

# 6S-04 DS方式とFH方式の無線LANの混在する環境における 実効的な通信速度とその考察

後藤 真孝 江坂 直紀 門間 信行 渋谷 尚久 高木雅裕 井上 淳  
(株)東芝 研究開発センター 通信プラットホームラボラトリー

## 1 はじめに

インターネットの普及に伴い、利便性から、ローカルネットワークにおける無線デバイスの導入が様々な環境で急速に進んでいる。一方で、有線ネットワークで極めて普通に行っていたパーティショニングを無線で行うのは容易ではない。このため、無線デバイス間で、不本意な同一無線周波数資源の競合が発生することもあり、電波干渉によるトラブルが懸念される。我々は、広く普及しつつあるIEEE 802.11仕様の無線LAN製品や今後普及する見通しのあると思われるBluetoothなどの混在環境での、通信性能や障害の改善方式の検討に興味をもっている。

一般に、電波干渉による通信性能劣化の存在は自明であると思われるが、どの程度の通信性能の劣化が発生するのか広く公にされているわけではない。本稿では、IEEE802.11のスペクトル直接拡散方式(以降DS方式、または、単にDS)と周波数ホッピングスペクトル拡散方式(以降FH方式、または、単にFH)が混在する場合の、周波数の競合が与える通信性能の劣化について、UDP/IPでの通信性能の実測を基に評価を行う。

## 2 IEEE 802.11 無線LAN デバイス

IEEE 802.11の物理層は、DS方式、または、FH方式、IR(赤外線)方式のいずれかによって実現されることが仕様として採用されている。DS方式は、11-chip Barker sequenceを拡散信号として掛け合わせる2次変調により11MHzの帯域に拡散して通信の多重化を行う方式であり、FH方式は、一定周期毎に順々に周波数を遷移しながら通信することで通信の多重化を行う方式である。どちらも、2.4GHz帯のISMバンドと呼ばれる国際的に無免許での使用が許されている帯域を使用しており、MACでCSMA/CAを実現している。

## 3 FH方式とDS方式の干渉実験

### 3.1 実験環境

表1 デバイスの特徴

	通信速度	使用周波数帯	備考
DS方式	11/5.5/2/1 Mbps	2401MHz ~ 2495MHz	
FH方式	1.6/0.8 Mbps	2473MHz ~ 2495MHz	ホップ周期 200ms

本実験で使用したDS方式のデバイスとFH方式のデバイスの特徴を表1に示す。また、各装置の配置を

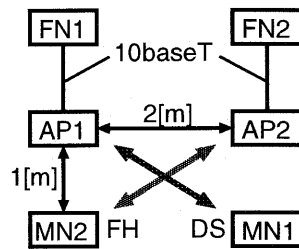


図1 無線装置の配置

図1に示す。MNとFNは計算機ホストを示し、APは無線LANのアクセスポイントを示している。以降では、DSのチャンネルをDSチャンネル(DS-chと表記)と呼び、FHのチャンネルをFHチャンネル(FH-chと表記)と呼ぶこととする。

### 3.2 測定項目

実験は、DSチャンネルをパラメータとして、DSとFHの両者のUDPによる転送能力を測定した。具体的には、MN2とFN2の間でUDPによる干渉用のストリームを流し<sup>1</sup>、その状況下で、MN1とFN1の間でUDPのスループットを測定した<sup>2</sup>。また、IPデータグラムのダンプをMN1およびFN1にて採取した。各々の測定は、同条件で3度ずつ行った。

### 3.3 UDPスループットの測定結果と考察

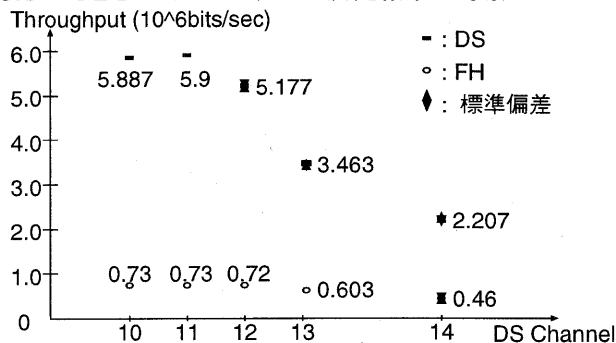


図2 干渉のUDPスループットへの影響

図2には、干渉によってDSおよびFHのUDPのスループットに与える影響を、DSチャンネル毎に示した。

UDPはフロー制御を行わないため、UDPのスループットはリンクデバイスレベルのスループットを反映していると言える。図2によると、DSがDS-ch10およびDS-ch11では、お互いに干渉の影響はない。また、DS-ch12からDS-ch14は、DSチャンネル番号が大きくなるにつれ、お互いに干渉が大きくなっているように見てとれる。一方、それぞれの標準偏差の状況から、測定

Effective transmit capacity on DS and FH mixed environment.

Masataka GOTO, Naoki ESAKA, Nobuyuki MONMA, Naohisa SHIBUYA, Masahiro TAKAGI and Atsushi INOUE

R & D Center, TOSHIBA Corp.

<sup>1</sup>netperf -l 20 -t UDP\_STREAM -H FN2 -- -s 1472.

<sup>2</sup>netperf -H FN1 -t UDP\_STREAM -l 10.

値は概ねそれぞれの値に集中しているため、偶発的な要因によるスループットの変化を考慮する必要はないと思われる。

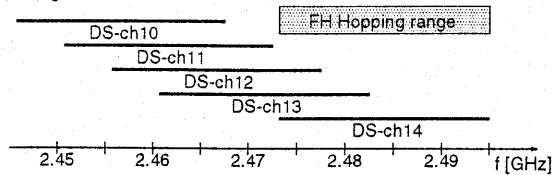


図3 DSチャンネルとFHチャンネルの占有周波数の関係

DSチャンネルがスペクトル拡散で占める周波数領域と、FHチャンネルが周波数ホッピングで占める周波数領域の関係を図示すると図3のようになる。また、FHが周波数ホッピングで取り得る周波数は、2473 MHzから2495 MHzの間の1 MHz刻みである。この仕様より、DS-ch10およびDS-ch11では、DSとFHは互いに干渉しないことは自明である。

### 3.4 DS-ch13の詳細

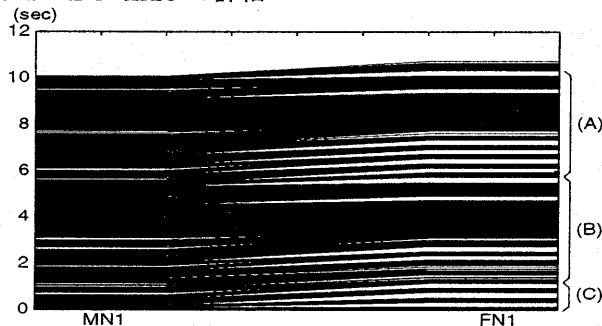


図4 DS-ch13のUDPデータグラム到達状況

ここで、DS-ch13の場合の電波干渉について考察する。図4は、MN1およびFN1で採取したダンプから作成した、MN1から送出されたUDPデータグラムがネットワークを経てFN1に到達するまでの仮想的な軌跡を図示したものである。MN1とFN1の時計は、厳密な同期が不可能であるため、実測結果に基づいた図示では、便宜上、最初のデータグラムを送信/受信した時刻を0として示している。

図3より、DS-ch13ではDSのメインローブとFHのホップ周波数領域は2473 MHzから2483 MHzの11 FHチャンネルの部分で重なっている。図4に示した(A)の部分には、7箇所空白が見受けられる。1度の空白は200msほどであり、これはFHデバイスのホップ周期と一致する。従って、重なっている周波数帯のうち、7 FHチャンネル分だけDSに待ちが発生していることがわかる。また、図4に示した(A)の部分と(B)の部分は4.6秒ほどの周期的パターンとなっている。これは、23 FHチャンネルでホップ周期が200msから、同一FHチャンネルの出現が4.6秒間隔であることに起因している。

次に、図2のスループットと、干渉して通信を滞らせているFHチャンネル数を考える。DS-ch10およびDS-ch11の場合の概ねのスループットである5.9 Mbpsを

電波干渉がないスループットとする。DS-ch13のスループットが3.463 Mbpsに低下している原因がFHからの干渉だけであるものとした場合、スループットの低下率にチャンネル数(23)を掛ければ、干渉したチャンネル数が得られる。従って、 $(5.9 - 3.463) / 5.9 \times (4600 / 200) = 9.5$ より、3回の平均では7 FHチャンネルによる待ち以上のスループット低下があることを示している。これは、FHのホッピングパターンの影響のため、図4の(C)の部分で、偶然、待ちの多い領域として出現していることが大きく起因している。他には、出力の強度による互いのキャリアセンスの揺れや、無線区間のL2フラグメント消失によるMAC層でのcontention windowのexponential backoff、デバイスドライバのパフォーマンス、送信側のバッファ能力による待ちなどの理由が考えられる。

一方、図2より、FH側もDSからの干渉で $(0.73 - 0.603) / 0.73 \times (4600 / 200) = 4.00$ より、4 FHチャンネル相当の待ちが発生している。DSの電波強度の高い部分ではFH側にも待ちが発生させることがわかる。

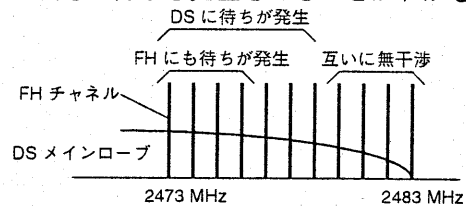


図5 FHとDSの周波数領域と干渉による挙動の関係

以上より、図5という挙動が考えられる。

DS-ch12およびDS-ch14の場合も同様の解析を行った結果、これらの互いの挙動は、DSの周波数領域のずれに合わせて図5をシフトすることによって、矛盾なく説明できる。

## 4 おわりに

本稿では、最近導入が進められているIEEE 802.11準拠無線LANに関して、DS方式とFH方式の機器が混在した環境での転送スループットを評価し、互いの電波干渉の影響を具体的に示した。

今回の実験では、DS方式とFH方式が互いの伝送をどの程度阻害するかの評価ができていたが、一方、FH方式同士や、FH/Bluetooth混在環境での伝送状況については、まだ評価できていない。

最近になって家庭ネットワーク標準のHomeRFもFH方式を採用するなど、FH機器が混在する環境も現実的になってきている。一方、LANにはDS方式が普及しており、今後もこれらの評価を続けて公開していくことが重要であると考えている。

### 参考文献

- [1] "Draft International Standard ISO/IEC 8802-11", IEEE P802.11/D8.0, 1 May 1998