

無線LAN用電波発射源可視化装置

Radio Source Visualizing System for Wireless LAN Systems

野沢 達哉 下牧 裕和

■ NOZAWA Tatsuya

■ SHIMOMAKI Hirokazu

携帯電話や無線LANなどの電波利用環境が急速に整備され、電子メールやWebなどがいつでもどこでも利用できるようになってきた。しかし、このように電波利用が便利になる一方で、電波環境が過密になり、通信機器間などで起きる電波干渉や混信が大きな問題となっている。そこで、通信サービス事業者などから、より安全で安心できる通信インフラを構築するため、電波干渉源を早期に発見できるシステムが求められている。

東芝は、このようなニーズに応えるため、小型・軽量化された可搬型の無線LAN用電波発射源可視化装置を開発した。この装置は、2.4 GHz帯の無線LANの電波に対応したものであり、カメラ画像と、2次元的に測定した電波の到来方向を画像合成して、視覚的に電波発射源を特定できる。ほかの機器から発射された電波や反射波の影響で電波干渉が生じた場合、この装置により容易に電波干渉源の場所を推定し、電波吸収体の設置など有効な対策を短時間で行うことが可能になる。

With the rapid dissemination of wireless communication systems such as cellular phones, wireless LAN systems, and so on, e-mail and Web browsers have come into widespread use in various situations. However, radio interference or crosstalk among communication devices has become a major problem due to congestion of radio wave spectrums. To realize secure communications, a system that indicates the locations of conflicting sources of radio emissions at an early stage of building a communications infrastructure is required.

In response to this situation, Toshiba has developed a mobile radio source visualizing system for wireless LAN systems that visually pinpoints suspected sources of radio wave emissions in the frequency range from 2.4 to 2.5 GHz used for wireless LAN systems. Experiments on monitoring of radio emissions and reflected waves from other equipment confirmed that this system achieves successful performance and offers an effective countermeasure against such radio sources.

1 まえがき

最近、駅や空港、カフェなどで、電子メールやWebが利用できるようになり、生活環境がより便利になってきている。なかでも無線LANなどの通信インフラは、利用環境が急速に広がっており、社会にとっても重要なインフラとなっている。IEEE 802.11b/g（電気電子技術者協会規格 802.11b/g）に準拠した無線LANによるサービスには、2.4 GHz帯が広く適用されている。この周波数帯は、無線LAN以外にもISM（産業科学医療用）帯の電波として周波数が割り当てられ、電子レンジ、コードレス電話、Bluetooth[®](注1) 機器のほか、アマチュア無線、防犯カメラ、ラジコンなど様々な機器に使われている。

このような電波環境下では、ほかの機器との電波干渉が原因で無線LANの通信速度が低下するといった通信障害が生じる場合があり、社会的な問題になりつつある。より安全で安心できる通信インフラを提供するためには、電波干渉の原因となる電波の発射源を突き止め、電波環境の改善を行う必要性が出てきている。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. が所有する登録商標であり、東芝は、許可を受けて使用。

東芝は、このような問題を解決するため、電波干渉の原因となっている電波の発射源を推定し、視覚的にその発射源を発見できる無線LAN用電波発射源可視化装置を開発した。今回開発した装置は無線LANの2.4 GHz帯の電波を対象としており、無線LAN環境における電波干渉の調査などを支援する装置として使用できる。

ここでは、無線LAN用電波発射源可視化装置の概要とその特長、及び反射波抑圧効果の検証結果について述べる。

2 無線LAN用電波発射源可視化装置

2.1 概要

無線LAN用電波発射源可視化装置は、無線LANと同じ周波数帯の電波発射源から発射される電波の状況を、視覚的にとらえてその位置を特定する。受信した電波の到来方向を2次元（方位角と仰角）で測定し、カメラで撮影した背景画像と合成表示することにより、電波発射源の位置を容易に特定することができる。

この装置は可搬型で、アンテナ部、信号処理部、表示部、及び付属品の電源とケーブルから構成される（図1）。装置の



主な仕様を表1に, 系統図を図2にそれぞれ示す。

アンテナ部は, 電子走査式アレーアンテナで受信した電波を高周波数 (RF) 信号として受信機に出力する。受信機はRF信号を信号処理部で処理できるよう中間周波数 (IF) 信号に変換する。また, ネットワークカメラで取得した画像データは, 高速LANにより信号処理部内のハブを経由して表示部に伝送される。

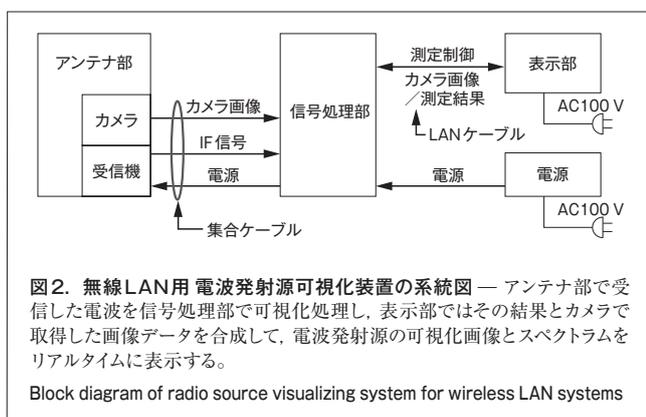
信号処理部は, 受信機からのIF信号を高速A/D (Analog

表1. 無線LAN用電波発射源可視化装置の主な仕様

Main specifications of radio source visualizing system for wireless LAN systems

項目	仕様
電波発射源推定可能周波数範囲	2.4~2.5 GHz (帯域幅 20 MHz)
アンテナ素子数	4×4素子
最大受信可能レベル	10 dBm以上 (アンテナ入力端)
最小受信可能レベル	-50 dBm以下 (受信帯域 10 MHzの場合)
最小処理感度 (S/N比)	20 dB以下
カメラ解像度	25万画素以上
カメラ画角	方位角: ±20°以上 仰角: ±15°以上
寸法 (表示部を除く)	アンテナ部: 330×380×156 mm 信号処理部: 420×400×150 mm
質量 (表示部を除く)	アンテナ部: 約6.2 kg 信号処理部: 約8.7 kg
消費電力 (表示部を除く)	90 W以下

S/N比: 信号と雑音の比



to Digital) 変換によりデジタル化する。更に, デジタル化された信号を使って, 受信した電波の到来方向と放射強度分布を2次元的に求める電波可視化処理を行い, 電波発射源の可視化画像を表示部に出力する。

表示部は, 信号処理部から取得した可視化処理結果とネットワークカメラから取得した画像データを合成し, 電波発射源の可視化画像及び受信信号のスペクトラムをリアルタイムに表示することができる。表示部には電波発射源可視化装置用のソフトウェアがインストールされており, 装置が持つすべての機能を表示部から操作することができる。

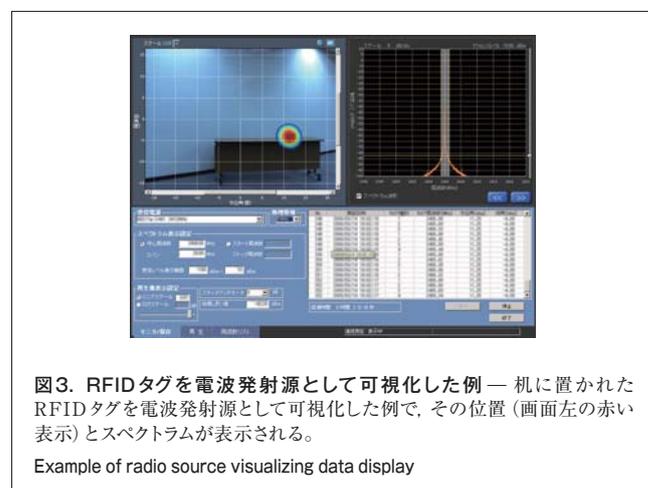
2.2 特長

この装置は, 電源を投入後, 表示部で無線LANのチャンネルを選択してモニタ開始ボタンを押すことにより, 指定チャンネルの周波数帯における電波が可視化処理される。可視化処理の結果である電波発射源の位置は表示部の画面に表示され, そのときのスペクトラムも同時に表示される。

実際の使用環境では, 無線LANとの電波干渉があった場合, スペクトラムの画像に無線LANの電波以外に干渉波も表示される。表示部の画面で干渉波のスペクトラム範囲を選択すると, その干渉波の発射源を可視化画像に表示することができる。2.4 GHz帯の電波を送信する無線ICを内蔵したRFID (Radio Frequency Identification) タグを電波発射源として実際に可視化した例を図3に示す。画面左は可視化画像であり, 電波発射源の位置をカメラ画像上に示し, 電波の強い場所は, 可視化画像上に赤く表示されている。画面右はスペクトラムの画像であり, 可視化しているキャリアを示している。

この装置の主な特長を以下に述べる。

- (1) 可視化画像のリアルタイム表示 可視化処理の結果は, 電波を受信後リアルタイムに表示されるため, 電波干渉の原因となる電波発射源を瞬時に特定することができる。また, アンテナ部を指向させながら電波干渉源を探すこともできる。

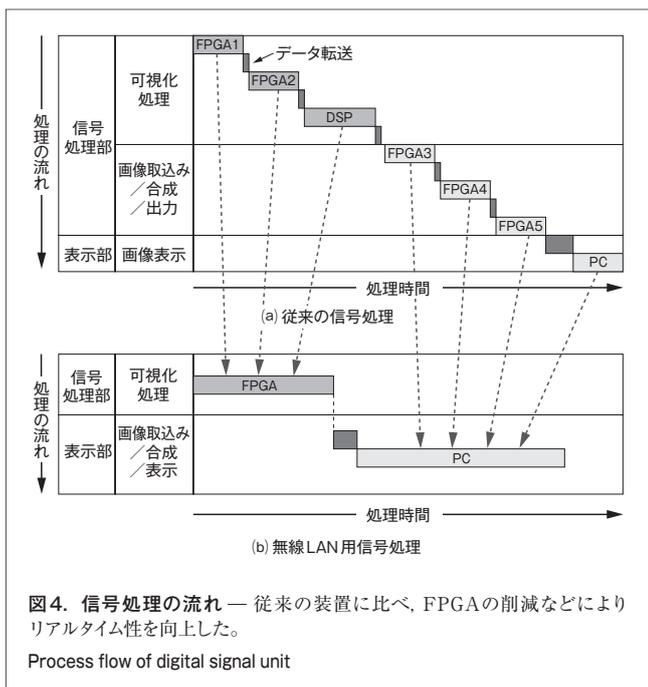


- (2) 可視化処理結果の記録と再処理 可視化処理の結果は、エビデンスとして残せるように表示部のハードディスク装置 (HDD) に保存することができる。また、HDD に保存されたデータを再表示し、スペクトラムの中から別のキャリアを再選択して可視化処理を再度行い、その結果を表示することができる。これにより、リアルタイム表示では気づかなかった電波干渉源を探することもできる。
- (3) 小型・軽量化 アンテナ部及び信号処理部は、持ち運びが可能な寸法と質量にまで小型・軽量化したため、電波干渉の調査を行う場合、容易に移動することができる。また、アンテナ部と信号処理部間は集合ケーブルで容易に接続できるため、装置の移動後、短時間で立ち上げることができる。
- (4) 操作性 無線LANの各チャンネルで干渉波の可視化操作が容易になるように、あらかじめ可視化処理に必要な設定情報が表示部に登録されている。この登録情報の中から調査対象のチャンネルを選択するだけで、電波発射源の位置を容易に見つけることができる。
- (5) 拡張性 装置のアンテナ部を5GHz帯用のものに交換することで、IEEE 802.11a/jに準拠した5GHz帯の無線LANにも対応することができる。

今回、これまでの開発^{(1), (2)}における課題の解決を図っており、特に(1)及び(3)を実現した技術的なポイントを以下に述べる。

3 リアルタイム性の向上

従来、信号処理部ではDSP (Digital Signal Processor) と



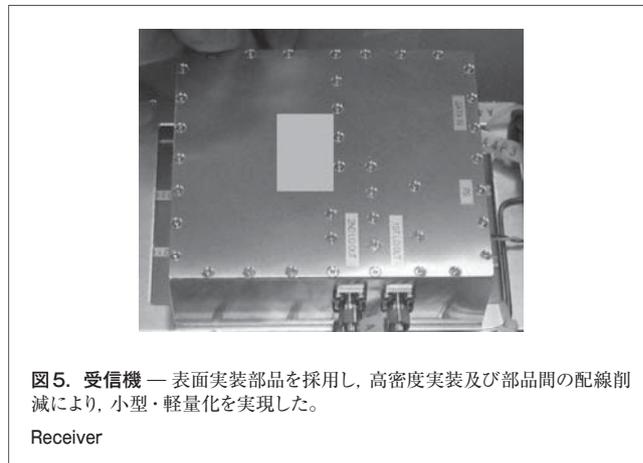
数個のFPGA (Field Programmable Gate Array) を使用していたが、可視化画像のリアルタイム性の向上と信号処理部の小型化を図るため、信号処理のアルゴリズムを最適化して一つのFPGAですべての処理を実現した。また今回、Gigabit Ethernetを出力インタフェース (I/F) に持つカラーカメラを採用することにより、背景画像を取得するために使用していたカメラ画像の入出力I/F用FPGAを削減するとともに、画像の更新レートも向上させた。

信号処理の流れを図4に示す。

従来の信号処理では、可視化処理にFPGAを2個とDSPを使用し、画像取込み、画像合成、及び画像出力の各処理にFPGAを3個使用していた。また、最終段のFPGA5から出力された画像データは、表示部側で画面への表示処理を行っていた。これに対して、今回開発した信号処理部では可視化処理を1個のFPGAで処理できるよう改良し、更に、画像取込み、画像合成、及び画像表示は表示部側で処理することにより、信号処理時間の短縮を実現した。

4 小型・軽量化

- (1) アンテナ部 軽量化、剛性、耐衝撃性を考慮し、アンテナ部筐体 (きょうたい) にはABS (アクリロニトリル ブタジエン スチレン) 樹脂を採用した。また、内部に部品を配置するため、筐体の下部を3層構造のアルミフレームにし、そこに部品を配置することで、低重心化による安定性と高い剛性を実現した。
- (2) 受信機 従来のコンポーネント部品に替えて表面実装部品を採用し、高密度化に伴う部品間のアイソレーションを考慮した実装構造としている。表面実装部品による高密度実装及び部品間の配線削減により、受信機の小形・軽量化を実現した (図5)。
- (3) 信号処理部 ネットワークカメラの採用と表示部のLAN I/F化により、従来、カメラ及び表示部用I/Fとして



使用していたFPGAを削減した。更に、各部品の配置を最適化することで、小型・軽量化及び省電力化を実現した。また、装置構成を見直し、小型化した受信機をアンテナ部と一体化することにより、信号処理部を小型・軽量化している。

5 実験による検証

2.4 GHz帯の電波発射源を可視化した例を図6に示す。三脚上に設置されたノートパソコン(PC)の2.4 GHz帯の無線LANカード(IEEE 802.11b)を電波発射源として可視化することができた。また、2.4 GHz帯の無線LAN(IEEE 802.11g)の電波に対しても同様の結果が得られた。

次に、反射波の位置を可視化した例を図7に示す。これは、図7(a)で右側にあるRFIDタグからの電波が左側の窓際で

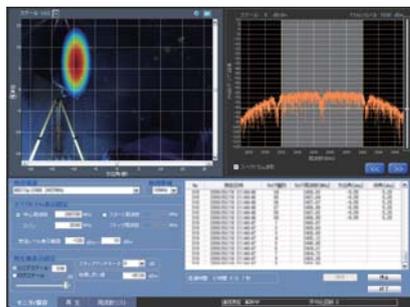
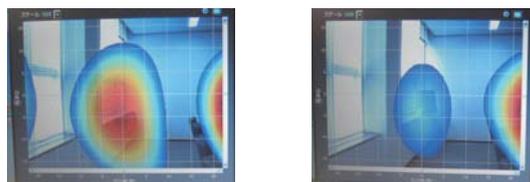


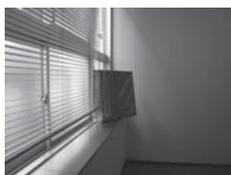
図6. 無線LANの電波発射源を可視化した例 — 三脚上に設置されたノートPCの無線LANカード(2.4GHz/IEEE802.11b)を電波発射源として可視化することができた。

Example of wireless LAN (2.4 GHz/IEEE 802.11b) radio source on visualizing data display



(a) 反射波

(b) 電波吸収体 設置後



(c) 電波吸収体

図7. 反射波の位置を可視化した例 — RFIDタグからの電波の反射波を可視化し、反射波の位置と推定した場所に電波吸収体を設置することで、反射波が減衰したことがわかる。

Example of reflected radio source on visualizing data display

射しているようすを可視化したものである。また、実際に反射波の位置と推定した場所に電波吸収体を設置し(図7(c))、反射波が減衰したことを確認できた(図7(b))。これにより、有害な反射波の位置推定と電波吸収体による反射波抑圧効果を検証することができた。

実際の使用環境では、ほかの通信機器から発射された電波の反射波の影響により電波干渉が生じた場合、無線LAN用電波発射源可視化装置により電波干渉源の場所を推定し、電波吸収体の設置など有効な対策を短時間で行うことができるようになる。

6 あとがき

無線LAN用電波発射源可視化装置は、これまでに開発した電波発射源可視化装置の技術を継承しながら、装置構成や操作画面などを改良し、更に、信号処理アルゴリズムを最適化することにより、装置の小型・軽量化及びパフォーマンスの向上を実現している。

今後は更に、5 GHz帯用無線LANをはじめ、WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)対応など様々なニーズに対応できるよう開発を続け、電波環境の改善と、安全で安心できるコミュニケーション社会の実現に貢献していく。

謝辞

この装置の開発を進めるにあたりご協力いただいた、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)の関係各位に深く感謝の意を表します。

文献

- (1) 下牧裕和, ほか. 電波発射源可視化装置. 東芝レビュー. 60, 11, 2005, p.33-36.
- (2) 上村幸弘, ほか. 電波発射源可視化装置. 東芝レビュー. 61, 12, 2006, p.43-46.



野沢 達哉 NOZAWA Tatsuya
社会システム社 小向工場 電波通信技術部主務。
電波監視システムの開発に従事。
Komukai Operations



下牧 裕和 SHIMOMAKI Hirokazu
社会システム社 小向工場 電波通信技術部。
電波監視システムの開発に従事。
Komukai Operations