

## 無線 LAN をとりまく規格, 製品, 運用の進化と課題

### Evolution and Issues of the Standards, Products and Operations Surrounding the Wireless LAN

森 崎 了 一

**要 約** 2014年, ギガビットを超える無線 LAN 規格「IEEE802.11ac」対応製品が登場した。この高速化は多くの技術を組み合わせて実現している。これまで無線 LAN は遅いと言われてきたが, 通信速度が1Gbpsを超えたため, 有線 LAN がボトルネックとなる。そのため, 有線 LAN の高速化を目的とした新しい業界団体が登場している。

製品メーカーでは, 公衆無線 LAN 向け機能, スマートフォン向け機能など, 独自の進化を遂げている。また, 電波を可視化する技術も進化した。医療機関や学校など, 無線 LAN を利用する業種も増えている。医療機関では電子カルテシステムの無線 LAN 化, 学校ではタブレット端末を使って授業を行っている。しかし用途や環境によって課題もあり, その解決策を示した。

**Abstract** In 2014, products hit the streets that are compatible to wireless LAN standard “IEEE802.11ac” exceeding the baud rate of giga-bits. This speedup is realized by combining a number of techniques. Previously wireless LAN has been said to be slow, but as its baud rate exceeds 1 Gbps the wired LAN will become a bottleneck. Therefore, new industry associations aimed at speeding the wired LAN have appeared.

Product manufacturers have made their own evolution in the feature for public wireless LAN, feature for the smart phone. And the technology to visualize the radio waves was also evolved. It is also growing Industries such as medical institutions and schools that use wireless LAN are increasing recently. Medical institutions use the electronic medical record system based on the wireless LAN, the school give lessons by using the tablet terminals. However, this paper describes the problems pertinent to wireless LAN environment and its solutions.

#### 1. はじめに

スマートフォン, タブレットをはじめとするモバイル端末の普及から, 無線 LAN の一般化が進んでいる。企業においても, 業務でのノートパソコンやスマートデバイスの活用, ネットワークケーブル不要による設備コストの削減から, 無線 LAN はネットワークシステムに欠かせない存在となっている。

無線利用の免許が不要な手軽さから, 無線 LAN 対応製品の保有台数は, 1人2台, 3台と増加傾向にあり, 接続端末の高密度化が進んでいる。そして, モバイル端末の多機能化, 処理能力向上により, コミュニケーションツールを使ったビデオ会議, 音声通話, シンクライアント (Thin Client) のリモート接続など, 端末1台あたりの通信量が増加している。

無線 LAN 規格としては, 高速化技術の IEEE802.11ac<sup>[1]</sup>が2014年に正式に標準化され, 現在の主流となっている。無線 LAN の高速化により, これまで有線 LAN でしか実現できなかった

た高速なデータ通信，高解像度ビデオの配信，クライアント密度が高い環境での利用も無線 LAN 上で実現可能となった。

本稿では，2 章でこれらの無線 LAN 規格の進化，3 章で周辺技術の進化，4 章で対応する無線 LAN 製品の進化，5 章で可視化を含めた運用管理面の進化について説明する。また，最近の無線 LAN の利用業態は多岐にわたっていることから，6 章で業態毎の使い方や課題についても説明する。なお，スマートフォンやタブレットなどの製品の進化，3G/4G LTE といったモバイル通信についての解説は対象外とする。

## 2. 無線 LAN の規格の進化

無線 LAN に関する規格は，IEEE802 委員会<sup>[1]</sup>のワーキンググループ 11 (IEEE802.11)<sup>[2]</sup>で標準化されている。その配下にはタスクフォースが活動しており，現在も無線 LAN の新たな無線周波数帯での利用，高速化，効率化など，追加仕様を策定している (表 1)。IEEE802.11 は 1997 年 6 月に最初に制定され，その時の通信速度の規格値は最高 2Mbps だった。その後のタスクフォースで，802.11b (2.4GHz 帯，規格値 11Mbps)，802.11a (5GHz 帯，規格値 54Mbps)，802.11g (2.4GHz 帯，規格値 54Mbps) と進化し，2009 年に 802.11n (2.4/5GHz 帯，規格値 600Mbps)，2014 年 1 月には 802.11ac (5GHz 帯，規格値 6.9Gbps) へと進化した。

表 1 802.11 の主な規格内容と標準化動向

規格	策定期期	概要
802.11a	1999 年	5GHz 帯で規格値 54Mbps を実現
802.11b	1999 年	2.4GHz 帯で規格値 11Mbps を実現
802.11e	2005 年	QoS の追加
802.11F	2003 年	AP 間の通信プロトコルを規定
802.11g	2003 年	2.4GHz 帯で規格値 54Mbps を実現
802.11h	2003 年	欧州における 5GHz の利用を規定
802.11i	2004 年	802.1X 認証，AES によるセキュリティの強化
802.11j	2004 年	日本における 4.9-5GHz での無線 LAN 利用
802.11k	2008 年	無線環境の測定情報に関する規定
802.11n	2009 年	2.4/5GHz 帯で規格値 600Mbps を実現
802.11r	2008 年	高速ローミング
802.11s	2011 年	メッシュ型ネットワーク
802.11v	2011 年	無線環境の管理
802.11ac	2014 年	5GHz 帯で規格値 6.9Gbps を実現
802.11ad	2013 年	60GHz で規格値 7Gbps を実現
802.11ah	策定中	1GHz 以下を利用した無線ネットワーク
802.11ai	策定中	10msec で高速接続
802.11ax	策定中	高密度環境での無線 LAN 利用

無線 LAN が広がり始めた当初は、セキュリティー方式の WEP に脆弱性が見つかり、企業内での利用が懸念されていた。それに対応するため、電子証明書を使った認証と AES による暗号を使った 802.11i が標準化され、懸念は解消された。他にも、コンテンツのマルチメディア化に対応するための優先制御 (QoS) を定めた 802.11e、60GHz 帯を利用して規格値 7Gbps を実現する 802.11ad などがある。また、接続処理を効率化し高速接続を実現する 802.11ai、900MHz 帯を利用し IoT 分野での利用も期待されている 802.11ah、高密度環境における利用を効率化し速度を向上させる 802.11ax など、今後の策定が期待されている。

## 2.1 IEEE802.11ac による高速化

IEEE802.11ac (以下 802.11ac) は、2008 年から検討が始まり 2014 年 1 月に正式に標準化された。標準化にあたり掲げられた目標は以下のとおりである。

- 1) 6GHz 以下の無線周波数を利用。但し、2.4GHz は利用しない。
- 2) 複数 STA のスループットの合計が 1Gbps 以上 (シングルリンクでは 500Mbps 以上)。

まず、1) の「6GHz 以下」とは、5GHz での利用を想定している。そのため、5GHz を利用した既存の規格 (802.11a/n) と下位互換を持つが、2.4GHz は利用しないため、802.11b/g/n との互換性は持たない。

そして、2) の「複数 STA」とは同時通信を指す。802.11ac 以前の無線 LAN 規格は、半二重通信で、その時間において同時に 1 台までの片方向通信しかできなかったが、2.1.5 項で述べる Multi-User MIMO 機能により同時通信を実現している。具体的なスループットを目標に掲げていることから分かるように、有線 LAN のギガビットイーサを意識した規格となっている。

802.11ac では、以下の項で述べる手法を組み合わせることで高速化を実現している。

### 2.1.1 80MHz, 160MHz のチャンネルボンディング

チャンネルボンディングとは、複数の無線チャンネルを束ねて利用する技術である。ボンディングは 802.11n で最初に標準化され、20MHz を束ねた 40MHz のボンディングを実現した。802.11ac では 80MHz, 160MHz のボンディングが可能となった。

802.11ac は、802.11a, 802.11n と同様に OFDM 変調方式を採用している。OFDM とは Orthogonal Frequency-Division Multiplexing の略で、直交周波数分割多重変調と訳され、データを複数のサブキャリア (搬送波) に乗せて通信を行う方式である。ボンディングをすることで複数のチャンネルを束ね、サブキャリアを増やし、データ量を約 2 倍に増やす仕組みである。

図1は、日本の5GHzとチャンネルボンディングを表している。連続した160MHzをボンディングすると、選択できる組み合わせが限られてしまう。802.11ac では、連続しない二つの80MHzを束ねた80MHz+80MHzボンディングも用意され、柔軟なチャンネル設計が可能となっている。

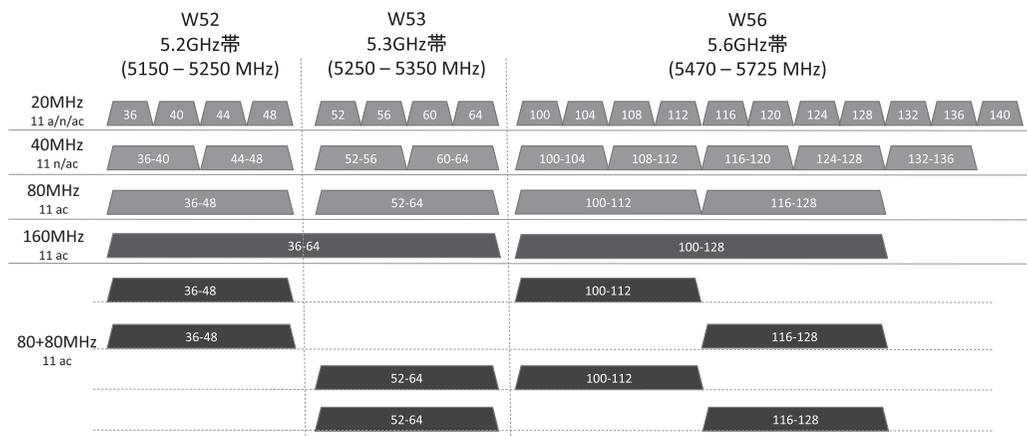


図1 日本の5GHzとチャンネルボンディング

### 2.1.2 256QAMの変調方式を採用

変調とは、デジタル信号を電波として送信できるように変換することである。QAM (quadrature amplitude modulation) は、無線における変調方式のひとつで、日本語では直交振幅変調と訳される。振幅と位相の両方を使って変調する方式である。無線LANでは、電波の状況や通信の再送状況に応じて、BPSK<sup>\*1</sup>、QPSK<sup>\*2</sup>、QAMなどと変調方式を変えて通信を行うが、QAMが一番多くのデータを送ることができる方式である。

電波に情報を載せられる最小の時間をシンボルと呼ぶ。802.11a, 802.11nまで利用されてきた64QAMは1シンボルあたり6bitを送信可能だった。802.11acでは256QAMがサポートされ、1シンボルあたり8bitを送信可能となり、1.33倍の高速化を実現した。ただし、256QAMは64QAMに比べ緻密なデータ転送になるため、不確実性が高く、限られた範囲での恩恵となる。

### 2.1.3 フレームアグリゲーションの拡張

フレームアグリゲーションとは、複数のデータフレームを一つに束ねて送信する仕組みである。無線LANは有線と異なり、通信を行う度に到達確認 (acknowledgement) を行う。また、データ送信を行う度に、バックオフ時間が必要である。フレームアグリゲーションをすることで、到達確認、バックオフ時間を減らし、電波の効率的な利用が可能となる。

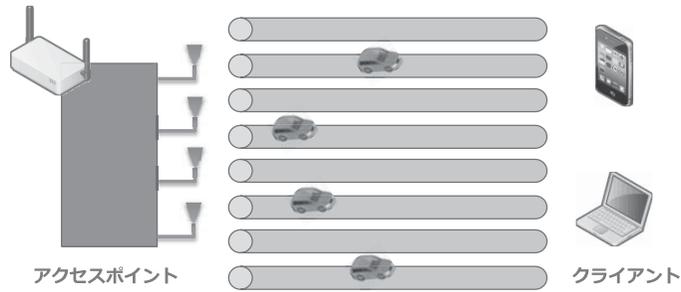
フレームアグリゲーションは、802.11nで既定され、最大約65.5KBだったが、802.11acでは1MBに拡張された。

### 2.1.4 最大8空間ストリーム

802.11n, 802.11acでは、MIMO (Multi-Input Multi-Output) 技術を採用している。MIMOは複数のアンテナで同時伝送することで、無線通信を高速化する技術である。送信経路を空間ストリームと言い、複数の空間ストリームで構成される。送信したいデータを分割し、それぞれの空間ストリームで送受信するため、空間ストリーム数を増やすと、スループットが向上する。

802.11nでは、規格上4空間ストリームが上限だった。802.11acでは、8空間ストリームまで拡張された。これをイメージしたのが図2である。空間ストリームを自動車の道路に例えており、802.11acではこれが8車線まで増え、スループットを向上させている。

## 空間ストリーム



11nでは最大4空間ストリームであったが、11acでは最大8空間ストリームとなっている。また、アンテナの本数以上のストリーム数を出すことはできない。

図2 空間ストリームのイメージ

また、多数の空間ストリームを使うには、アクセスポイントとクライアントの双方が対応する必要がある。クライアントの小さな筐体では、搭載できるアンテナが限られており、多くの空間ストリームを使うことができない。これを、次項の Multi-User MIMO が解決する。

## 2.1.5 下り方向の Multi-User MIMO

Multi-User MIMO とは、MIMO 技術を利用し、アクセスポイントと複数ユーザー間で同時通信する技術である。無線 LAN では 802.11ac で初めて規格された。アクセスポイントからユーザー宛の下り方向通信で利用可能な技術である。MIMO は、空間ストリームで通信するが、複数ある空間ストリームを、ユーザー毎に分けることで、同時通信を可能にしている。これまで無線 LAN は半二重通信で、同時に 1 台の通信しかできなかったため、画期的な技術である。

図3は、これまでの Single-User MIMO と Multi-User MIMO を比較している。Single-User MIMO は、同一時間で 1 台の通信しかできないが、Multi-User MIMO では、端末毎に空間ストリームを分けることで、同時通信を可能としている。

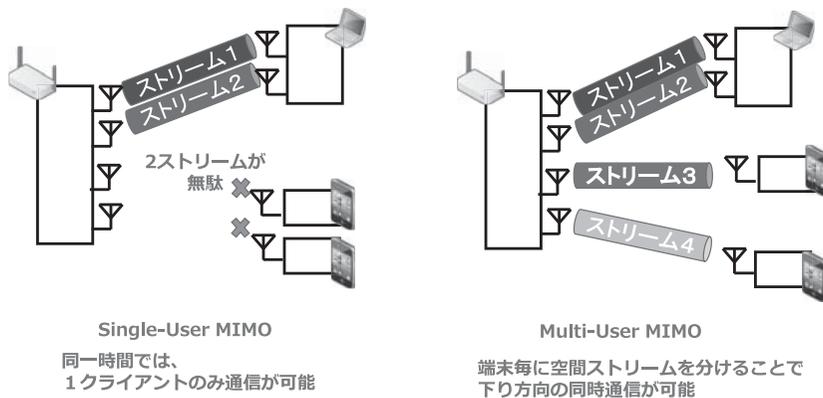


図3 Multi-User MIMO

Multi-User MIMO を実現するため、ビームフォーミング機能を利用している。ビームフォーミングとは、電波の重なりを利用して高いシグナルの電波を届ける技術である。Multi-User MIMO では、空間ストリームを分けて同時通信を行うが、同時に通信する他の端末デバイスにはビームフォーミングとは逆の打ち消し合う波を出すことで、同時通信を実現している。

### 2.1.6 802.11ac wave1 と wave2

802.11ac は標準化される前のドラフト段階（ドラフト 3.0）で製品が市場に投入された。これらの製品の特徴は、80MHz のチャンネルボンディング、3 空間ストリーム、256QAM に対応し、最高リンク速度が 1.3Gbps である。なお、Multi-User MIMO には対応していない。これらの製品は、802.11ac wave1 と呼ばれている。

その後、2014 年 1 月に標準化され、Multi-User MIMO 機能を実装した wave2 製品が発売された。wave1 と wave2 の実装を比較すると表 2 の通りである。802.11ac に対応していても、製品によって対応する機能が異なるため、購入前に確認が必要である。

表 2 802.11ac wave1 と wave2

	Wave 1	Wave 2	IEEE802.11ac 規格上限
対応規格	802.11ac draft 3.0	802.11ac final	802.11ac final
最高リンク速度	1.3Gbps	3.5Gbps	6.9Gbps
チャンネル幅	20, 40, 80 MHz	20, 40, 80, 160, 80+80 MHz	20, 40, 80, 160, 80+80 MHz
ストリーム	3 空間ストリーム	3, 4 空間ストリーム	8 空間ストリーム
変調方式	256 QAM	256 QAM	256 QAM
MIMO	Single-User MIMO	Multi-User MIMO	Multi-User MIMO

## 3. 無線 LAN に関連する周辺技術の進化

802.11ac の登場により、無線 LAN の伝送速度は 1Gbps を超えた。これまでアクセスポイントは、高速でも 1Gbps の有線 LAN に接続していたが、製品によっては、有線 LAN がボトルネックになる。これに対応する手法、規格について紹介する。

### 3.1 イーサチャンネルによる高速化

通常、アクセスポイントには有線 LAN ポートが一つある。これを 2 ポート設け、上位のネットワークスイッチとイーサチャンネル接続することで、2 倍の伝送速度を実現する。この手法は、一部の製品に実装されている。イーサチャンネルを組むことで高速化が可能だが、既に無線 LAN を設営している環境では、LAN ケーブルの再配線が必要である。

### 3.2 Cat5e ケーブルを使った高速化技術

Cat5e ケーブルを使い、2.5Gbps もしくは 5Gbps の伝送速度を実現する技術がある。2015 年 9 月現在、IEEE802.3 で標準化されていないが、NBASE-T Alliance<sup>[3]</sup>と MGBASE-T Alliance<sup>[4]</sup>

の二つの業界団体が、それぞれ標準化を目指している。Cisco Systems 社<sup>[5]</sup>は、mGig (Multi-Gigabit Ethernet) 対応製品として商品化しているが、これはNBASE-T Allianceの技術である。

高速化には、ネットワークスイッチ、無線 LAN アクセスポイントの対応が必要となるが、既存アクセスポイントの置き換えなど、既に Cat5e ケーブルを配線している環境では、天井裏の工事などが不要である。また、Cat5e ケーブルでは、100m まで利用可能なため、無線 LAN だけでなく有線 LAN でも、オフィスのフロア間接続、拠点間接続などの用途にも利用可能である。

#### 4. 無線 LAN 製品の進化

無線 LAN 製品は、802.11ac 等の標準化規格による進化だけでなく、独自機能による進化も遂げている。また、企業向け無線 LAN 製品は、コントローラーで中央集中管理する製品が定着しているが、初期費用削減のため、新たな提供形態も登場している。

##### 4.1 ハンドオフアシスト

鉄道の駅や空港、飲食店など、公衆無線 LAN サービスを利用できるエリアが広がっている。しかし、4G ネットワークでスマートフォンを利用して無線 LAN に繋がると通信できなくなることもある。これは、本来であれば 3G、4G 等のモバイル回線の方が速いのに、いつまでも遠くの無線 LAN に接続し続けているためである。

802.11n や 802.11ac は、アクセスポイントから距離が近ければ高速通信が可能だが、距離が離れると遅くなる。これは、パケット送信の失敗による再送、通信レート低下が発生しているためである。通信レートは、5GHz は最速 1.3Gbps (802.11ac wave1) から最低 6Mbps、2.4GHz は最速 600Mbps (802.11n) から最低 1Mbps まで低下する。

高機能無線 LAN アクセスポイント製品では、端末との距離が離れると、接続解除パケットを送信し、無線 LAN から 3G、4G 等へ切り替えを支援する機能を実装している。これはハンドオフアシスト機能等と呼ばれている。この他にも、遠くにいる端末から新規接続要求があっても無視するなど、複数の機能を組み合わせることで、サービス向上に繋げている。

##### 4.2 クライアント端末の接続分散

大型会議室など、人が多く集まる場所では、アクセスポイントを複数設置し、端末の収容数を増やしている。しかし、端末は電波が強いアクセスポイントに接続する傾向や、出入り口付近のアクセスポイントに接続する傾向などがあり、期待通りには分散しない。

このような時、無線 LAN メーカー独自のロードバランス機能を利用することで、アクセスポイント毎の接続分散を実現する。また、高機能製品では、バンドバランシング機能も実装している。これは、アクセスポイント毎の接続分散だけでなく、2.4GHz 帯と 5GHz 帯の周波数による接続分散を実現する機能である。これらの独自機能により、無線空間の有効活用が可能である。

##### 4.3 クラウド型製品

企業向け無線 LAN 製品では、専用のコントローラー製品や管理ソフトウェアサーバーを用いたアクセスポイントの管理が定着しているが、導入時の費用を抑えるため、図 4 の様にクラ

ウド型で管理機能を提供する方法もある。無線 LAN 機器のベンダーがクラウドで提供する方や、通信キャリアや SIer が管理装置をデータセンターなどにハウジングして他のネットワーク機器や回線と合わせて提供するモデルなどがある。月額課金モデルで初期導入コストを抑え、システム管理者の負荷を軽減したり、運用管理全体を委託することも可能である。

ただし、利用できる機能が限定的、管理コンソールを利用できない、自社内での柔軟な設定変更、端末追加や SSID 追加などには対応できない等のケースもある。無線ネットワークを検討する上では、管理者側の視点でどのように無線 LAN インフラを運用していきたいかを検討し、オンプレミス型かクラウド型かを選択する必要がある。

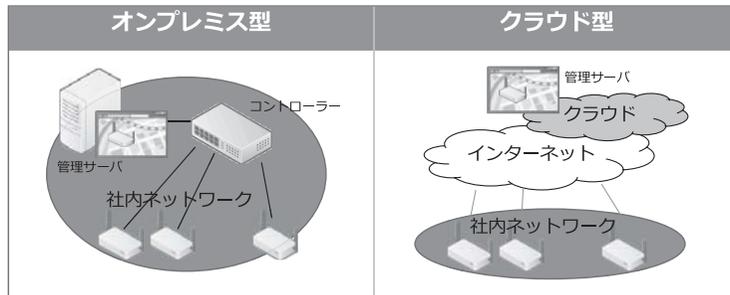


図4 オンプレミス型とクラウド型

#### 4.4 利用アプリケーションの可視化と優先制御

企業向け無線 LAN 製品では、端末が利用するアプリケーションを識別し、アプリケーション毎の優先制御、通信制限が可能である。図5は、Aruba社<sup>[6]</sup>製無線 LAN 製品の例である。

スマートフォン、タブレットでは、様々な専用アプリケーションを利用するが、これらの多くはTCP80番(HTTP)、TCP443番(HTTPS)を利用するためアプリケーション毎の制御が困難である。Microsoft<sup>®</sup> Skype<sup>®</sup> for Businessでは、通信内容が暗号化されており、音声かビデオチャットかの識別が難しい。このような用途において登場した機能である。



図5 利用アプリケーションの可視化

## 5. 運用管理面の進化

無線 LAN が利用する電波の状態は日々刻々と変化するが、目に見えないため、その状態を確認することが難しい。端末の通信障害が発生したとき、有線 LAN であれば接続ポートの確認を行う。問題がなければ、ネットワーク機器の確認へ進めていく。無線 LAN では、アクセスポイントが複数あると、どこに接続しているか知るのも困難である。それらを解決するため、運用管理面も進化している。

電波状況を可視化することで、どのアクセスポイントに接続しているのか、電波が届いているのかなど、状況を確認できる。可視化する方法は、大きく分けて二つある。一つは専用ソフトウェアを使ったもの、もう一つは管理サーバーを使った可視化である。本章で説明する。

### 5.1 専用ソフトウェアを利用した可視化

パソコンにインストールし現地で測定する。Ekahau 社<sup>[7]</sup>の Ekahau Site Survey、フルークネットワークス社<sup>[8]</sup>の AirMagnet シリーズ、Savvius 社<sup>[9]</sup>の Omnippeek シリーズがある。フロア図面を用いた電波状況の可視化、周辺アクセスポイントのリスト表示、無線 LAN 通信のパケットキャプチャーなど、リアルタイムの情報収集が可能である。

### 5.2 管理サーバー製品による電波の可視化

Cisco Systems 社製の PI (Cisco Prime Infrastructure)、Aruba 社製の Airwave が挙げられる。図 6 の様に、フロア図面を用いた電波状況の可視化、接続端末の可視化が可能である。設置しているアクセスポイントから情報収集するため、実際に現地に行かずに電波状況を可視化できる。また、syslog、SNMP サーバを兼ねた製品もあり、過去の状況と関連づけて確認できる。早期の状況把握や問題切り分けに活用できる。

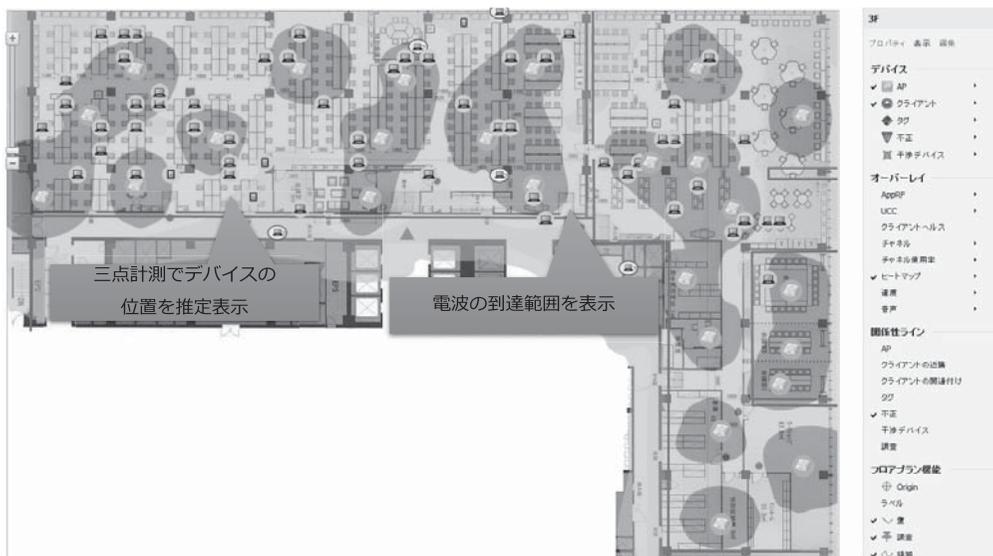


図 6 無線 LAN 環境の可視化

## 6. 業種ごとの使い方や課題

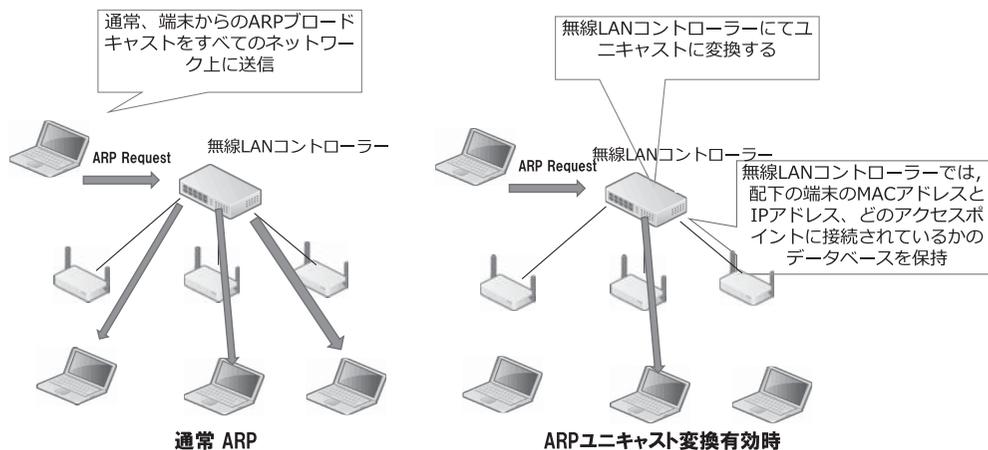
無線 LAN は一般化され、様々な業種に広がっている。しかし、その用途や環境によっては課題も見えてきた。実際にあった事例を基に紹介する。

### 6.1 オフィスにおける執務フロア

オフィスにおける執務フロアは、人が密集しておりアクセスポイント 1 台あたり多数の端末が接続している。また、フロアの広さや座席の位置に応じて、アクセスポイントを複数設置している。このような環境では、クライアント 1 台あたりのスループットが落ちる。中でも問題なのが、ARP (Address Resolution Protocol) リクエストパケットの増加である。

ARP とは、IP アドレスから Ethernet の MAC アドレス情報を得る、IP 通信を行う上で欠かせないプロトコルである。クライアントは、IP 通信をするとき自分の ARP テーブルを参照し情報がなければ、ARP リクエストをブロードキャストする。アクセスポイントが同じサブネットワークに複数あると、その全てから ARP リクエストパケットが出る。無線 LAN におけるブロードキャストは、一番低い通信レートで出るため、802.11ac でネットワークを構築しても、無線帯域を圧迫してしまう。

アクセスポイントの最低通信レート設定を引き上げ、帯域を圧迫する時間を軽減するか、図 7 の様に ARP をユニキャスト通信に変換し、目的外のアクセスポイントから ARP リクエストパケットを出さないようにする対策が必要である。



通常ネットワーク上の全端末に対してリクエストパケットをブロードキャストするが、ARP ユニキャスト変換を利用すると無線 LAN コントローラー（もしくはアクセスポイント）が自身のデータベースを利用して、ARP リクエストパケットを宛先の端末だけに送信する。

図 7 ARP ユニキャスト変換

### 6.2 医療機関

病院などの医療機関でも無線 LAN が広がっている。ノートパソコン（電子カルテ）を乗せたカート、PDA、タブレットなど、用途は様々である。廊下アクセスポイントを設置することが多いため、病室の中、特に奥に行くとも電波が届きづらい傾向がある。また、サービスとして、無線 LAN によるインターネット接続を提供している病院も増えている。

対策は、サイトサーベイが重要である。建物の素材によっては電波を透過しづらく、病室の

扉の材質や開閉具合でも、受信レベルは変化する。受信レベルが低下している状態では、通信の再送や、アクセスポイント間の移動に失敗することも想定される。病室内部で通信可能か、事前に確認しておく必要がある。

また、アクセスポイント製品の中には、自動出力調整機能を備えた製品もあるが、これにも注意が必要である。自動出力調整機能は、アクセスポイント同士で信号を受信し電波調整を行う。病棟の廊下にアクセスポイントを設置していると、廊下は遮蔽物がないので出力が低く抑えられ、病室内部に電波が届かないというトラブルに繋がる。自動出力調整機能を使う場合でも、最低出力レベルの調整などで、一定レベル以下にならないように調節するべきである。

電子カルテのノートパソコンが、遠くのアクセスポイントに接続したままの状態となり、通信ができなくなるケースも発生する。無線 LAN におけるアクセスポイント間移動（ハンドオーバー）は、クライアント端末が主導となる。このような場合は、端末のドライバー更新、設定変更が欠かせない。また、アクセスポイント製品の中には、ハンドオーバーを補助する機能を備えた製品もあるため、そちらも検討したい。

入院患者、来院者等へのインターネット接続サービスを提供する場合、病院内のネットワークと隔離しなければならない。コントローラー型アクセスポイント製品では、オーバーレイアーキテクチャーにより、既存のネットワーク環境の変更を最小限に抑えた形で実現可能である。

### 6.3 小・中学校

タブレット端末を活用した授業システムが広がっている。1 教室 1 アクセスポイントが設置されており、30 台から 40 台のクライアントが同時に接続する。接続台数はオフィスとさほど変わらないが、無線 LAN の利用方法が異なる。学校では、先生の指示や端末操作により、生徒のタブレットが一斉に通信する。これがオフィスとの大きな違いである。無線 LAN は半二重通信のため、同時通信ができず、CSMA/CA のバックオフアルゴリズムによる遅延が発生する。

対策は、無線 LAN、タブレット端末、アプリケーション、オペレーションのそれぞれで必要である。無線 LAN の対策は、オフィスと同様に通信レートの引き上げ、ARP ユニキャスト変換に加え、2.4GHz と 5GHz のバンドバランシング機能も有効である。そして、802.11ac の Multi-User MIMO の活用も期待される。

次に、タブレット端末での対策は、2.4GHz と 5GHz の両方に対応した製品を選択することである。タブレット端末の中には、2.4GHz 帯のみ対応の製品もある。2.4GHz は利用可能なチャンネル数が限られており、他の無線機器との電波干渉も懸念される。そのため、チャンネル数が多く、干渉も少ない 5GHz 対応製品を選択すべきである。

授業システムのアプリケーションの対応も重要である。例えば、画面共有や動画配信などの一斉通信をユニキャスト通信で行うと、端末の台数が増えれば増えるほどデータの量が倍増する。これをマルチキャスト通信で行うことで、ネットワークの負担を減らし、端末の台数を意識しない運用が可能となる。

また、動画ファイルを再生する場合は、各自のタブレットで再生するのではなく、大型ディスプレイに表示するなど、オペレーションの変更も有効である。

## 7. おわりに

本稿では、IEEE802.11acを中心に無線LAN技術の進化について執筆したが、IEEEでは現在も新しい技術である802.11aiと802.11axの検討を行っている。802.11aiは高速接続の技術である。無線LANでは接続完了までに多数のやり取りが必要だが、これを最適化することで高速接続、電波の効率的な利用を実現する。802.11axは競技場やスタジアム等の超高密度環境での利用を想定した規格である。日本では2020年に東京オリンピックを控えており、これらの規格動向を注視したい。最後に、本稿を執筆するにあたり支えてくださった多くの方々に心より感謝申し上げます。

- 
- \* 1 binary phase-shift keying の略。日本語では二位相偏移変調と訳され、1シンボルあたり1bit伝送可能な変調方式。
  - \* 2 quadrature phase shift keying の略。日本語では四位相偏移変調と訳され、1シンボルあたり2bit伝送可能な変調方式。

- 参考文献
- [1] IEEE802, <http://www.ieee802.org/>
  - [2] IEEE802.11, <http://www.ieee802.org/11/>
  - [3] NBASE-T Alliance, <http://www.nbaset.org/>
  - [4] MGBASE-T Alliance, <http://www.mgbasetalliance.org/>
  - [5] Cisco Systems, <http://www.cisco.com/>
  - [6] Aruba Networks, <http://www.arubanetworks.com/>
  - [7] Ekahau, <http://www.ekahau.com/>
  - [8] フルークネットワークス, <http://www.flukenetworks.com/>
  - [9] Savvius, <https://www.savvius.com/>

※上記参考文献に示したURLは、2015年10月23日現在の存在を確認。

### 執筆者紹介 森崎 了一 (Ryoichi Morisaki)

2004年ユニアデックス(株)入社。無線LAN技術の主管部門にてAiriP<sup>®</sup>ワイヤレスIP電話ソリューション業務に従事。その後、現在まで無線LAN製品の主管業務に携わる。

