

2.4 GHz帯無線LANの異機種間干渉特性

高谷 和宏<sup>†</sup> (正員)      前田 裕二<sup>†</sup> (正員)  
 桑原 伸夫<sup>†</sup> (正員)

Interference Characteristics of two kinds of 2.4-GHz Band Wireless LANs

Kazuhiro TAKAYA<sup>\*</sup>, Yuji MAEDA<sup>\*</sup>, and Nobuo KUWABARA<sup>\*</sup>, Members

<sup>†</sup> NTTマルチメディアネットワーク研究所, 武蔵野市

NTT Multimedia Networks Laboratories, Musashino-shi, 180 Japan

あらまし 直接拡散方式のスペクトラム拡散通信(SS/DS)を用いる2.4 GHz帯無線LANにおいて, 占有周波数帯が同一であるが変調パラメータや制御方式が異なる無線システム間の干渉特性について検討を行った。その結果, 異なる変調パラメータをもつ無線LANを, D/U比が15 dB以上になるように組み合わせることで, 同一機種の無線LANのみを用いて通信を行うよりも高いスループットが得られることがわかった。

キーワード 2.4 GHz帯無線LAN, スペクトラム拡散通信, 異機種間干渉, スループット, D/U比

1. まえがき

スペクトラム拡散を用いたCDMA通信方式が, TDMA方式やFDMA方式に続く多元接続方式として急速に普及しており, 移動無線通信にも適用され始めている。また, 情報量やユーザ数の増加に伴い, より高い効率で通信容量を確保することが必要となってきた[1]。そのため, スペクトラム拡散通信において, 送信電力制御や, 受信側での干渉波の除去, 信号検出能力の向上等の観点から, 効率良く高スループットを実現するための検討が行われている[2]~[4]。しかし, これまでの研究においては, 同一システム(同機種)の他局からの干渉波やマルチパスによる遅延波に対する検討がほとんどであり, 異なるシステムに対する耐干渉性等の電磁環境の観点からの検討はほとんど行われていない。

2.4 GHz帯無線LANは, ISM帯を使用することから耐干渉性に優れたスペクトラム拡散通信方式が用いられている[5]。2.4 GHz帯においては無線局免許が不要であるため, スペクトラム拡散信号の占有周波数帯が同一であるが, その変調パラメータや制御方式の異なるさまざまなメーカーの製品(異機種)が存在する。これらの異機種無線LANがオフィスや工場等で複雑に混在すれば, 占有周波数帯が同一であるため, 何らかの電磁

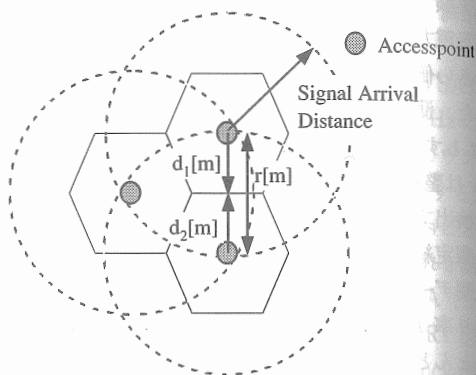


図1 電波到達距離と電磁干渉  
 Fig.1 Signal arrival distance and electromagnetic interference.

干渉を引き起こす問題が出てくる。

そこで, 本レターは2.4 GHz帯直接拡散方式無線LANの異機種間干渉がスループット特性に及ぼす影響について検討を行っている。

2. 異機種間干渉特性の測定

通常, 無線LANは, イーサネットとブリッジ機能をもつアクセスポイント(以下, 親機と呼ぶ)と各々のステーション端末がもつ子機とで構成されるシステムである[6]。図1に示すように, すき間なく通信エリアを設けるためには, 親機は他の親機からの受信強度が同じ( $d_1=d_2$ )になるように配置されるのが一般的である。このとき, 親機からの電波の到達距離は距離 $d_1[m]$ および $d_2[m]$ よりも十分大きく, 他の親機からの干渉を受けるエリアが生ずる[7]。このため, 接続する親機が異なっても, 通信エリア内のユーザ数の増加に伴いスループットが低下する。多くのテナントが存在するオフィスビル等では, 異機種無線LANが電波の到達距離に対して非常に近くに存在し, 異機種間の干渉を受ける可能性がある。そこで, 異機種間干渉がスループット特性に与える影響について検討を行った。

ここでは, イーサネット用HUBに親機とワークステーションを接続し, ワークステーションと直接拡散方式の無線LANの子機を接続したコンピュータ間で無線通信を行った。無線LANには, 伝送速度2Mbpsの2システムを用い, コンピュータには同一機種を2台用いた。通信はFTPコマンドにより5Mbyteのファイル転送を行い, スループットを測定した。このとき, スループットは数%のばらつきが生ずる場合があるため, 3回の測定による平均値を採用した。

図2は, 電波半無響室において, 2機種のシステム

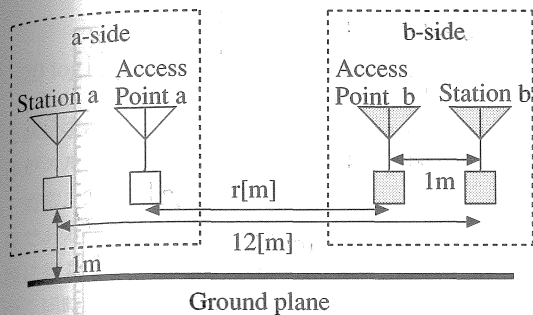


図2 電波半無鏡室における干渉特性の測定系

Fig.2 Measurement system of interference characteristics between two wireless LAN systems in a semi-anechoic chamber.

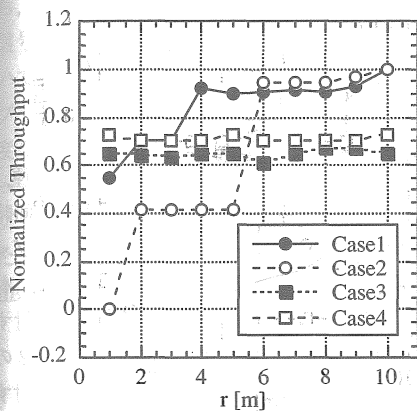


図3 電波半無鏡室における干渉特性

Fig.3 Interference characteristics between two wireless LAN systems in the measurement system shown in Fig.2.

(システムA, B)を用いて, 1対1の通信を同時に行った場合の干渉特性の測定系である。同図において, b側の親機, 子機(親機子機間距離1m)およびaの子機を固定し, a側の親機をb側の親機に近づけた。 $r[m]$ は, 親機間の距離である。このときのa側におけるスループットの変動を測定した結果を図3に示す。なお, スループットは, 他の無線LANの干渉の影響がない場合の1対1通信におけるスループットで規格化した。

図3においては, 図2のa側にシステムAの無線LANを用い, b側にシステムBの無線LANを用いた場合をケース1, a側にシステムB, b側にシステムAを用いた場合をケース2, すべての無線LANをシステムAとした場合をケース3, すべての無線LANをシステムBとした場合をケース4として示した。同図より, 同一機種間の干渉特性を測定したケース3およびケース4に

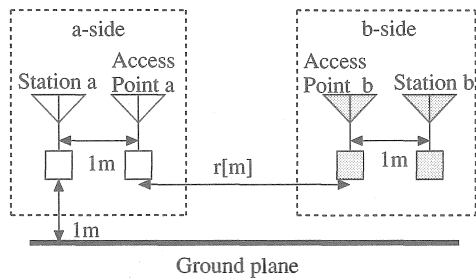


図4 平面大地上における干渉特性の測定系

Fig.4 Measurement system of interference characteristics between two wireless LAN systems on ground plane.

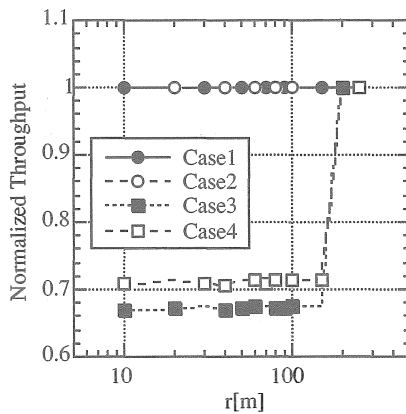


図5 平面大地上における干渉特性

Fig.5 Interference characteristics between two wireless LAN systems in the measurement system shown in Fig.4.

おいては, 親機間距離 $r[m]$ を変化させても, 規格化スループットはシステムAで0.6, システムBで0.7程度でほとんど変化しないことがわかる。これに対して, ケース1において $r \leq 1m$ のときは, スループットがケース3の場合以下となり異機種間干渉による影響が同機種間干渉よりも大きくなっている。しかし,  $r \geq 4m$ のときは, 規格化スループットが0.9以上となり, 同機種間の干渉を受けるケース3よりも高いスループットが得られている。同様にケース2においても,  $r \leq 5m$ のときは, 規格化スループットがケース4の場合よりも小さく,  $r \geq 6m$ のときは規格化スループットが0.9以上となっている。

図4は, 平面大地上において, 親機間距離 $r$ が10m以上の場合のスループット特性の測定系である。同図においては, 各々のシステムの親機子機間の距離を1mに固定し, 親機間の距離を変化させてa側におけるスループットを測定した。その結果を図5に示す。

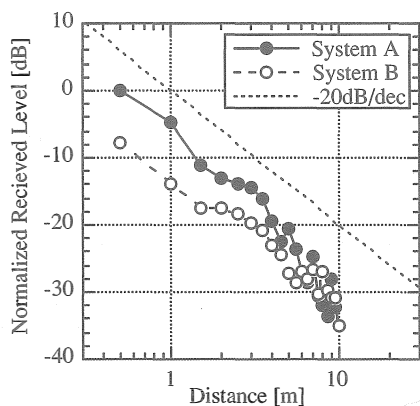


図6 無線LANの電波伝搬特性  
Fig.6 Electric wave propagation characteristics of wireless LAN systems.

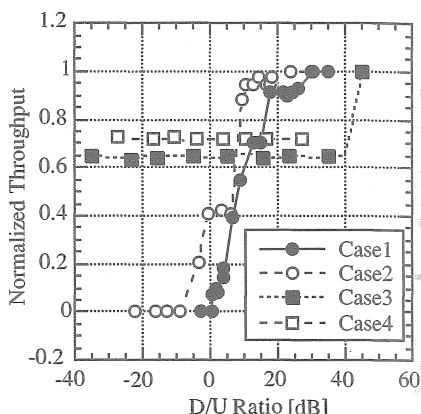


図7 D/U比に対するスループット特性  
Fig.7 Throughput characteristics for D/U ratio.

図5より、ケース1およびケース2においてはともに $r \geq 10$  mのとき、規格化スループットが1であるのに対して、ケース3およびケース4では、 $r \leq 150$  mのとき、規格化スループットが1ではなく、独立で通信を行っていないことがわかる。

これらの結果より、異機種干渉のスループット特性に対する影響は、異機種間の距離が非常に近い場合には同機種間の干渉による影響よりも大きく、異機種間距離がある程度離れた場合には同機種間の干渉よりも小さいことがわかる。そのため、システムAでは4 m以上、システムBでは6 m以上の異機種間距離の場合には、各々のシステムがほとんど独立して通信が行われている。これは、同機種間干渉は無線信号の強弱によってスループットが変動するのではなく、占有周波数帯や拡散符号長が有限であるために、ユーザ数の変動に対して1ユーザ当りのスループットが一意的に定まる。これに対して、異機種間干渉は、受信電界強度のD/U（所望波対妨害波）比によってスループットがほぼ決定されるためであると考えられる。

図6は、システムAおよびシステムBの無線LANの電波半無響室における電波伝搬特性をホーンアンテナを用いて測定した結果である。図6において、受信電界強度は周波数2.482 GHz、高さ1 mでの垂直偏波のピーク値を測定し、システムAの無線LANの距離0.5 mでの受信電界強度で規格化したものである。

同図より、システムAの無線LANのほうが受信電界強度が大きく、このことが図3において親機間の距離が近い場合においてシステムBの無線LANよりもシステムAのほうがスループットが大きかった理由と考えら

れる。

### 3. 異機種間干渉とD/U比の関係

前章においては、2.4 GHz帯無線LANは同機種、異機種によらず占有周波数帯が同一であるため、同時に通信が行われれば必ず干渉が生じるが、スループット特性に与える影響が異なるという結論を得た。本章では、所望波と異機種無線LANの干渉波の比に対するスループット特性について述べる。図7は、図2のシステムAおよびシステムBの無線LANのD/U比に対するスループット特性を測定した結果である。

図7より、D/U比に応じてスループットが変動しており、システムAでは15 dB、システムBでは10 dB以上のD/U比のとき、規格化スループットは0.9以上であり、D/U比が0 dB以下のときは両者ともほとんど通信ができない状態である。また、D/U比が0~10 dBのときは両者とも図3のケース3およびケース4の場合よりもスループットが低下している。このことは、異機種間干渉によるスループット特性の受信電界強度のD/U比に対する依存性の高さを示すものである。D/U比が10 dB以下の場合には、所望波が失われる確率が高く、スループットが低下し、D/U比が0 dB以下では受信系の雑音余裕度を越えてしまい、全く復調できない場合がある。

しかし、D/U比が15 dB以上の場合、各々の無線LANは異機種の通信信号を意識せず、ほとんど独立して通信を行うことが可能であり、同一機種を2組を用いて通信を行うよりも高い通信効率を得られている。すなわち、所望波の電界強度を $E_p$ 、異機種無線LANの無線信号の電界強度を $E_i$ とすると、

$$20 \log \left( \frac{E_d}{E_u} \right) \geq 15 \text{ [dB]} \quad (1)$$

を満足するように無線LANを配置すれば、異機種間干渉がスループット特性に影響を与えないことになる。

通常、2.4 GHz帯無線LANの電波到達距離が100 m程度であることから、式(1)の条件により、電波の到達範囲に複数種の無線LANを組み合わせて配置することで、同時接続ユーザ数の増加に伴うスループットの低下を防ぐことができる。

#### 4. むすび

2.4 GHz帯無線LANを用いて、異なる変調パラメータをもち、かつ占有周波数帯が同等であるスペクトラム拡散信号間の干渉が、スループット特性に与える影響について検討を行った。その結果、異機種間干渉のスループット特性に対する影響は各々のシステムの雑音余裕度や信号検出能力によって多少異なるが、D/U比によってほぼ定まり、D/U比が15 dB以上のときはスループット特性にほとんど影響しないという結果が得られた。また、親機の電波到達範囲内においてD/U比が15 dB以上となるように異機種無線LANを配置するこ

とにより、同機種無線LANを用いてLANを構成する場合よりも高いスループット特性が得られることがわかった。今後は、異機種間干渉の干渉エリアの推定法および周波数ホッピング方式の無線LANに対する検討を行う。

#### 文 献

- [1] 小川 明, 片山正昭, 山里敬也, 水野俊夫, CDMA方式と次世代移動体通信システム, トリケップス, 1995.
- [2] A.M.Viterbi and J.A.Viterbi, "Erlang Capacity of a Power Controlled CDMA System," IEEE JSAC. vol.11, no.6, pp.892-900, 1993.
- [3] E.Geraniotis and M.B. Pursley, "Performance of Coherent Direct-Sequence Spread-Spectrum Communications over Specular Multipath Fading Channels," IEEE Trans. Commun., vol.COM-33, no.6, pp.502-508, 1985.
- [4] George L.Turin, "The Effect of Multipath and Fading on the Performance of Direct-Sequence CDMA Systems," IEEE Trans. Vehc. Tech, vol.VT-33, no.3, pp.213-219, 1984.
- [5] "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE P802.11 D2.0, 1995.
- [6] 重野 寛, 無線LAN技術講座, ソフト・リサーチ・センタ, 1994.
- [7] 奥村善久, 進士昌明, 移動通信の基礎, 電子情報通信学会, 1992.

(平成8年10月7日受付)