

# ワイヤレスホームネットワークを実現する 高速無線LAN

本稿では、スマートフォンなどのモバイルトラフィックの光網へのオフロードや、トラフィック量の多い映像系データを安定して伝送するため、次世代ホームICT基盤を用いて複数アクセスポイントネットワーク経由で連携させ、隣接するワイヤレスホームネットワーク間の干渉回避などを実現する、協調無線LAN技術について紹介します。

いちかわ たけお いしはら こういち むらかみ ともき  
市川 武男 / 石原 浩一 / 村上 友規

B. A. Hirantha Sithira Abeysekera  
あさい ゆうすけ たかどり やすし みぞぐち まさと  
浅井 裕介 / 鷹取 泰司 / 溝口 匡人

NTT未来ねっと研究所

## 無線LAN普及の背景

近年、TV、ビデオレコーダ、カメラ、音楽プレーヤといった家電製品のデジタル化、タブレット端末やフォトフレームのような新しいデジタル機器の登場などにより、家庭内におけるデジタルネットワーク対応機器が急増しており、今後も各種センサの導入によりさらに増加していくことが予想されます。これら多種多様な機器と、家庭内に引き込まれた光ファイバなどのブロードバンド回線とを、ワイヤレスで利便性良く接続するために、各家庭に急速に普及しているのが無線LAN<sup>(1)</sup>です。

一方、スマートフォンの登場とその後の急速な普及により、携帯電話網のデータトラフィックが急増しており、その対策の1つとして、無線LANによるトラフィックオフロードへの期待も高まっています。このため、各通信事業者は、公衆無線LANのエリア拡大や5 GHz帯対応、スマートフォンユーザへの無線LANのアクセスポイント(AP: Access Point)の配布などの施策を推進しています。

本稿ではこのような背景を踏まえ、これまでの無線LANの進化と課題、お

よび課題解決に向けて研究開発中の協調無線LAN技術について解説します。

## 無線LANの進化と課題

代表的な無線LANである国際標準規格IEEE802.11系の無線LANは、最初2.4 GHz帯の利用から始まりました。2.4 GHz帯はISM (Industrial Scientific Medical) バンドと呼ばれ、家庭の電子レンジや病院の温熱治療器などの医療・産業機器が利用する周波数帯であったため、一定の送信電力以下であれば電波免許が不要であること、日本だけでなく世界共通バンドであることが大きな理由です。その後、家庭の電子レンジなどと干渉しない5 GHz帯が新たに無線LAN用に開放されています。最新のIEEE802.11n無線LANでは、チャンネル幅が20または40 MHzのため、2.4 GHz帯では3または1チャンネル、5 GHz帯では19または9チャンネル確保できます。現在は、2.4 GHz帯を利用する無線LAN APの設置が増えチャンネルが足りなくなってきたことから、5 GHz帯の利用が進みつつあります。スマートフォンなどのモバイル端末においても2.4 GHz帯と5 GHz帯のマルチバンド対応が進んでいます。

しかし現在、5 GHz帯を利用し、システムスループット1 Gbit/s以上を目標としたIEEE802.11ac無線LANの標準化が進められています。IEEE802.11ac無線LANでは、高速化のためチャンネル幅を80または160 MHz幅に拡張予定です。このため、5 GHz帯において確保できるチャンネル数は4または2チャンネルに減少し、将来、5 GHz帯でもチャンネル数が不足することが予想されます。

## 協調無線LAN技術

このような状況において、増え続けるトラフィックを収容するためには、さらなる周波数利用効率の向上が必要になります。NTT未来ねっと研究所では、複数のAPをホームICT基盤を用いてネットワーク経由で連携させ、協調動作させることで、面的な周波数利用効率の向上と、通信の安定化を可能とする協調無線LAN技術の研究開発に取り組んでいます。次に、ホームネットワーク間干渉制御、マルチユーザ・マルチチャンネル制御、ネットワーク制御について紹介します。

(1) ホームネットワーク間干渉制御  
無線LANの普及に従い、マンションなどの住宅密集エリアや公共スペース

において、同一チャネルを利用するワイヤレスホームネットワークが重なり合うことで生じるホームネットワーク間干渉問題が顕在化しつつあります。前述したとおりIEEE802.11acでは、チャネル帯域幅が80 MHz幅と160 MHz幅（オプション）に拡大される予定のため、5 GHz帯で互いに干渉せずに利用できるチャネル数がそれぞれ4または2に減少することになり、ホームネットワーク間干渉が生じやすくな

ります。2つのワイヤレスホームネットワークが同一チャネルをオーバラップして利用する環境では、従来のCSMA/CA（Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance）<sup>\*1</sup>では、時分割によりホームネットワーク当りの平均スループットは約2分の1に低下します（図1）。

本課題の解決策の1つとして、NTT研究所では、同一チャネルを利用する複数APをネットワーク経由で連携さ

せ、マルチユーザMIMO（Multiple-Input Multiple-Output）<sup>\*2</sup>のビームフォーミング技術<sup>\*3</sup>を拡張して協調制御することで、ワイヤレスホームネットワーク間の干渉を回避するホームネットワーク間干渉制御技術を研究開発しています。

マルチユーザMIMOは、IEEE 802.11acにおいて、新たにオプション規格としてAP→端末（STA: Station）方向のダウンリンク通信に採用される見込みの高速・大容量化技術です（図2）。マルチユーザMIMOでは、複数のSTA宛てのデータ系列を、ビー

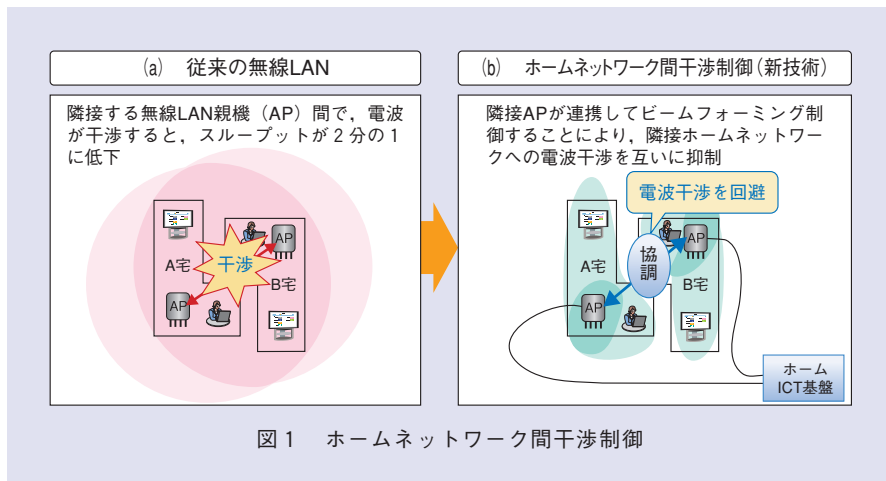


図1 ホームネットワーク間干渉制御

- \*1 CSMA/CA：無線LANで採用されている媒体アクセス制御方式で、同一のチャネルに複数のAPや端末がアクセスする際にキャリアセンスにより競合を回避する方式。
- \*2 MIMO：複数のアンテナを用いて高速データ伝送を実現する無線通信技術。
- \*3 ビームフォーミング技術：複数のアンテナを持つ送信局が、各アンテナから送信する無線信号の振幅や位相を調整し、受信局での無線信号の品質を最大化する技術。送信局は、事前に、送受信局間の無線伝送路の情報をチャネル推定情報として知る必要があります。

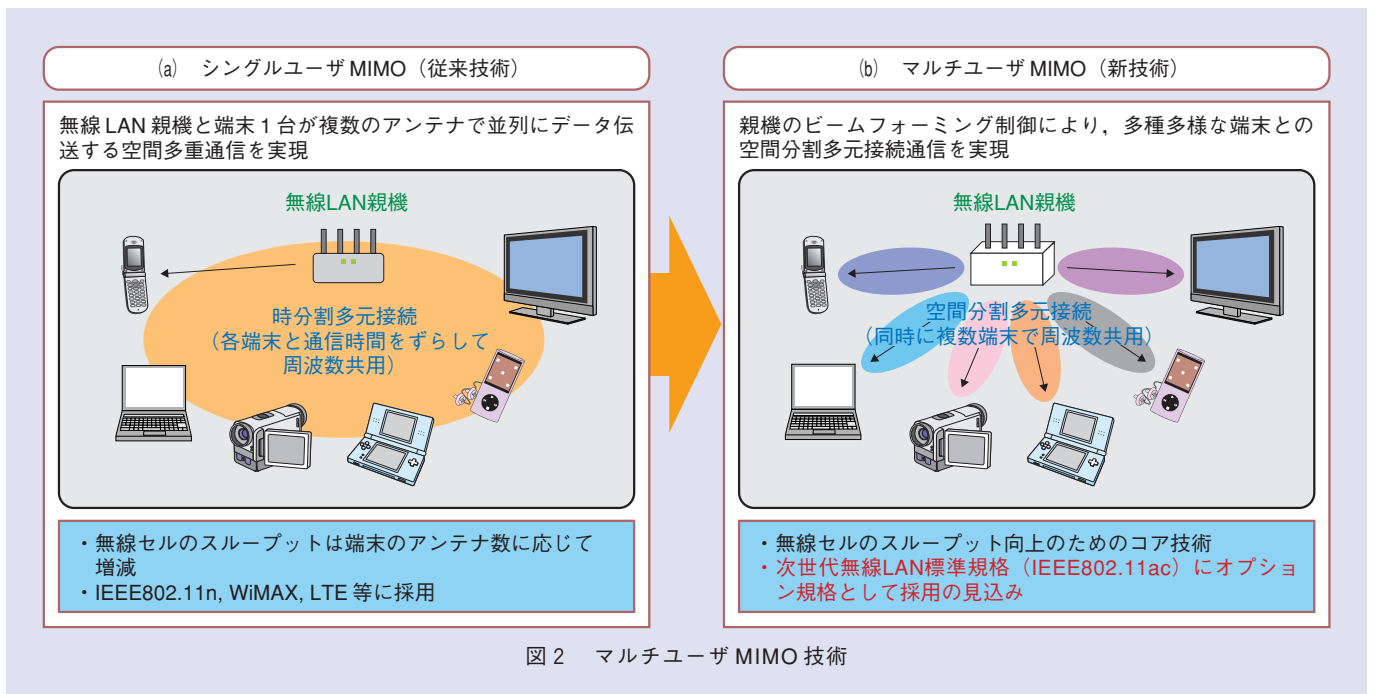


図2 マルチユーザ MIMO 技術

- ・無線セルのスループットは端末のアンテナ数に応じて増減
- ・IEEE802.11n, WiMAX, LTE 等に採用

- ・無線セルのスループット向上のためのコア技術
- ・次世代無線LAN標準規格（IEEE802.11ac）にオプション規格として採用の見込み

ムフォーミング技術により電波の指向性を制御し、同一時刻に同一チャンネル上で互いに干渉することなく送信可能となります<sup>(2)</sup>。このため、アンテナ数の少ないSTAと通信する場合であっても、APは複数STAへのデータ系列を同時に送信することにより、合計ではAP自身の最大通信速度で送信することが可能となり、ホームネットワーク当りのスループットを従来のシングルユーザMIMO<sup>(3)</sup>に比べて向上できます。NTT研究所では、マルチユーザMIMOにより最大6台のSTAに対して、合計で最大1.62 Gbit/sのリアルタイム伝送に世界で初めて成功しました<sup>(4)・(5)</sup> (図3)。

ホームネットワーク間干渉制御技術では、このマルチユーザMIMOのピー

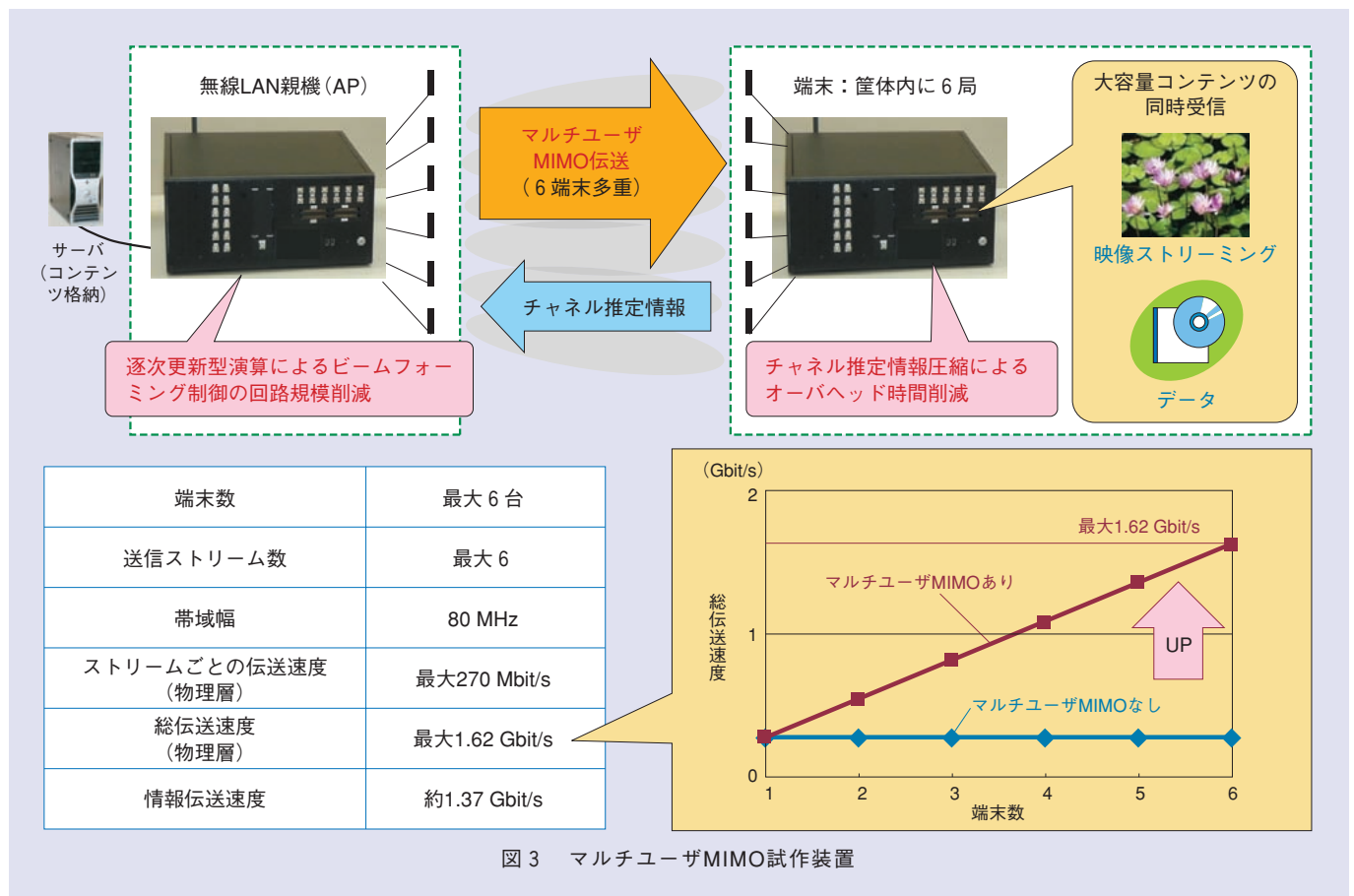
ムフォーミング技術を拡張して、自ホームネットワークのSTAに対して信号を送る際に、AP間通信により送信タイミングの同期をとったうえで、隣接ホームネットワークのSTAに対してヌル点(電波の電力が急激に落ち込む点)を向けた、干渉を抑圧した信号を送信することにより、2つのAPが同時に信号を送ることを可能にします。この方法によると空間リソースをホームネットワーク間で有効に利用できるため、従来のCSMA/CAに比べて最大で約2倍のスループットが得られます<sup>(6)</sup> (図4)。

(2) マルチユーザ・マルチチャンネル制御

IEEE802.11acのAPは、オプションとして最大チャンネル帯域幅160 MHzの高速通信をサポートしますが、互換

性確保のため、従来のIEEE802.11a STAとは20 MHz幅、IEEE802.11n STAとは最大40 MHz幅の通信を行います。これらSTAとの通信はCSMA/CAにより時分割で行われるため、IEEE802.11ac APがIEEE802.11a STAと20 MHz幅の通信中は残りの140 MHz幅が未使用となり、周波数利用効率が低下する課題があります。

この課題の解決策の1つとして、NTT研究所では、APが20 MHz幅単位で各STAとの通信チャンネルを割り当て、複数STAと周波数分割で同時に通信を行うマルチユーザ・マルチチャンネル技術を研究開発しています<sup>(7)</sup> (図5)。これにより、例えば20 MHz幅の通信と、120 MHz幅の通信を同時



に行うことにより周波数を効率的に利用できます。トラフィックの発生状況によっては、あるAPにおいて20 MHz幅の通信のみ行われる場合も生じます。このような場合は、周辺の同一チャネルを用いるAPとネットワーク経由で連携させ、AP間通信により送信タイミングの同期をとったうえで、周辺のAPが120 MHz幅の通信を同時に行うよ

う協調制御することが可能になります。

(3) ネットワーク制御

無線LANでは、媒体アクセス制御方式としてCSMA/CAが採用されています。CSMA/CAは自律分散制御に基づくため、ユーザはAPを自由に設置し、チャネルを設定することにより、ワイヤレスホームネットワークを比較的簡単に構築できます。しかし、マンショ

ンなどの住宅密集エリアでは、各APが利用するチャネルの最適な割当てが行われず、面的に周波数が有効利用されないおそれがあります。

この課題の解決策の1つとして、NTT研究所では、ネットワーク上の干渉マネジメントエンジンが、各APから周辺のチャネル利用状況などの無線環境情報を収集し、適切なチャネル配置

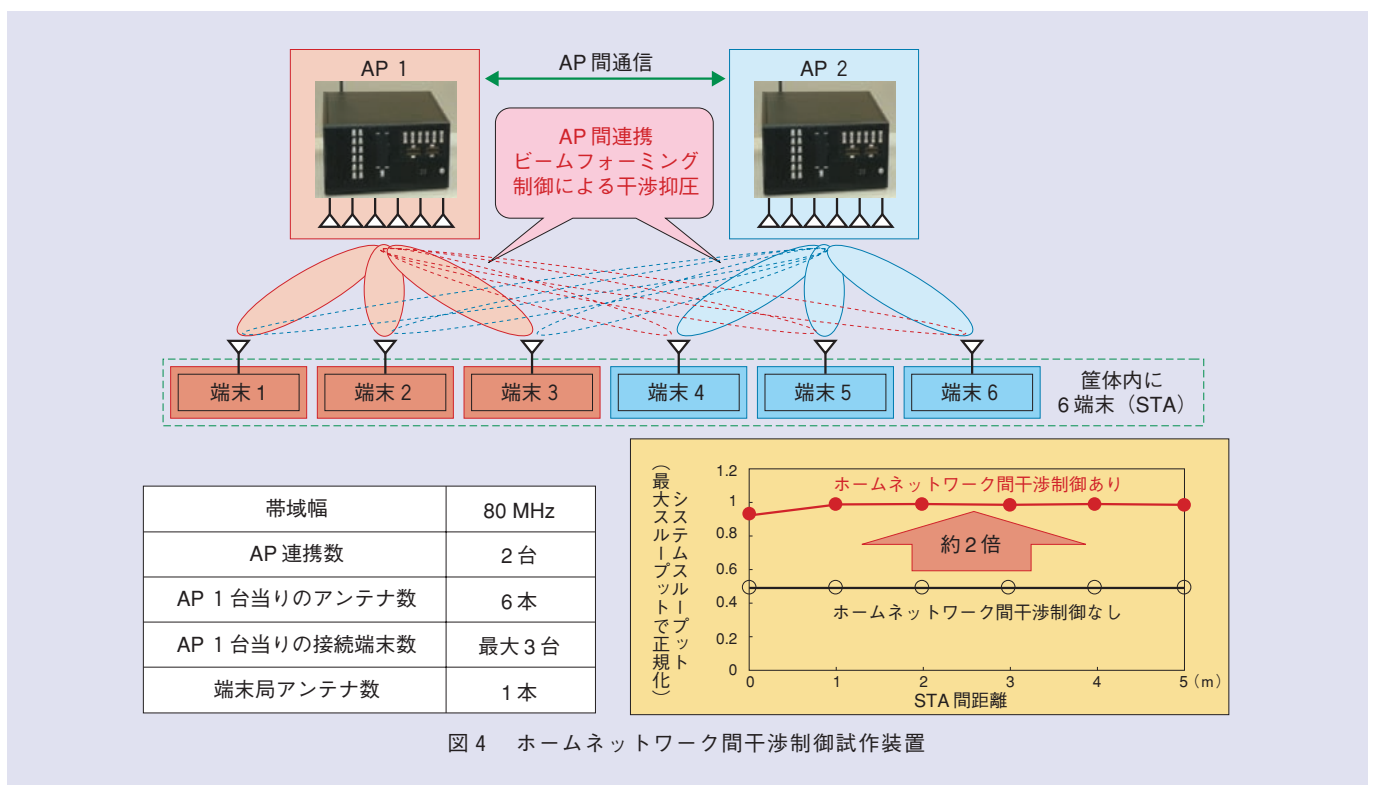


図 4 ホームネットワーク間干渉制御試作装置

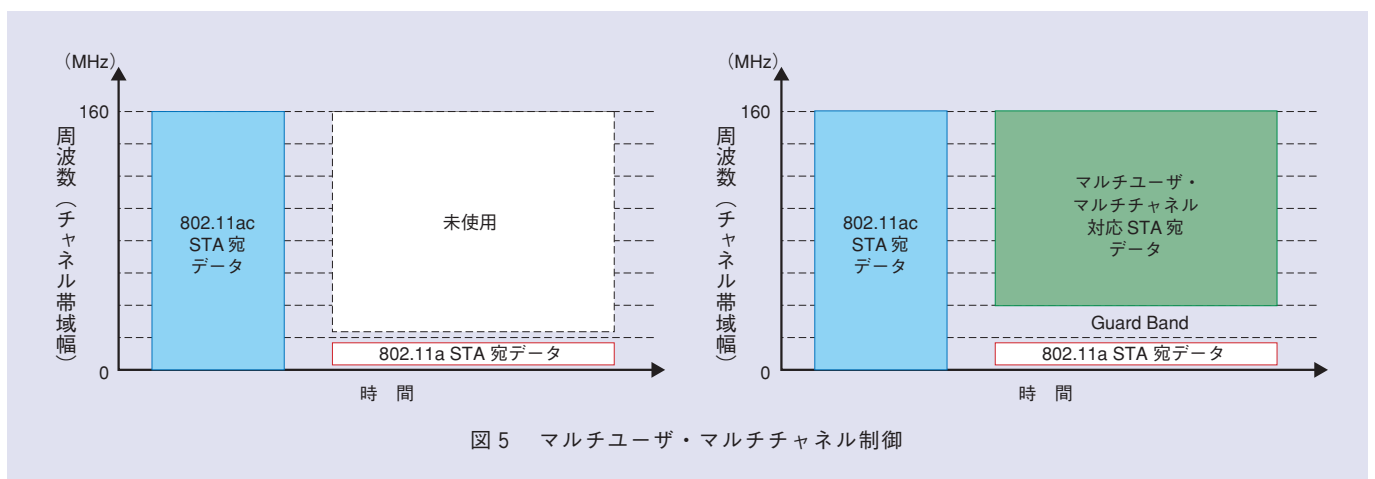
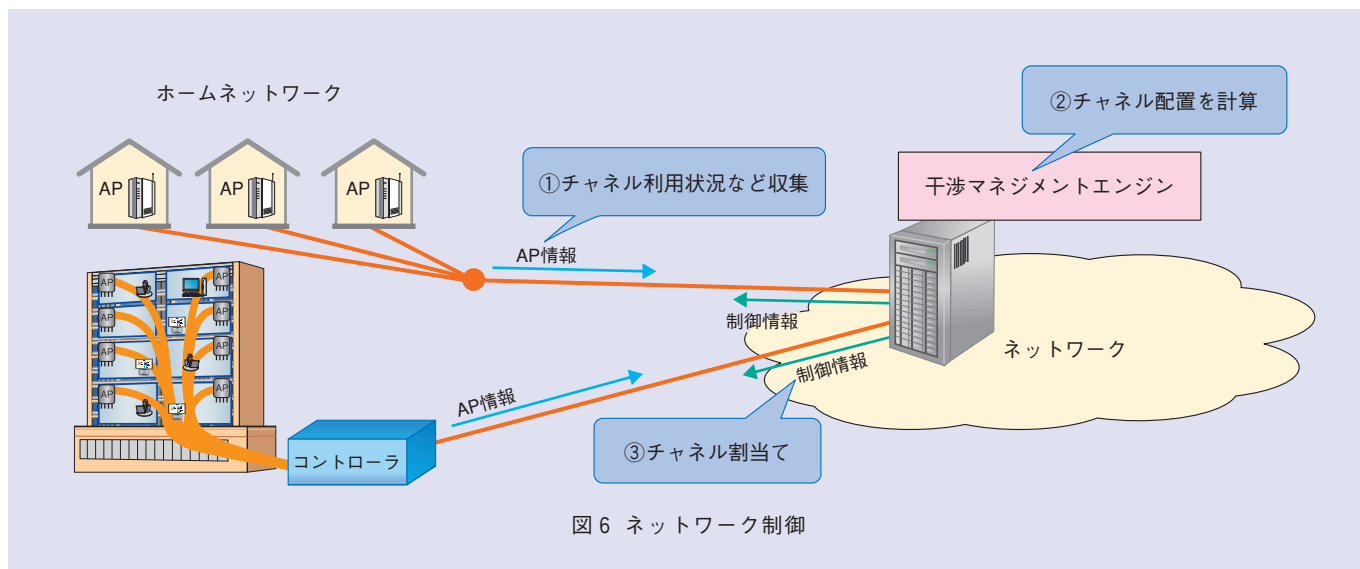


図 5 マルチユーザ・マルチチャネル制御



を計算して、各APにチャンネル割当てを指示するネットワーク制御技術を研究開発しています<sup>(8)</sup> (図6)。ネットワークから、APの使用するチャンネルに偏りが生じないなどの制御を行うことにより、面的な周波数利用効率を向上できます。また近年、イーサネットベースのネットワークから同期信号を提供する技術が標準化されています。SyncE (Synchronous Ethernet) やPTP (Precision Time Protocol) と呼ばれるものです<sup>(9)</sup>。本技術を活用することで、AP間の周波数同期と時刻同期 (位相同期) の実現が期待できるため、APが送信する無線信号の周波数、位相を高精度に同期させることで、前述したホームネットワーク間干渉制御の高精度化などによる周波数利用効率の向上が期待できます。

### 今後の展開

イーサネットのワイヤレス化を目的に生まれた無線LANは、当初の企業や大学から、現在では家庭や公共エリアまで、その利用範囲を拡張してきました。今後も映像などの高速・大容量

通信からセンサなどの比較的低速な通信まで、増え続けるデータトラフィックに対応するため、無線LANは、高速・大容量化、高機能化により進化していくことが期待されます。

### 参考文献

- (1) 守倉・久保田：“改訂三版802.11高速無線LAN教科書,” インプレスR&D, 2008.
- (2) Q. H. Spencer, C. B. Peel, A. L. Swindlehurst, and M. Haardt: “An introduction to the multi-user MIMO downlink,” IEEE Commun. Mag., Vol. 42, No.10, pp.60-67, Oct. 2004.
- (3) 大鐘・小川：“わかりやすいMIMOシステム技術,” オーム社, 2009.
- (4) <http://www.ntt.co.jp/news2010/1005/100507a.html>
- (5) 浅井・鷹取・石原・姜・市川・溝口：“次世代無線LAN向け1Gbit/s超リアルタイム下りリンクMU-MIMO実験装置の開発,” 信学ソ大, B-5-113, 2010.
- (6) 石原・村上・工藤・浅井・市川・熊谷・溝口：“次世代無線LANにおけるセル間干渉制御を用いるリアルタイム下りリンクMU-MIMO伝送装置の屋内実験評価,” 信学ソ大, B-5-98, 2011.
- (7) 井上・篠原・Abeyskera・浅井・溝口：“次世代無線LANのための周波数利用効率向上技術に関する一検討 (その1),” 信学会ソ大, B-5-117, 2012.
- (8) Abeyskera・石原・井上・市川・溝口：“IEEE 802.11 無線LANにおけるマスタ・スレーブ型チャンネル選択法の実証実験結果,” 信学ソ大, B-5-119, 2012.
- (9) 吉田：“同期イーサ技術の動向,” 信学総大, BT-3-5, 2012.



(上段左から) B. A. Hirantha Sithira Abeyskera / 石原 浩一 / 村上 友規  
(下段左から) 市川 武男 / 溝口 匡人 / 鷹取 泰司 / 浅井 裕介

利便性のよい高速ワイヤレスホームネットワークの実現に向けて、協調無線LAN技術の研究開発とともに、標準化活動に取り組んでいきます。

### ◆問い合わせ先

NTT未来ねっと研究所  
ワイヤレスシステムイノベーション研究部  
電波システム技術研究グループ  
TEL 046-859-3079  
FAX 046-859-3351  
E-mail [ichikawa.takeo@lab.ntt.co.jp](mailto:ichikawa.takeo@lab.ntt.co.jp)