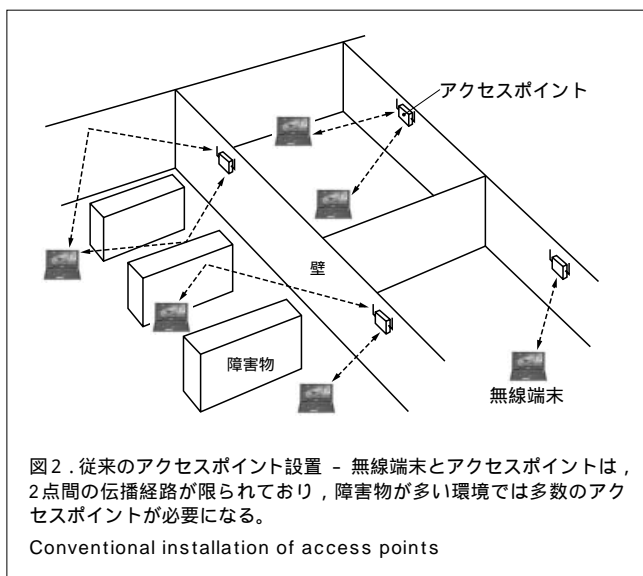
無線アクセスポイントと無線端末という点と点の関係の場合、壁や什器(じゅうき)などの障害物が多数ある屋内空間の隅々までまんべんなく電波を届かせるには、多数の

3 漏洩同軸ケーブルの構造

アクセスポイントを設置する必要がある(図2)。電波が届きにくい位置にある個室に専用のアクセスポイントを設置し、無線端末1台に対しアクセスポイントが1台といったケースもよくある。例えば、多くのテナントが通路沿いに並んだショッピングセンターなどでは、閉店後に各テナントは金属製のシャッターで通路側と隔離されてしまう。そのため、夜間にその日の業務データをホストコンピュータへ無線伝送しようとしても、フロア中央のアクセスポイントまで電波が届かず、各テナント内に1台ずつ専用のアクセスポイントを設置するといったケースがある。周波数が、2.4GHz帯から5GHz帯へと進むにつれてこのような傾向はいっそう顕著になる。

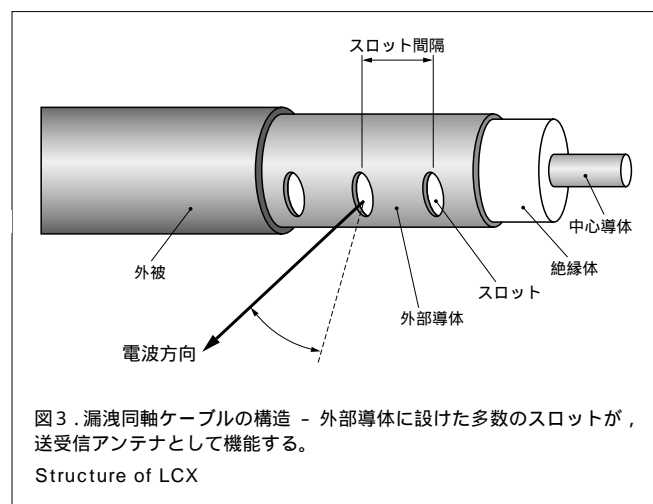
ユーザーから見れば、いかに小さい投資コストで目的の無線LANシステムを構築するかが重大な関心事であり、前記のような過酷な電波伝播環境においても、アクセスポイントをむずろさに増やすことなく、利用エリアを隅々まで確保する新しいソリューションが求められている。

一方、無線LANシステムから送信される電波には、アクセスポイントによるものと無線端末によるものがあるが、ネットワークへの不正アクセス防止という点では、アクセスポイントからの送信電波を必要以外のエリアへ漏らさないことがまず肝要である。また、通信情報の秘匿という点では、アクセスポイントだけでなく無線端末からの送信電波も必要以外のエリアへ到達させないことが望ましい。これらの実現手段としては、壁面への電波吸収ボードやガラス面へのフィルム材の使用、IEEE802.11h(欧州対応)で検討が進んでいるTPC(Transmit Power Control)の導入などが考えられるが、同時に、電波発信源であるアンテナそのものの特性によって電波到達範囲の制限を行うことが、通信容量確保という点からも有効である。



東芝テック(株)は、前記二つの課題の両方を達成するキーコンポーネントとして、漏洩同軸ケーブルに着目した。これは、新幹線などの鉄道無線、地下街の通路やトンネル内との無線連絡などに古くから使用され、高周波信号を送る同軸ケーブルでありながら、同時にケーブル全体がアンテナとして機能するものである。しかし、実用に供されているものは、いずれも数百MHz帯がほとんどであり、無線LANのように5GHz帯や2.4GHz帯といった高い周波数では前例がない。その理由として、周波数が高くなるにつれてケーブル内を高周波信号が伝わる際の伝送損失が大きくなることや、ケーブルから電波が放射される際のモードが複雑になり設計が難しくなることが挙げられる。また、そもそも無線LANというアプリケーションに、何十mという長さのケーブル状アンテナを使うという発想自体が飛躍したものであったと思われる。

漏洩同軸ケーブルは、図3のように通常のコアケーブルの外部導体部分にスロットと呼ばれる多数の小さい穴が設けられたものである。隣接する複数のスロットは相互に作用して送受信アンテナとして機能する。いわゆるスロットアレイアンテナに近い構造である。このスロットで電波を送受信する際の角度は主にスロット間隔と波長との相対的な関係で決まり、アンテナとして見たときの利得は、スロットから出る電波の強さを左右する結合損失という数値でほぼ決定する。また、前述の伝送損失は、ケーブルの太さにも依存するが、結合損失とトレードオフの関係にある。



4 漏洩同軸ケーブルの電波伝播特性

漏洩同軸ケーブルから出る電波には、漏洩波モードと表面波モードという二つの伝播モードがあり、一般に、遠方

まで電波を到達させるには漏洩モードを、近傍のみに制限する場合には表面波モードを用いる。漏洩モードはダイポールアンテナよりも距離に対する減衰率が小さい。これは、漏洩同軸ケーブルが線波源(厳密には連なった点波源)であるために、一点から球面状に放射される場合に比べて電力の拡散が緩やかなためと考えられる。しかし、漏洩同軸ケーブル自体は有限長であるから、距離が遠くなるにつれて観測点から見た漏洩同軸ケーブルは、しだいに線から点に見えるようになり、減衰率もしだいにダイポールアンテナの特性に近づく。

図4のように、漏洩モードの漏洩同軸ケーブルを天井に敷設すると、床面に近い場所でも漏洩同軸ケーブルのどこかの部分が無線端末から直視できるような位置関係を作り出せるため、電波の有効なパスを常に確保しやすくなる。ダイポールアンテナを白熱電球に、漏洩同軸ケーブルを長い棒状の蛍光灯に例えるならば、同じ40Wの電力でも、天井に1個設置した白熱電球よりも、長い蛍光灯の方が部屋の隅まで光が届きやすく影ができにくいと同じイメージである。

また、受信点での電界強度が安定するという効果も得られるのが漏洩同軸ケーブル方式の特長の一つである。図5は、人の往来があるオフィス内で、ホイップアンテナと漏洩同軸ケーブルからそれぞれ微弱電波を送信し、受信点における電界強度を1秒間隔で2,000回観測した例であるが、漏洩同軸ケーブルのほうが電界強度の偏差が小さく、受信状態が安定していることがわかる。これは、常に漏洩同軸ケーブルのどこかの部分と、無線端末との間に有効な電波のパスが確保されていたこと示している。

一方、表面波モードの漏洩同軸ケーブルは、利用エリアの中でも特に外周に近いエリアに配置することによって、

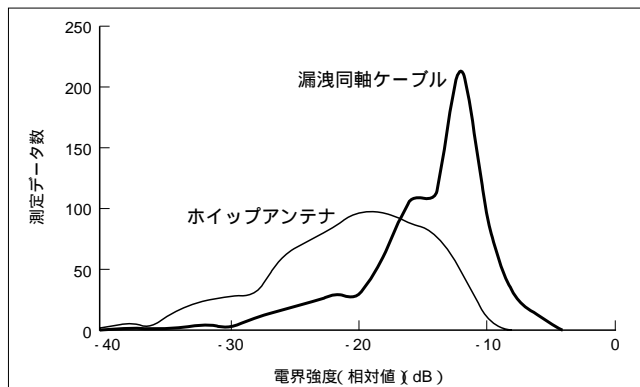
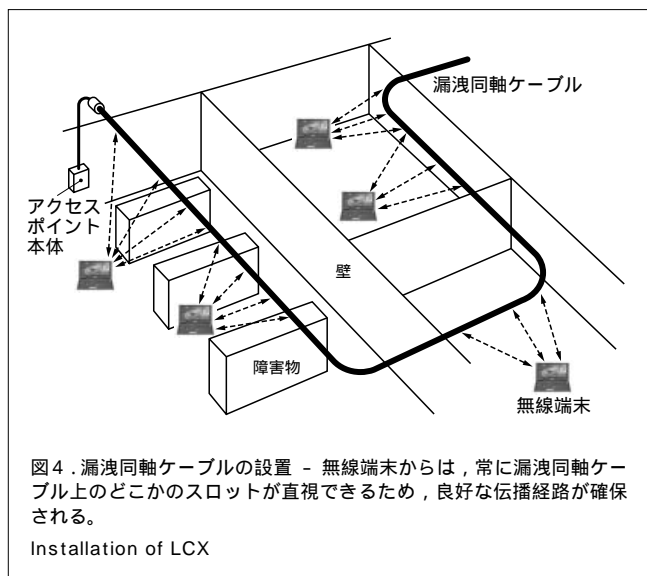


図5. 電界強度安定度の比較 - ホイップアンテナよりも漏洩同軸ケーブルからの送信波のほうが、無線端末の受信地点での電界強度変動が少なく、安定している。
Comparison of electric field strength stability

外部への電波の漏れを最小限に抑えることができる。こうすることによって、利用エリアの外側からはこの漏洩同軸ケーブルをアンテナとしているアクセスポイントにはアクセスできないことになる。

5 OFDM と漏洩同軸ケーブルの組合せ効果

これまで、漏洩同軸ケーブルが持つ線波源アンテナとしての特性が、無線LANの抱える課題の達成にどのように有効であるかを述べたが、ここでは、漏洩同軸ケーブルをIEEE802.11bではなく11aと11gの無線LANに適用する理由について述べる。

前述のように、漏洩同軸ケーブルには多数のスロットが設けられており、ケーブル上のあらゆる箇所から電波が送信されるため、受信点には時間差を持った複数の同一変調波が到来する。すなわち、漏洩同軸ケーブルはその構造上、必然的にマルチパスを作り出す。マルチパスであるがために、一部のパスが遮断されても、ほかのそれをカバーし常に有効なパスを確保できるという利点があるが、その反面、マルチパス干渉という欠点を抱えている。従来の鉄道無線や地下街の防災無線などでも、漏洩同軸ケーブルによるマルチパスは発生していたが、これらの通信はアナログ音声通話であったり、低速データ伝送であったため、実用上は大きな支障がなかった。しかし、IEEE802.11aのように54 Mbpsという高速無線データ伝送においては、通信品質に著しい影響を与える場合がある。前述のようにモビリティとセキュリティの両面で優れた特長を持った漏洩同軸ケーブルであるが、これをブロードバンド無線LANに適用するには、このマルチパス干渉を解決する手段が必要であり、それがOFDMである。

受信機におけるマルチパス干渉は、2種類の現象に分け

て考えることができる。一つは、受信アンテナの位置における搬送波間の位相関係によって、受信アンテナ端子から取り出せる受信信号が強め合ったり打ち消し合ったりするフェージング現象である。もう一つは、受信機の復調部で時間差のある複数の受信波が符号間干渉を起こして発生する復調ひずみである。今回の無線LANシステムでは、前者を空間ダイバーシチなどによって回避し、後者をOFDMのガードインタバルで吸収する。つまり、漏洩同軸ケーブルが持つ優れた電波伝播特性を生かすために、その欠点であるマルチパス干渉の増加をOFDMの耐マルチパス特性でカバーしようというものである。現在、無線LAN規格の中でOFDMを使うものはIEEE802.11aと11gだけであり、漏洩同軸ケーブルをこの2規格の無線LANに適用する理由がここにある。

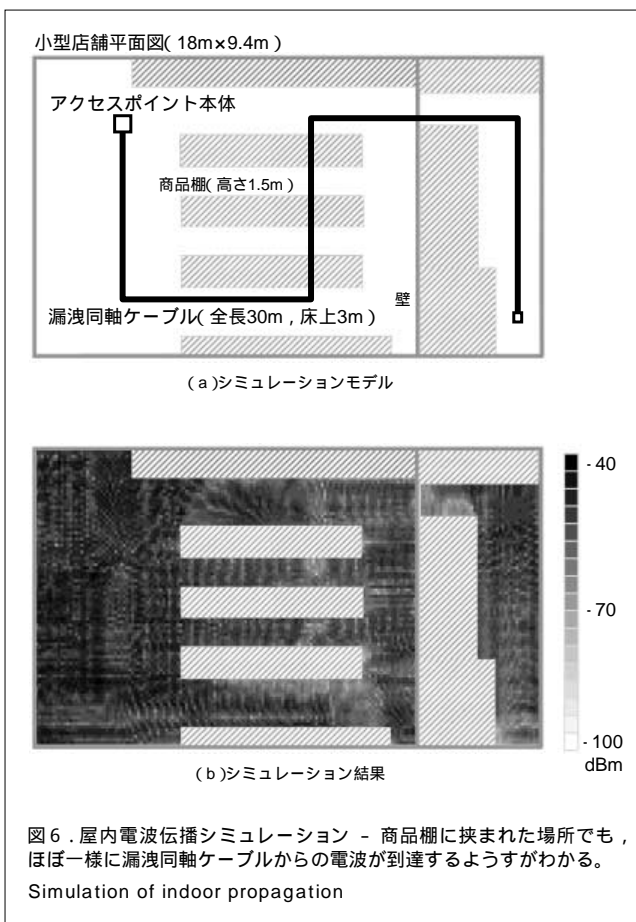
6 漏洩同軸ケーブルの電波伝播シミュレーション実験

漏洩同軸ケーブルを使って実際に無線LAN環境を構築する場合、その環境での電波伝播状態を事前に推定する手段があれば、運用開始後に予想される室内のレイアウト変更、すなわち障害物の状況変化にも適応可能でむだのない最適なケーブル敷設方法を知ることができる。そこで当社は、漏洩同軸ケーブルからの電波伝播に特化した室内電波伝播シミュレータを開発した。

この電波伝播シミュレータは、パソコン上で室内のレイアウト図と漏洩同軸ケーブルの敷設位置を入力し、各スロットと無線端末との距離から結合損失や伝播遅延などを自動的に算出して、室内における電波の強度分布をグラフィカルに表示するものである。図6は、小型店舗の天井に全長30mの漏洩同軸ケーブルを敷設して5.2GHzの電波を漏洩させたときの、床上0.6mにおける受信電力をシミュレーションした例である。商品棚に挟まれた場所にも、ほぼ一様に漏洩同軸ケーブルからの電波が到達するようすがわかる。

7 あとがき

漏洩同軸ケーブル方式は、ブロードバンド無線LAN環境を構築する手段の一つの選択肢として、今後有望な技術と考えられる。オフィスや店舗、倉庫だけでなく、一般家庭への適用も可能である。実際、木造家屋でも一階と二階で無線LANが満足につながらないケースも少なくない。今後、こういったユーザーの声をヒントに、この方式の優れた特長を発揮できる用途に最初のターゲットを絞り、早期実用化を目指す。



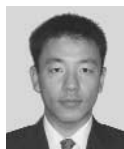
文献

- (1) 小林弘伸, ほか. ワイヤレスで進化するオフィス環境. 東芝レビュー. 58, 4, 2003, p.7 - 10.
- (2) 高木映児, ほか. 無線規格の動向と今後. 東芝レビュー. 58, 4, 2003, p.31 - 35.
- (3) 庄木裕樹, ほか. 快適なオフィス内無線を実現するスマートアンテナ. 東芝レビュー. 58, 4, 2003, p.36 - 39.
- (4) 岸本利彦, ほか. LCX通信システム. 電子情報通信学会. 1991, 141p.



松下 尚弘 MATSUSHITA Naohiro

東芝テック(株)技術本部 コア技術開発センター 専門主幹。
無線通信技術の研究・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Toshiba TEC Corp.



杉山 智則 SUGIYAMA Tomonori

東芝テック(株)技術本部 コア技術開発センター。
無線通信技術の研究・開発に従事。
Toshiba TEC Corp.



柳沼 順 YAGINUMA Jun

東芝テック(株)技術本部 コア技術開発センター。
無線通信技術の研究・開発に従事。
Toshiba TEC Corp.