

# Video over WiFi での 干渉の影響

The Effects of Interference on Video Over WiFi

*A Farpoint Group Technical Note*

*Document FPG 2006-329.2  
January 2007*

## サマリ

- WiFiを利用してビデオを送ることは、その利便性とインストール費用の少なさ、機動性などの理由で一般家庭でより重要性を増しており、企業においてもビデオを利用した Web 会議、会社情報の配信など他の可能性でも素晴らしいアプリケーションがリリースされている。
- ビデオに限らず、有線や無線のLANに於いて最大のパフォーマンスを得ることは大きなチャレンジである。ビデオは、大きなデータのオブジェクトで、かつ制限のある題材であり、厳しく時間の有界性に束縛される。この理由により、上で流されるビデオに対して、干渉は大きな影響を及ぼす。
- これらを考慮し、FarPointグループは、WiFiでのビデオ伝送での電波干渉の様々な形での影響を調査するために、客観的かつ主観的な一連のベンチマークテストを実行した。我々は、電波干渉のないベースライン値と、干渉を受けた時の結果を比較した。全てのテストはオフィス環境で行われたが、外来波を継続してモニタした。
- 我々は、様々な一般に市販されている無線機器が無線LAN上で流れるビデオの性能をひどく低下させることがあるとわかった。DECT 仕様のコードレス電話とBluetoothのハンドセットを除く、全ての干渉テストでは、サーバの悪化を招き、ビデオ品質の結果としていくつかは許容範囲であった。ビデオパフォーマンスの主観的な(視覚的な)評価は、客観評価と相関する結果を得た。
- 無線LANを用いてのビデオ配信で良いアプリケーションがリリースされているように、我々はビデオ品質をより向上させることが必要だと考えている。本書で示したような実験により、干渉は、将来にわたって無線LANを用いたビデオアプリケーションを成功に導くための大きな課題となると考えている。
- 一般的な無線LANトラフィック環境においては、スペクトラム解析ツールや無線LAN解析ツール、RFスペクトラム管理ツールが、これらの課題を解決するためにとても効果があった。

以前より、Farpointグループでは、無線LAN上でのビデオ送信が、この数年のうちに家庭内や企業において導入されるだろうと考えていた。家庭内でのVideo over WiFiのアプリケーションでは、より明白で、ビデオサービスの存在するポイント(ケーブルボックスや似たような機器)は、ビデオをみる場所の近くに設置されることはほとんどない。一般的な家庭では、企業よりもケーブルを配線するのは難しいが、無線を使えば家庭のビデオを導入するところとそれを視聴する場所とで接続を保つことができる。

そして、ビデオの局所的なモバイル配信も同様にとてもポピュラーになってきているが、この機器とは次のようなものである。

Pinnacle's PC TV To Go HD Wireless

([http://www.pinnaclesys.com/PublicSite/us/Products/Consumer+Products/PCTV+Tuners/PCTV+Analog\\_Digital+PVR/PCTV+To+Go+HD+Wireless.htm](http://www.pinnaclesys.com/PublicSite/us/Products/Consumer+Products/PCTV+Tuners/PCTV+Analog_Digital+PVR/PCTV+To+Go+HD+Wireless.htm))

Slingbox from Sling Media

(<http://us.slingmedia.com/page/home>)

Sony's LocationFree TV

(<http://www.learningcenter.sony.us/assets/itpd/locationfreetv/index.html>)

Orb Networks社から提供されているソフトウェア (<http://www.orb.com/>)

また企業でそれほど普及していないとはいっても、ウェブキャストやWebを使用したセミナー(Webinar)、企業アナウンス、出張報告、そしてニュース配信のように、この数年のうちに無線LANを使用しての配信の普及が進むであろう。

ビデオストリーミングの存在はおそらく、無線や有線のLANパフォーマンスに対しても、重要かつ可能なチャレンジであることは間違いない。何故なら、LANの制限を根本的に解決する2つの重要な制約を考えなくてはならないからだ。その1つは、データの容量である。ビデオは数百メガバイトのデータを送ることが必要とされる大きなオブジェクトである。マルチキャストによってネットワークのバンド幅の要求を低減したり、オンデマンドでのビデオ環境では、ベースを増加し、干渉が問題となってなくてもどのようなLANのインフラにも負担を与えるものである。そして、2つめは、より重要なことであり、ストリーミングビデオは、とても自然な等時性や時間の経過に依存する。この意味は、データボリュームが大きいということだけでなく、プライオリティをつけて効率化するという意味である。そして、受信側端末でのバッファリングでさえ、時間はストリーミングビデオを成功に導く必要なエッセンスとなる。

干渉が混在すると、より複雑な状況になる。ほとんどのデジタルビデオ送信は、バンド幅を有効に活用するために必要な圧縮を行っている。純正なビデオがしばしば競合する、圧縮した結果が多数の観察されたビジュアル面での結果、そして、High-Definition Multimedia Interface (HDMI) のような、このように提供された非圧縮のビデオフォーマット、干渉は明らかに、見た目の満足よりも小さいということになって、それでもそれに関係せず、潜在する問題を抱えている。そして無線LANのコミュニケーションに明らかに影響を及ぼす無線の干渉の種類は、Video over WiFiをより普及させ確実にし、共通のものにしていくことに対して主要な課題なのである。

このような考えから、WiFiでのストリーミングビデオの干渉の影響に関する試験を行った。このプロジェクトは、我々が、ホワイトペーパーである、FPG 2006-321.1, *The Invisible Threat: Interference and Wireless LANs*, and further upon the methodology defined in our Technical Note FPG 307.1, *Evaluating Interference in Wireless LANs: Recommended Practice* を作成するときから始まった。一般に、干渉による影響を評価するにあたっては、全く影響を受けない接続状態でのスループットの計測(テストが一定の空間で行われるなら、干渉は適切なモニタツールで検証される。)と、コントロールされた干渉を同じ接続に与えることによる比較で行われる。

ある程度の割合の揺れが通常起こりうるが、一般的には容易に数値化することができる。その例については、我々の技術資料である、FPG 2006-328.2, *The Effects of Interference on General WLAN Traffic* を参照して欲しい。

残念ながら、この技術資料で、無線LANでのビデオストリーミングへの干渉の影響を評価しているときは、方法論はまだ確立していなかった。そして、その理由は、ビデオ品質が根本的な題材だったからである。我々が、他のストリーミングメディアである音声トラフィックを評価していた際には、ビデオ品質の評価はまだ一般的ではなかった。これは、より主観的なビデオ品質の評価がこの種の作業に求められており、これこそが今回のプロジェクトで成し遂げたことであった。一方では、2つのビデオストリームをフレーム毎に比較するために直接解析するためのツールを使用して見つけ出す(或いは開発する)、開発し(或いは適合させる)結果を図式化してまとめることも重要なポイントである。

## 方法論のためのシナリオ

図1に我々が行ったビデオ品質のテストの構成図を示す。FPG 2006-328と同一の施設を使用し、2つの異なる干渉源を配置した。「近距離(Short)」の場所ではビデオ源と端末の間を25フィートとし、「遠距離(Long)」の場所では、ビデオ端末から50フィート、ビデオ源から75フィートの距離を置いた。ビデオ源と端末の間は25フィートほど離れており、典型的なオフィス環境である四角い部屋に設置した。

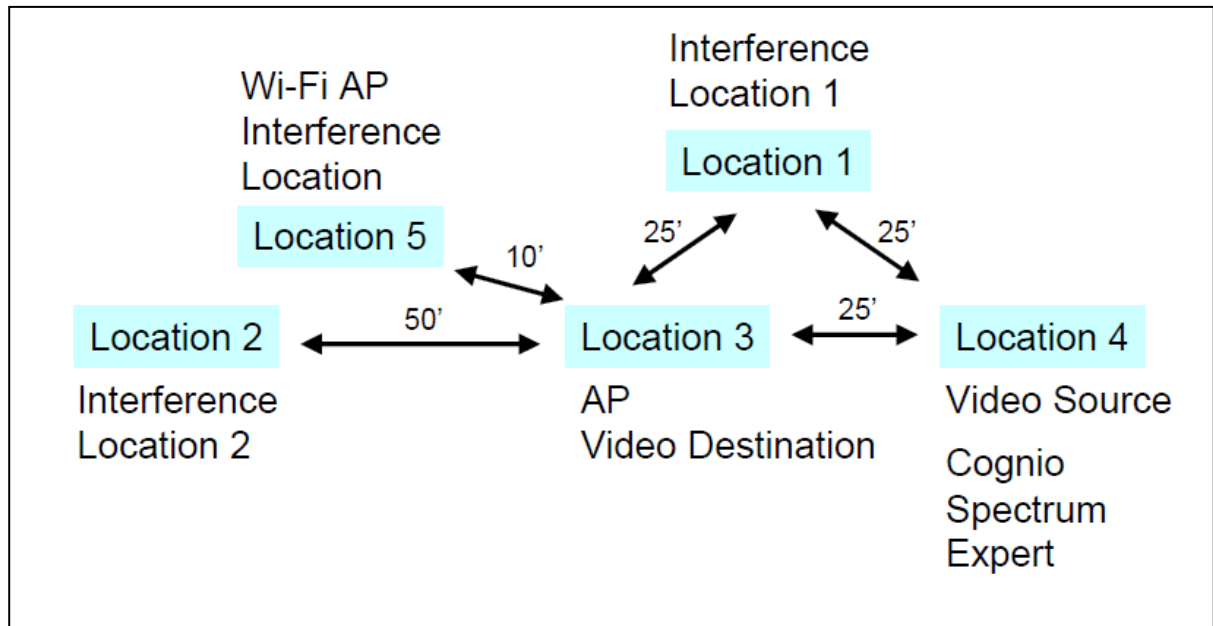


図1: 今回のテストで使用した機器構成を示す。「Location 1」は「近距離」でのテストを意味し、「Location 2」は「遠距離」のテストを意味する。これらに干渉を発生させるために設置した。ビデオはLocation 4からLocation 3に流した。Location 5は、WiFiの干渉のAPのために設置した。

何故なら、ビデオパフォーマンスと品質の評価は、客観評価(定量化)と主観評価(質的な)両方を行い、2つの異なる組み合わせのテストを実行することにした。最初にIperfベンチマーク(<http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>)を使用し、典型的なストリーミングビデオソースであるUDPトラフィックを生成した。このテストでは下記のコマンドラインを用いた。

```
iperf -u -c <IP Address> -w 768k -i .5 -t 180 -b 10m  
iperf -u -s -w 768k -i .5
```

ソース(Location 4)からディスティネーション・サーバ(Location 3)へ干渉のないUDPストリームを送信することによりベースライン値を得た。そして、Location 1と2を有効にし、干渉を発生させそれぞれのテストを繰り返し、結果を記録した。時間的な制限もあり、それぞれのケースでは1回のみテストとした。この実行では、1回ずつの実行でも満足な結果を得ることができた。もちろん、AirMagnet社でも販売しているスペクトラムアナライザ製品をLocation 4で使用し、外来の干渉波をモニタし、テスト期間はそれがなかったことも追記しておく。

テストの目的のために、ポピュラーな(フリーソフトとしても入手が可能)VideoLAN VLCアプリケーション

(<http://www.videolan.org/>)を使用した。今回のために、VLCのバージョン0.8.2を用いた。IperfのようなVLCは、クライアントとサーバ両方の機能を設定によって切り替えることができ、高品質なストリーミングビデオを配信することができる。ソースとして、宣伝用のDVDの一部を利用した。このLocation 4から3への接続を実行し、ビデオの変化(エラー)は見られなかった。そして、定格的に(グループ内でのコンセンサスによって)それぞれの干渉によるビデオ品質は次のうちのどれかとした。

|                          |  |
|--------------------------|--|
| 見るに耐えない<br>(Unwatchable) | 激しい劣化やスクリーンのフリーズ<br>(Severe degradation and/or screen freezes) |
| 問題がある<br>(Impaired)      | 連続的な劣化<br>(Occasional artifacts)                               |
| 影響がない<br>(Minor)         | たまに劣化がある<br>(Artifacts noted only very rarely)                 |
| 全く問題がない<br>(Flawless)    | ベースラインとの違いがない<br>(No difference from baseline)                 |

MPEGデコーダにイメージをうまく創る十分なキーフレームの情報が不足したときに、劣化は通常「ブロック状態」と画面が固まる状態になる。これらは、ネットワークの輻輳などによってケーブルテレビやサテライトテレビの映像でも見受けられる現象であるが、これらのメディアでの劣化には非常に小さなことでもめったに影響しない。

## 干渉

数々の干渉源をこのテストで用いた。全ては、妥当な場所で最大の重複を起こす設定以外のデフォルトの設定で操作された。これらのソースは下記に示す。

- 電子オーブンレンジ: エマーソン社 MW8987Bオーブンをを用いた。何故なら、これはオフィスで一般的に使用されているものだからだ。オーブンにはコップに入った水を入れた。このオーブンは、水の周波数を吸収する2.45GHzを中心周波数とし、50%のDuty Cycleで使用される。エマーソン社 MW8987Bでは一般的な1200Wではなく900Wで動作させた。全てのオーブンレンジはごく微量の漏電が生じているが、レンジから数cmの距離で数mW程度観測されるのみであるが、この値はOven Ageとして増えることは許容している。( [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_03/21cfr1030\\_03.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/21cfr1030_03.html) ) それとは関係なく、漏電値は安全上の理由のため極めて小さく設定されている。人間の身体の約70%は水である。これは考慮に入れるべき事項で、テスト環境に近い場所にいるスタッフの存在は結果に多少なりとも影響を及ぼすが、ほとんど同人数がそれぞれのケースで存在し、この人間の体が無線LANトラフィックと干渉波を多少は吸収すると考えられるが、本書に記載したテストレポートの結果に物理的に大きな影響を及ぼしていたとは考えていない。それとは関係なく、オーブンレンジは様々なメーカーやモデル、使用年数によって特有の干渉があるが、全ては同一の劣化を引き起こす。

- *TDDコードレス電話*: 今回はユニデン社TRU4465を使用した。ハンドセットは、ベースステーションに掛けた状態で干渉の場所のごく近くに設置した。この電話は2.4GHzを割り当てられている低レベルのワイドバンドRFであるDSSS(Direct-Sequence Spread-Spectrum)を使用している。電話に干渉しないチャンネルを選んだ際に、どのように無線LANに影響を与えるのかを確認するのが目的だった。重複するチャンネルであるWiFiのチャンネル7を選択してWiFi電波に厳しい干渉が発生することを期待した。
- *WiFi干渉装置*: この用途のためにNetgear社 WG602(Version2)AP (<http://www.netgear.com/Products/WirelessAccessPoints/WirelessAccessPoints/WG602.aspx>)を選択し、Location 5に設置した。そして、Intel PRO/Wireless 2915ABGを搭載したクライアントPC(ビデオ接続で使用したものと同一)を使用し2つの干渉場所でこの接続をテストした。これで生成したトラフィックは連続的なIPストリームである。
- *DECT電話*: ここではPanasonic KX-TG2740ハンドセットを使用した。この電話は、ヨーロッパで一般的な仕様であるDECT(Digital Enhanced Cordless Telecommunications。 <http://www.dect.ch/>)に準拠しているが、世界で販売されているコードレス電話でよく見かけるものである。DECTは周波数のホッピングをベースとし、2.4GHzバンド全体でのナローバンドチャンネル(米国)を使用している。
- *ビデオカメラ*: 家庭内ホームオートメーション製品の製造会社であるX10のXC18カメラを選択した。このカメラの信号はアナログでありデジタルではない。指向性アンテナを経由した長距離(100フィートを超える場所での操作)のためにデザインされた。このデバイスから厳しい干渉が発生することを期待した。
- *Bluetoothヘッドセット*: Jabra BT-200コードレスヘッドセットを使用した。これはBluetoothにおいて最もポピュラーなアプリケーションの1つである。Bluetoothは微弱なパワーレベルを用いており、レンジテストにおいてこのデバイスから小さな干渉が起こることを期待した。

デバイスの一部は既に販売されていないものもあるが、定量的な干渉特性と、オフィス環境において、無線LANユーザが干渉の種類によって影響に遭遇するかを描くことが可能なため、これらを選択した。これらのデバイスでどの程度詳細な表示ができるかについて、また校正の必要があるか、これらの特性を描写するか(結局、Spectrumアナライザは別途干渉の種類によって、全ての干渉源を正確に示すことができる。)にさえ、全く心配していなかった。どちらかと言えば、シンプルに、事前に設定したベースライン設定で2つの場所でのこれらのデバイスの干渉を比較し、評価することが目的であった。ここでのプロセスはシンプルで、「近距離」と「長距離」の場所の両方で、それぞれの干渉を発生させてベースラインテストを再度実行することである。目的にあった結果を得るためにVideoLANを使用しテストを繰り返した。

## テスト結果

表1及び表2にテスト結果を示す。重要な測定項目は送信された総バイト数、様々な干渉源による影響を受けてのベースライン値の変化を計算した%値である。期待した通り、TDD電話ハンドセットとビデオカメラはスループットの減少に大きく影響を与えた。DECT電話とBluetoothヘッドセットは一方では全く影響がなかっただけでなく、当初のベースラインよりもわずかながら上回っている。これは無線での本質的な統計的な変動であり気にかける必要はない。オープンレンジは深刻な劣化を引き起こした。全てのケースで、近距離で発生した干渉は、スループットの劣化に大きな影響を与えた。これは当初の予測通りの結果である。

| Location 1 (Short) |                      |                           |             |               |               |
|--------------------|----------------------|---------------------------|-------------|---------------|---------------|
|                    | Throughput<br>(Mbps) | Total Transferred<br>(MB) | Jitter (ms) | Packet Loss % | % of Baseline |
| Baseline           | 9.99                 | 214.00                    | 0.000       | 0.1100%       | 100.00%       |
| Microwave Oven     | 4.07                 | 87.90                     | 64.512      | 59.0000%      | 40.74%        |
| TDD Phone          | 0.00                 | 0.00                      |             |               | 0.00%         |
| Wi-Fi              | 8.03                 | 173.00                    | 4.156       | 20.0000%      | 80.38%        |
| DECT               | 10.00                | 215.00                    | 2.683       | 0.2600%       | 100.10%       |
| Video Camera       | 0.00                 | 0.00                      |             |               | 0.00%         |
| BT Headset         | 10.00                | 215.00                    | 2.341       | 0.0059%       | 100.10%       |
| Location 2 (long)  |                      |                           |             |               |               |
|                    | Throughput<br>(Mbps) | Total Transferred<br>(MB) | Jitter (ms) | Packet Loss % | % of Baseline |
| Baseline           | 9.99                 | 214.00                    | 0.000       | 0.1200%       | 100.00%       |
| Microwave Oven     | 6.51                 | 135.00                    | 65.259      | 36.0000%      | 65.17%        |
| TDD Phone          | 3.61                 | 77.70                     | 4.634       | 64.0000%      | 36.14%        |
| Wi-Fi              | 6.49                 | 140.00                    | 6.993       | 35.0000%      | 64.96%        |
| DECT               | 10.00                | 215.00                    | 2.379       | 0.0026%       | 100.10%       |
| Video Camera       | 0.00                 | 0.00                      |             |               | 0.00%         |
| BT Headset         | 10.00                | 215.00                    | 2.075       | 0.0039%       | 100.10%       |

表1: テスト結果を示す。重要な測定項目はスループット(Mbps)である。

注) 一部の干渉の場合にはベースラインよりも良いパフォーマンスを表示している。これは実験でのマイナーな変動であり、気にかける必要はない。

我々は、さらにジッタ(エラーパケットやパケットロスを引き起こす場合がある一定時間での小さな変動)とパケットロスに関する結果を得た。送信された総パケット数に対するパーセント値を示している。大きなジッタを引き起こしている干渉源はオープンレンジである。

主観評価(表2を参照)ではVideoLANを観ての評価結果を示している。DECT電話とBluetoothヘッドセットを除く全てのデバイスは、どのような環境においても予測不可能な結果をもたらす大きな干渉である。LAN上のビデオというのは大量のデータオブジェクトと厳しい時間での制約(バッファリング)の両方相互の組み合わせを必要とする。

注) 今回のバッファリングにはビデオコンファレンスのようなインタラクティブなアプリケーションのように特別な値は設定していない。無線や他の場合でも、LAN上のビデオバンド幅を消費せず干渉のマネジメントを行うという代替のメカニズムは存在しない。

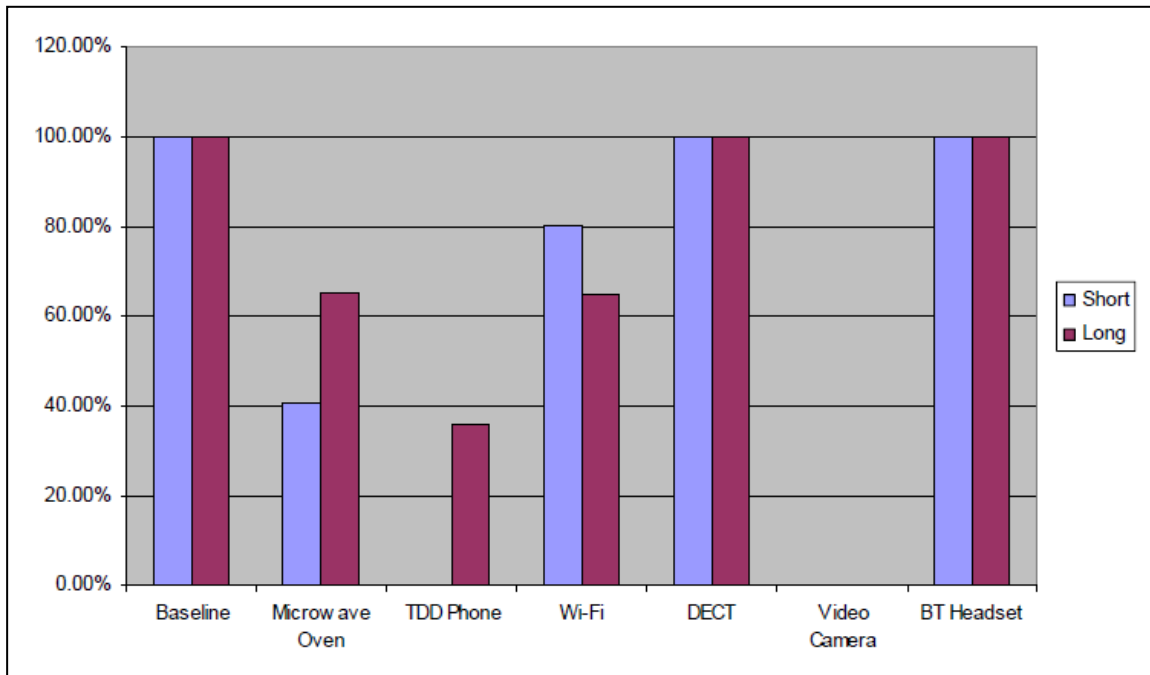


図2: 表1のデータをグラフで表示。

注) TDD電話(近距離)とビデオカメラによって、ビデオ信号は完全に影響を受けている。

| Interferer     | Short       | Long        |
|----------------|-------------|-------------|
| Microwave Oven | Unwatchable | Impaired    |
| TDD Phone      | Unwatchable | Unwatchable |
| Wi-Fi          | Unwatchable | Unwatchable |
| DECT           | Minor       | Minor       |
| Video Camera   | Unwatchable | Unwatchable |
| BT Headset     | Flawless    | Flawless    |

表2: 客観評価と同時に行った主観評価の結果。

注) 客観評価と主観評価を比較すると完全に一致する。

## 結論

本書で示した実験の通り、全てのLANパフォーマンスはLAN上で流れるビデオの品質で主要な影響がある。そして、干渉は無線LANのパフォーマンスに大きな影響を与える大きな要因のひとつである。この状況はこの数年の内、家庭内の環境で、VidFi製品(この造語を使用するのが適切かどうかわからないが)の数が多くなると極めて大きくなると考えられる。

しかし、Video over WiFiのパフォーマンスは、企業内においてもより重要度を増し、プレゼンテーションのためのストリーミングビデオやビデオ会議、そして、ビデオ内蔵の携帯電話やEiFiカメラからのライブ中継においても同様である。以前のホワイトペーパーである「Tech Note on the effects of interference on general LAN traffic (FPG 2006-328.2)」に記載した通り、干渉はアプリケーションの種類に関わらず適切にコントロールをしていく必要がある。

AirMagnet社のSpectrum Analyzer製品に代表されるツールを今回使用し、最適なアプローチを得ることができた。一方でこれらの製品の機能の一部は、企業用無線LAN機器にさえでも、様々な無線LANツールにも存在する。干渉の問題を解決するために更に改良された自動化ツールがリリースされることを期待している。それは最終的にはネットワーク管理者や運用技術者のために、明快に干渉の問題などを切り分けることである。ただ、暫定的には、このVidFiと干渉とを切り分けるためのツールが販売されている。

本ホワイトペーパーの英文オリジナルは、下記米国AirMagnet社ホームページからダウンロードすることができます。

<http://www.airmagnet.com/products/whitepaper/>

The information and analysis contained in this document are based upon publicly-available information sources and are believed to be correct as of the date of publication. Farpoint Group assumes no liability for any inaccuracies which may be present herein. Revisions to this document may be issued, without notice, from time to time.

### Copyright 2007 — All rights reserved

Permission to reproduce and distribute this document is granted provided this copyright notice is included and no modifications are made to the original.



<http://www.toyo.co.jp/airmagnet/>  
E-mail: [airmagnet\\_sales@toyo.co.jp](mailto:airmagnet_sales@toyo.co.jp)

株式会社 東陽テクニカ 情報通信システム営業部  
〒103-8284 東京都中央区八重洲1-1-6 TEL 03 3279-0771 FAX 03-3246-0645  
大阪支店  
〒550 0002 大阪府西区江戸堀3 1 31 TEL 06 6443 9771 FAX 06 6443 9761