Wi-Fi サービスの円滑な提供に向けた無線 LAN テスタの導入

岡本 健 Ken Okamoto NTT 東日本技術協力センタ
平澤徳仁 Norihito Hirasawa NTT 東日本技術協力センタ
伊藤秀紀 Hidenori Ito NTT 東日本技術協力センタ
村川一雄 Kazuo Murakawa NTT 東日本技術協力センタ

1 はじめに

1.1 無線 LAN の無線周波数とチャンネル

無線 LAN の伝送方式として IEEE 802.11a/b/g/n 規格があり、規格の種類によって周波数帯域、最大伝送速度、変調方式等が異なっている。表 1 に無線 LAN の伝送方式の比較を示す。IEEE 802.11b/g/n では 2.4 GHz 帯を、IEEE 802.11a/n では 5 GHz 帯の無線周波数を利用している。2.4 GHz 帯を利用する無線 LAN は、全部で 14 個のチャンネルが割り当てられており、1 チャンネル当たり約 20 MHz の帯域幅を有している。各チャンネルの周波数帯域幅の割り当て状況を図 1 に示す。図 1 より、2.4 GHz 帯を利用する無線 LAN では、隣接するチャンネルで、周波数が重複していることが分かる。そのため、複数の無線 LAN アクセスポイント（以下「AP」と省略する）を設置した場合、チャンネル間干渉が発生する可能性がある。チャンネル間干渉を回避するためには、ほかの AP で設定されているチャンネルと少なくとも 5 チャンネル以上離れたチャンネルを利用する必要がある。一方で、5 GHz 帯を利用する無線 LAN は、5.2 GHz 帯 (W52)、5.3 GHz 帯 (W53)、5.6 GHz 帯 (W56) の 3 帯域にチャンネルが割り当てられており、全部で 19 チャンネルある。チャンネルの周波数帯域幅の割り当てを図 2 に示す。図 2 より、20 MHz の帯域幅を利用する無線 LAN では、チャンネル間干渉は発生しないメリットがあることが分かる。なお、近年普及している、IEEE 802.11n の無線 LAN 規格にお

いては、二つのチャンネルを同時に利用（40 MHz の帯域幅を利用）することで最大 600 Mbps という高速通信を実現している。高速通信ができる一方で、二つのチャンネルを使用するため、2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯ともにチャンネル間の干渉が発生する可能性が高くなる側面がある。

1.2 無線 LAN を取り巻く電磁環境

無線 LAN はインターネットアクセスの手段として、家庭やオフィスのパソコンだけでなく、スマートフォンやゲーム機器、デジタルカメラ等にも内蔵され、利用シーンが屋内だけでなく屋外にも拡大している。特に屋外に AP が設置される公衆無線 LAN サービスでは、人口の密集地域になればなるほど、多数の AP を設置する必要がある。チャンネル間干渉が発生しやすい環境になっている。

また、2.4 GHz 帯は、産業科学医療用バンド (ISM: Industry-Science-Medical バンド) と呼ばれる周波数帯域を利用するため、無線 LAN の通信だけではなく、産業・科学・医療用の高周波利用設備（以下「ISM 機器」という）にも使用されている。2.4 GHz 帯における ISM 機器の代表例と干渉イメージを図 3 に示す。ISM バンドを利用する代表的な機器として、電子レンジ、ワイヤレスカメラ、ワイヤレススピーカ、マイクロ波治療器等がある。このような ISM 機器は、無線 LAN の通信にとっては電磁妨害源となる場合がある。そのため、ISM 機器との干渉が発生し、スループットの低下や無線接続の切断などの通信トラブルが発生する。

表 1 無線 LAN の伝送方法

伝送規格	周波数帯域	最大伝送速度	変調方式	1チャンネル当たりの占有帯域幅	屋外での利用
IEEE 802.11a	5 GHz 帯	54 Mbps	OFDM	20 MHz	一部の周波数帯域において利用禁止
IEEE 802.11b	2.4 GHz 帯	11 Mbps	DSSS	22 MHz	利用可能
IEEE 802.11g	2.4 GHz 帯	54 Mbps	DSSS/OFDM	20/22 MHz	利用可能
IEEE 802.11n	2.4/5 GHz 帯	600 Mbps	OFDM	20/40 MHz	一部の周波数帯域において利用禁止

図1 2.4 GHz 帯のチャンネル割り当て

図2 5 GHz 帯のチャンネル割り当て

実際に NTT 東日本のサービスにおいても、AP の増加に伴うチャンネル間の干渉や ISM 機器の影響によって、スループットの低下や AP と端末間の切断といった通信トラブルが発生している。また、これ以外にも、AP からの電波強度が弱い場合や電波を反射・吸収する障害物が存在する場合も通信トラブルを引き起こす可能性がある。

このような無線 LAN に関わる通信トラブルを早期に解消するためには、無線端末における受信強度やスループットの可視化が有効である。そこで、NTT 東日本では、スループットや受信強度を測定し、通信トラブル対応を迅速に行うための無線 LAN テスタを開発し、現場導入した。本稿では、今回開発した無線 LAN テスタを紹介する。第2章では、本ツールの概要を示し、また、第3章では、本ツールの有効性の検証結果を示す。更に、第4章では、本ツールの活用事例を紹介し、第5章では今後の課題や展望を述べる。

2 無線 LAN テスタの概要

2.1 開発コンセプト及び要求機能

通信サービスを安心・安全にご利用頂くためには、“つながらない”や“通信速度が低い”などの通信トラブルが発生した場合、一刻も早くトラブルを解消することが不可欠である。そのためには、簡易に AP の設置状況や通信状態及び、他の AP 等による周囲の電磁環境を測定・分析する必要がある。そこで、無線 LAN テスタの開発では、簡易な操作で、直感的に分かりやすい測定・分析を実施することを目指した。本ツールは、ソフトウェアをインストールしたノートパソコンと専用の無線 LAN アダプタで構成されている。

実装機能を検討するに当たり、実際に発生した無線 LAN に関わる通信トラブルについて調査した。主な故障原因と相談内容を図4に示す。その結果、外来ノイ

図3 2.4 GHz 帯における ISM 機器からの電波干渉

図4 無線 LAN に関わる問合せ内容と必要な機能

ズによる電波干渉、AP 間でのチャンネル間干渉が原因の大半を占めていた。また、通信トラブル以外として AP の配置設計や AP 設置前の電磁環境調査に関する要望が多いことが分かった。そこで、無線 LAN に関わるトラブルや事前調査等に必要機能を分析し、ツールに必要な機能を以下の五つの機能とした。

- ① AP 検出機能
- ② 受信強度測定機能
- ③ スループット測定機能
- ④ 分布表示機能
- ⑤ 電磁環境モニタ機能

同様な機能を有する市中製品も存在するが、無線 LAN テスタは、これら全ての機能を一つのソフトウェアで実現し、現場保守者のニーズを踏まえて簡易に操作できることが特徴である。次節以降では、これら各機能の詳細を紹介する。

2.2 AP 検出機能

無線 LAN の AP は、周囲に自身の存在を通知するため定期的にビーコン信号を送信している。このビーコン信号には、端末が無線 LAN のネットワークに接続するために必要な情報であるチャンネル番号やセキュリティ情報が含まれている。AP 検出機能では、このビーコン信号を検出・解析し、AP の詳細情報を表示することができる。画面イメージを図5に示す。また、検出した全ての AP をチャンネル別、SSID (Service Set ID) 別に一覧表示することで、空きチャンネルの状況や、他の AP と

の干渉の可能性を確認できる。

2.3 受信強度測定機能

受信強度測定機能では、無線 LAN アダプタで受信した AP の信号強度をリアルタイムに表示する。リアルタイムに測定を実施しているので、測定しながら移動することで、任意の位置における無線 LAN 信号の受信強度を確認することができる。画面イメージを図 5 に示す。

2.4 スループット測定機能

スループット測定機能では、AP に対して UDP パケットを連続的に送信し、応答パケット (ACK) を確認することで、スループットを測定する。測定しながら移動することで、任意の位置でのスループットの変動を確認できる。ただし、スループット測定を実施するには、測定対象となる AP に接続する必要がある。画面イメージを図 6 に示す。

2.5 分布表示機能

分布表示機能では、無線 LAN 信号の受信強度分布やスループット分布をグラフィカルに表示することができる。受信強度とスループットの測定は前述の機能を利用し、測定値の大小を色で表す。任意の位置で受信強度と

スループットを同時に測定し、測定点を増やすことで各点間を補間しながら電波の到達エリアや通信可能エリアを視覚的に確認できる。画面イメージを図 7 に示す。

2.6 電磁環境モニタ機能

電磁環境モニタ機能では、AP が利用するチャンネル、帯域幅及び受信強度を表示する。受信強度の測定は前述の機能を利用し、縦軸に受信強度、横軸にチャンネル番号の形式で表示する。

また、無線 LAN の通信に影響を与えるようなノイズを検出し、AP と同様にチャンネルごとに表示する。各チャンネルの使用状況や空きチャンネルの状況及び外来ノイズの存在を確認できる。画面イメージを図 8 に示す。

3 無線 LAN テスタの有効性検証

3.1 受信強度測定機能の検証

電波暗室に AP を 1 台設置し、無線 LAN テスタによる受信強度の測定値と、スペクトラムアナライザによる測定値を比較した。検証系を図 9 に示し、測定結果を表 2 に示す。AP からの距離が遠ざかると、無線 LAN テスタによる測定値がスペクトラムアナライザによる測

図 5 AP 検出機能と受信強度測定機能の画面例

図 7 分布表示機能の画面例

図 6 スループット測定機能の画面例

図 8 電磁環境モニタ機能の画面例

定値と同様に減少する傾向を示していることが確認できた。ただし、無線 LAN テスタの運用時には、操作者が受信アンテナ（無線 LAN アダプタ）の傍にいたり無線 LAN テスタの向きや高さが変動するため、測定誤差が増すことが想定される。

3.2 スループット測定機能の検証

電波暗室において、無線 LAN テスタによるスループット測定値と、パケット送出ソフトを用いたスループット測定値を比較した。検証系を図 10 に示す。その結果、無線 LAN テスタによる測定値は 89 Mbps、パケット送出ソフトによる測定値は 92 Mbps であり、おおむね一致していた。スループットについても無線 LAN テスタによる測定値は、正しく測定できていることが確認できた。

表 2 受信強度測定機能の検証結果

APからの距離	無線LANテスト	スペクトラムアナライザ
1 m	- 31 dBm	- 33 dBm
3 m	- 39 dBm	- 42 dBm
5 m	- 41 dBm	- 42 dBm

3.3 電磁環境モニタ機能の検証

電磁環境モニタ機能における無線 LAN 信号とノイズの検出について検証を行うために、電波暗室に AP とワイヤレススピーカを設置し、無線 LAN テスタによる測定結果とスペクトラムアナライザによる測定結果を比較した。検証系を図 11 に示す。無線 LAN テスタによる測定結果を図 12 (a) に示す。図より、6 ch と 11 ch に AP からの信号が存在することが確認でき、1 ch ～ 4 ch (2.40 GHz ～ 2.44 GHz) に、ノイズを検出していることが分かる。また、スペクトラムアナライザによる測定結果を図 12 (b) に示す。図より、2.4 GHz 帯において無線 LAN の AP による信号とワイヤレススピーカの信号が確認できている。以上の結果より、無線

図 10 スループット測定機能の検証系

図 9 受信強度測定機能の検証系

図 11 電磁環境モニタ機能の検証系

(a) 無線 LAN テスタの測定結果

(b) スペクトラムアナライザの測定結果

図 12 電磁環境モニタ機能の検証結果

LAN テスタは、無線 LAN 信号とワイヤレススピーカの電波を正しく測定できていることが確認できた。

4 無線 LAN テスタの活用事例

4.1 通信可能エリアの確認調査

屋外に仮設置した AP の電波の到達範囲と通信状況について、無線 LAN テスタを用いて調査した事例を紹介する。

分布表示機能を使って、地上高 2 m の位置に設置した AP の受信強度とスループットの分布測定の結果をそれぞれ図 13、図 14 に示す。AP からは 2.4 GHz の電波を送信した。AP から 30 ~ 50 m の範囲は -70 dBm 以上の受信強度であった。また、10 Mbps 以上のスループットが確認できた範囲は AP から 10 m 程度までであった。また、無線 LAN の AP 設置場所に対して見通しが良い位置においても、スループットが低く、良好な通信環境とは言えない状況であった。また、電磁環境モニタ機能を使って、チャンネルの空き状況を確認した結果を図 15 に示す。2.4 GHz 帯においては、未使用のチャ

図 13 分布表示機能による受信強度の測定結果

図 14 分布表示機能によるスループットの測定結果

ネルはなく、どのチャンネルに設定しても干渉が発生する状況であった。

以上の結果より、実際の環境においては屋外の見通しが良い位置であっても、各家庭やオフィス・店舗等の AP が多数存在するためにチャンネル間干渉が発生し、十分なスループットが得られる範囲はごく限られたものとなっている実態を掴んだ。

4.2 外来ノイズによる AP との接続不良事象

続いて、屋内での通信トラブルについて紹介する。パソコンを用いて屋内に設置された AP へ接続を試みても SSID が見当たらず、接続できないという事象が発生した。もちろん、AP では SSID を通知するよう設定していた。

事象が発生している場所において、電磁環境モニタ機能を使い、チャンネル間干渉及びノイズの有無を確認した結果を図 16 に示す。事象発生時は、無線 LAN の信号

図 15 電磁環境モニタ機能による測定結果

図 16 電磁環境モニタ機能による測定結果 (トラブル発生時)

が検出されないこと、更に、1 ch～3 ch 付近にノイズの存在が確認できた。測定結果より、ノイズによる電波干渉が発生していたと考えられる。そのため、AP のチャネルをノイズのない 13 ch に変更したところ、無線 LAN とノイズの干渉がなくなり、トラブルは解消した。チャネル変更後の結果を図 17 に示す。

5 まとめ

無線 LAN 機能を搭載したモバイル端末の普及に伴いインターネットへのアクセス環境が整備される一方、電波干渉等による通信トラブルが発生している。無線 LAN は電波を用いて通信を行うため、通信トラブルの原因を把握することが難しくなっている。そこで、NTT 東日本では目に見えない電波状況を簡易に可視化して確認・分析できる無線 LAN テスタを開発した。

本ツールは、無線 LAN の通信トラブル対応に必要なアクセスポイント検出機能、受信強度測定機能、スループット測定機能、分布表示機能、電磁環境モニタ機能を備えることで、通信トラブル対応時間の短縮、並びに円滑な Wi-Fi サービス提供を実現する。しかしながら、無線技術の発展は目覚しく、今後も本ツールの機能充実や IEEE 802.11ac といった新たな規格に対応することが必要となる。最後に、筆者らは、ユーザへの良好な無線 LAN 通信環境の提供並びに、“つなぎ” 続けることを支援する積極的な活動を継続していく。

図 17 電磁環境モニタ機能による測定結果
(チャネル変更後)

岡本 健 (正員)

平成 18 名古屋大・環境学研究科地球環境科学専攻修了。同年 NTT 環境エネルギー研究所配属。平成 22 より NTT 東日本 技術協力センタ EMC 技術担当にて通信設備の EMC に関わる故障の予防保全業務に従事。

平澤徳仁 (正員)

平成 10 東京理科大・電気工・電気電子工卒。同年 NTT 入社。平成 13 から NTT 東日本法人営業本部に在籍。平成 20 から NTT 環境エネルギー研究所に在籍。平成 24 年より NTT 東日本技術協力センタ EMC 技術担当にて電磁ノイズに関連する通信故障対策業務に従事。

伊藤秀紀

昭和 58 熊本電波工業高専（現熊本高専）卒。昭和 61 NTT 下関支店配属。以降、電気通信設備の保守業務に従事。平成 8 より NTT 東日本技術協力センタ EMC 技術担当にて通信設備の EMC に関わる故障の原因究明及び予防保全対策業務に従事。

村川一雄 (正員)

昭和 61 熊本大・工学研究科電子工学専攻修了。同年 NTT 茨城電気通信研究所入所。入所以来、EMC 計測用アンテナの研究開発に従事。平成 2 篠原学術奨励賞受賞、平成 7 プリント回路学会研究奨励賞受賞、平成 9 日本電気協会 滋澤賞受賞、平成 13 日本 ITU 協会国際奨励賞受賞、平成 14 ITU-T SG5 Certification of Appreciation、平成 15 日本電気協会滋澤賞受賞。平成 21 年 10 月より、NTT 東日本サービス運営部技術協力センタ EMC 技術担当部長（工学博士）。