



無線通信環境の可視化に向けた開発

無線通信機の電波品質は単なる電波強度だけではなく、変調や同期状態、外来無線の干渉などさまざまな要因が影響します。本稿では、それら無線環境の状態を可視化するためのPHS（Personal Handy-phone System）プロトコルアナライザと簡易マルチバンドスペアナの開発について紹介します。

キーワード：#ツール開発、#特異故障、#無線

ひらさわ のりひと こまつ おうじろう
平澤 徳仁 / 小松 央次郎
おばた ひろやす ふくしま としひこ
小畑 裕康 / 福嶋 俊彦

NTT東日本

はじめに

通信環境の複雑化とお客さま宅内機器の多様化が進む中、機器交換などの通常の保守対応では解消しない“特異故障”は減る気配がありません。こうした現場の課題に対し、NTT東日本技術協力センター ネットインタフェース技術担当とEMC（Electro Magnetic Compatibility）技術担当は、通信品質を裏側から支える技術的な裏付けづくりとフィールドでの故障解析を担っています。

まずネットインタフェース技術担当は、ビジネスフォンやONU*1・ホームゲートウェイ*2など、お客さま宅からNTTビルまでのアクセス系通信を幅広く扱っており、その作業性と品質を確保するための試験・評価を日常的に実施しています。例えば、ネットワーク機器の工事・保守性の確認、IPパケットの振る舞いの解析、ビジネスフォン端末のコマンド可視化など、現場の作業者では判断が難しい技術的な妥当性を評価し、安定したサービス提供を支えています。

一方でEMC技術担当は、メタルケーブルへの電磁誘導、雷サージや太陽光発電で利用されるインバータなど外部要因によるノイズ、さらには各種無線が混在する環境での干渉評価まで、電磁環境という観点から広い技術領域を担当しています。また、NTTビル機械室内でのWi-Fi/Bluetooth使用可否調査、各種無線規格に対応した電波測定、誘導雑音の発生メカニズムの分析など、「見えない電磁的影響」を技術的に可視化する役割を担っています。

両担当の共通した取り組みが、フィールドで発生する特異故障の調査と対策立案です。特異故障とは機器交換では解決しない、

無線干渉やノイズなどの外部要因・機器相性など複合的な要因が絡んで起きるサービス故障のことを指します。

具体例として

- ・UTM*3がネットワーク内の端末へ向けて行うスキャンが影響してビジネスフォン端末が突発的にシャットダウンする事例（ネットインタフェース技術担当）
- ・太陽光インバータのノイズによりメタル回線に雑音が混入した事例（EMC技術担当）
- ・複数の無線（PHS*4・DECT*5）が相互に干渉し通信が不安定になる事例（両担当で対応）

などが挙げられます。

特異故障は「原因が通信設備そのものではない」ため発見が難しく、調査にはフィールドでの実測や信号解析が欠かせません。ネットインタフェース技術担当とEMC技術担当は互いの領域を連携させながら、原因を一つひとつ解きほぐし、対策を現場へ返しています。

さらに両担当では、特異故障の早期解決に役立つ計測器や解析ツールの独自開発にも取り組んでいます。ネットインタフェース技術担当では、IPパケットキャプチャツールやビジネスフォンの内部動作を解析するツールなど、通信プロトコルの動きを直接分析できる装置を開発し、現場の切り分けスピード向上に貢献しています。

EMC技術担当では、電力線などが通信用メタルケーブルへ与える誘導影響を評価するシステムや、さまざまな電波の電界強度を簡易に測定するツールを開発し、電磁環境に起因する故障の再現・分析を可能にしています。

このように、「現場作業で扱う技術や方法の妥当性を検証する試験研究→フィールドでの特異故障の調査・対策→現場で使用する“武器”となるツール開発」という一連の流れが両担当における活動の特徴となっています。

本稿で紹介する「PHSプロトコルアナライザ」「簡易マルチバンドスペアナ⁽¹⁾」はこの一連の取り組みから誕生した開発品で、開発に至った背景には無線を利用するお客さま宅内機器の増加に伴う無線区間トラブルの複雑化があります。

こうした背景から、

- ・変調されたPHS信号が“正しいかたち”で受信できているか評価するツール
- ・周辺電波の強度と干渉状況を現場で即座に可視化できるツール

が強く求められていました。

次に、ネットインタフェース技術担当・EMC技術担当によって開発されたこれら

*1 ONU（Optical Network Unit）：光回線終端装置。光ファイバで伝送される光信号を、家庭内や事業所内の機器で扱えるデジタル信号（IP信号）に変換する装置。光回線におけるネットワークの終端に設置されます。

*2 ホームゲートウェイ：宅内と通信事業者ネットワークの境界に設置される装置。ONU機能、ルータ機能、IP電話（光電話）機能などを一体化して提供します。

*3 UTM（Unified Threat Management）：統合脅威管理。ファイアウォール、ウイルス対策、不正侵入検知・防御（IDS/IPS）、Webフィルタリングなど、複数のセキュリティ機能を一つの機器やサービスに統合し、ネットワーク全体を包括的に保護する仕組み。

*4 PHS（Personal Handy-phone System）：日本発のデジタルコードレス系無線通信方式で、かつて公衆通信および構内通信に利用されました。

*5 DECT（Digital Enhanced Cordless Telecommunications）：主に欧州を中心に普及したデジタルコードレス電話の国際標準で、日本でもPHS後継の構内無線方式として利用されています。

方式無線の変調信号を測定する際にキャプチャしたデータを音声データ（WAV形式）に変換し、「CS/PSの両方の音声」を保存・再生することで通話品質を確認できます。

無線区間を経た PS は通信の最終端であり、無線区間信号から得た音声をお客さまと共に確認することで、申告された不具合事象を確実に把握できます。また、前述の EVM値やCRCエラーといった定量的な無線品質と、音声としての聞こえ方の両面から評価することで、原因究明に大いに役立ちます。

(3) スペクトルモニタ

スナップショットによるPHS方式の電波周波数帯の電波強度をスペクトル表示する機能を持ちます。最大42チャンネル分のスペクトルをグラフ表示することが可能であり、色は設定期間内の出現頻度を表します。赤くなるほど出現頻度が高くなります。また特定チャンネルの電界強度がしきい値より小さくなったときの検出条件や、妨害波の検出条件（DECT, TD-LTE1.4 MHz/5 MHz）を設定することが可能です。

PHS方式およびDECT方式において、両者の信号が周波数的に重複する場合には、このモニタ上で波形の重なり（干渉）を観測することにより、各信号を識別することができます。一方で、複数のPSが使用するチャンネルが重複している場合や、マルチパスが発生している状況においては、このモニタだけでは識別が困難です。本開発ではCS⇄PS間の通信シーケンスを表示できるプロトコルモニタを同時に表示する機能を実装し、スペクトル情報とプロトコル情報を組み合わせることで識別を可能としました。またプロトコルモニタにてCS⇄PSのハンドオーバー時の追跡ができます。

このように、PHSプロトコルアナライザは単なる電界強度測定機ではなく、コンスタレーションの数値化や、実際の音声データの保存・再生、スペクトルとプロトコル情報の組み合わせにより「PHS方式の信号・

通話品質」を直接評価できる診断ツールです。例えばビジネスフォンで報告される「雑音が入る」「通話がときどき途切れる」といった症状は、装置交換では改善しないケースが多くあります。こうした現象の原因が

- ・電波強度不足
- ・マルチパスによる信号劣化
- ・他無線との干渉によるシンボル乱れ
- ・フレーム誤りの増加

といったどこにあるのかを、現場で短時間に切り分けることが可能になりました。さらに切り分けの結果からCSの設置場所を提案することもできます。

開発したPHSプロトコルアナライザは、DCL環境が複雑化する現在のフィールドにおいて信号・通話品質劣化の“本当の原因”を可視化する強力なツールとなり、特異故障の迅速な解決に大きく寄与しています。

簡易マルチバンドスペアナの紹介

無線通信を利用したサービスが急速に拡大する中、お客さま宅内にはPHS方式、DECT方式、Wi-Fi、各種スマート家電、さらには3G（第3世代移動通信システム）/LTE（Long Term Evolution）など、さまざまな電波が混在するようになっています。

特にビジネスフォンのDCL通信は1.9 GHz帯を使用しており、同周波数帯を利用する複数の通信方式が存在することが通信を不安定にする一因となっており、現場では「雑音が入る」「ときどき途切れる」といった申告が増えています。

しかし、無線干渉の有無を現場で即時に判断することは容易ではなく、従来は高価なスペクトラムアナライザと専門知識を必要としていました。

こうした背景から、現場で手軽に無線環境を可視化できる「簡易マルチバンドスペ

アナ」を開発しました。

EMC技術担当が開発した簡易マルチバンドスペアナの主な特徴は、以下の3点です。

(1) デジタルコードレス電話の簡易干渉判定機能

PHS方式、DECT方式の電波強度を、それぞれ5段階のインジケータで表示できます。また、DCLへ通信影響が確認されている3G/LTEの電波強度も併せて表示できます。これにより、周辺でどの方式の無線がどの程度存在しているかを一目で把握できる点が大きな特徴です。

さらに本ツールには、各方式の電波強度の相関から干渉の可能性を自動判定する簡易干渉評価機能が搭載されています。

PHS方式とDECT方式の受信強度差が20 dB以内の場合、また3G/LTEの受信強度が-30 dBm以上ある場合には、干渉の影響や携帯電話基地局の影響を受ける可能性があるため、干渉パターンを赤色に点灯させ、ひと目で電波受信強度や電波干渉の有無を確認できます（図3）。

従来、無線干渉の判断には波形観測やスペクトル解析といった高度な作業が必要でしたが、本機能により専門的なスキルがない現場作業でも、

- ・ PHS方式とDECT方式が同時に高レベルで存在している
- ・ 特定時間帯だけ3G/LTEのレベルが突出している

といった傾向を瞬時に把握し、干渉リスクを確認することができるようになりました。

これにより、無線環境の調査が“誰でも実施できる作業”へと変わり、大きな導入効果を上げています。

(2) 各種無線サービスのスペクトラム表示機能

ビジネスフォンや Wi-Fi、携帯電話以外

* 7 CS (Cell Station) : PHSにおける基地局・親機を指す用語。PS (端末・子機) と無線通信を行い、有線ネットワークを介して交換機・ビジネスフォン主装置へ接続されます。
 * 8 PS (Personal Station) : PHSにおける端末・子機 (利用者が携帯する電話機) を指す用語。基地局側であるCSに対する呼び名。

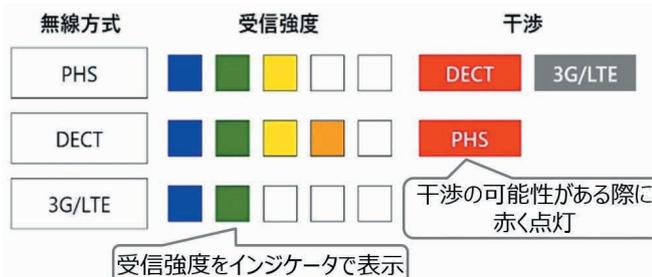


図3 簡易干渉判定

の各種無線サービスで利用される周波数帯のスペクトラムを表示できます。

例えば、420 MHz帯を利用する特定小電力無線や、920 MHz帯を利用するLPWA (Low Power Wide Area) *9など、表示したい無線サービスを選択するだけで、その周波数帯域のスペクトラムを表示できます。

登録済みの無線サービス以外にも、SDRで計測可能な1 MHz～6 GHzの広い周波数帯において任意の帯域のスペクトラムを測定できます。

(3) ヒートマップ作成機能

電波の到達エリアや干渉源の探索に役立つヒートマップを簡単に作成できます。

調査対象フロアの図面をJPEG形式で読み込み、測定する無線サービス(周波数)を選択します。電波強度測定を行いながら、計測場所に対応する図面上のポイントをクリックすることで、その場所の電波強度を記録します。複数地点で測定することでヒートマップが作成できます。

ヒートマップでは、受信強度の弱い場所は青色、強い場所は赤色で表示されます(図4)。

本ツールは、複数の無線サービスが相互

に干渉し、サービスレベルが劣化している際の原因調査で力を発揮します。

DCLの音声が断続的に途切れる故障では、PHS方式電波の変調品質に問題がなくても、周辺のDECT方式無線が断続的に高レベルで動作していれば、干渉により通話品質が劣化する可能性が高くなります。

従来、この判断には高価な測定器の持ち込みと長時間の観測が必要でしたが、簡易マルチバンドスペアナを用いることで、現場においてわずか数分の観測で干渉の可能性を迅速に把握できます。

また、EMC技術担当が特異故障調査で蓄積してきた“電磁環境の癖”に関する知見を取り入れたことで、単に電界レベルを可視化するだけでなく、干渉につながる特徴的な振る舞いを検出しやすい表示仕様となっています。

簡易マルチバンドスペアナは、これまで専門測定器が必要だった作業を現場で容易に実施できるようにし、無線起因のトラブル解決を加速させる“実践的な現場ツール”として大きく貢献しています。

フィールドでの活用事例

ネットインタフェース技術担当が開発したPHSプロトコルアナライザと、EMC技術担当が開発した簡易マルチバンドスペアナを組み合わせることで、

- ・変調信号の品質評価 (PHSプロトコル

アナライザ)

- ・周辺電波の強度・干渉評価 (簡易マルチバンドスペアナ)

という二段構えの分析が可能となり、特異故障の原因究明が大幅に迅速化されます。

以下にDCL通話の断続的な途切れ事象で機器交換では改善しない典型的な特異故障の対応事例を紹介します。

変調信号の品質評価

現場ではまず、IPパケットの欠落や再送がないかを確認し、さらにアナログ信号の波形や電源周辺のノイズ混入の有無を調査しましたが、いずれも異常はみられませんでした。

そこで無線環境の詳細確認に踏み込み、PHSプロトコルアナライザを用いて変調信号の健全性を確認したところ、電波強度は十分であるにもかかわらず、コンスタレーション図にシンボルの乱れが断続的に現れることが判明しました。

並行して簡易マルチバンドスペアナにより簡易干渉判定を行ったところ、PHS方式とDECT方式の電波を強く受信し、相互に干渉のおそれがあることを確認しました。そこでスペクトラム表示機能で詳細調査を行ったところ、CSの近傍でDECT方式無線の電波強度が高く、PHS方式電波と時間的に重なる場面が多いことが確認されました(図5)。

さらに、DECT方式が断続的に高レベルで動作するタイミングと、PHS方式の変調

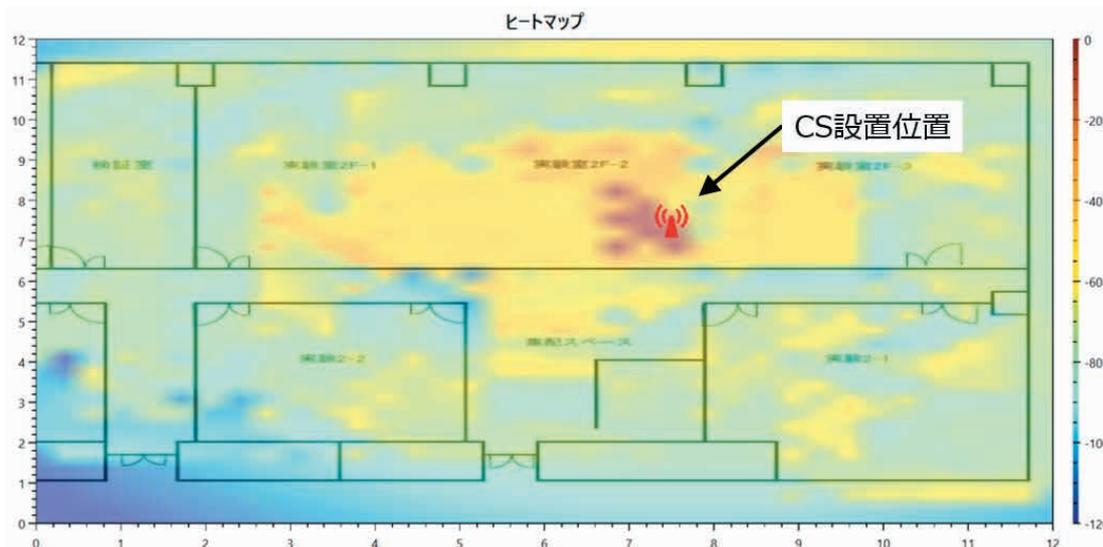


図4 ヒートマップ

*9 LPWA (Low Power Wide Area) : 低消費電力・広域通信を特徴とするIoT向け無線通信技術の総称。少量データを長距離・長期間通信できる点が特長で、センサや監視用途などに利用されます。

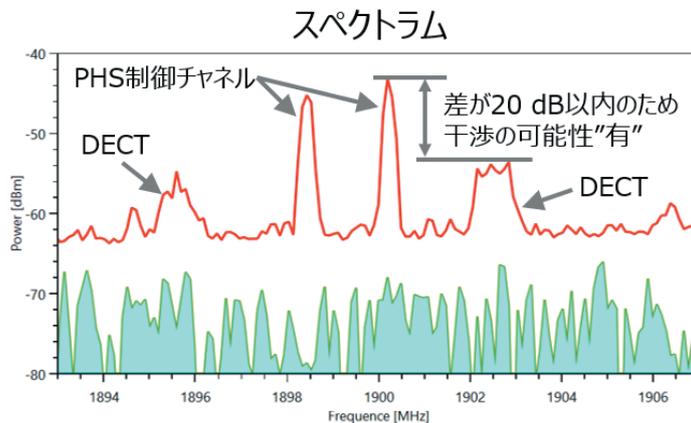


図5 お客様環境のスペクトラム解析結果

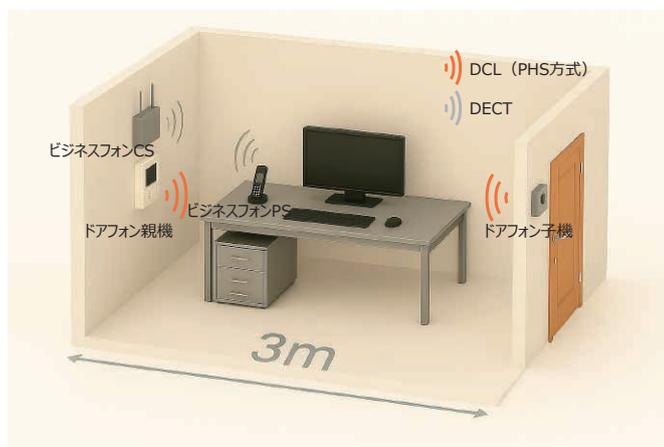


図6 お客様環境イメージ

品質が悪化するタイミングが一致しており、両者が干渉関係にあると判断しました。

■周辺電波の強度・干渉評価

お客様設備構成を調査すると、DCLのCS近傍にDECT方式無線を利用するドアフォン子機が設置されており、そのドアフォン子機の発するDECT電波が妨害波として入り込み、CS内部のアンプが飽和し通話途切れにつながったと推定しました(図6)。

そこで、簡易マルチバンドスペアナのヒートマップ作成機能を用いて、DECT方式無線とPHS方式無線とのそれぞれの電波強度差が20 dB以上となる地点を探出し、その地点へCS設置位置を変更することで干渉の影響を軽減しました。

併せて、PHSプロトコルアナライザのコンスタレーション表示機能およびEVM値やCRCエラーの確認により信号の健全性を評価し、信号品質の改善を確認しました。

本事例では、2つのツールを組み合わせることで変調品質と干渉状況を同時に評価

し、特異故障の原因を短時間で特定することができました。

おわりに

技術協力センター ネットインタフェース技術担当とEMC技術担当では、それぞれが担当する技術分野においてサービス品質の維持・向上を目的とした試験研究を行っており、特異故障の原因調査や対策立案、ならびに調査に役立つツールの開発を進めています。

今後も、お客様環境やサービスの変化に伴って発生する新たな特異故障の原因調査を通じ、フィールドで役立つツールの開発を継続していきます。

■参考文献

- (1) テクニカルソリューション：“無線サービスのトラブル解決をサポートする無線電波可視化ツールの開発。” NTT技術ジャーナル, Vol. 34, No. 7, pp. 68-71, 2022.



(左から) 平澤 徳仁 / 小松 央次郎 / 小畑 裕康 / 福嶋 俊彦

通信環境および宅内機器の多様化により、機器交換では解決困難な特異故障が顕在化しています。ネットワーク技術担当とEMC技術担当は、通信品質・電磁環境の両面から実測・解析およびツール開発を通じ、原因究明と対策立案でサービス品質の維持向上を担っています。

◆問い合わせ先

NTT東日本
ネットワーク事業推進本部
サービス運営部 技術協力センター