



次世代高効率無線LAN規格 「IEEE 802.11ax」の標準化動向

しのはら しょうこ いわたに じゅんいち いのうえ やすひこ

篠原 笑子 / 岩谷 純一 / 井上 保彦

NTTアクセスサービスシステム研究所

現在普及しているIEEE 802.11ac規格ではギガビットクラスのデータ転送が可能となりましたが、IEEE 802.11作業班では無線LAN機器が普及するにつれて顕在化してきた新たな問題に対処すべく、新たな無線LANの標準化に取り組んでいます。現在、IEEE 802.11のタスクグループaxでは、無線LAN機器が高密度に存在する環境での性能を改善するための機能が検討されています。ここでは、次世代高効率無線LAN規格であるIEEE 802.11axの標準化の最新動向を紹介します。

次世代高効率無線LANが求められる背景

無線LANの標準化はIEEE 802委員会のワーキンググループ (WG) 11 (IEEE 802.11 WG) で行われており、近年では802.11ac⁽¹⁾の登場により1 Gbit/sを超える高速化が実現されました。さらに、無線LANのインターフェースはPCだけでなくスマートフォンをはじめとするモバイル端末にも広く搭載されるようになったことからその市場規模は拡大し続けており、2015年にはチップやモジュールの累積出荷台数が10億ユニットを超えました。

一方で、普及が進むにつれて無線LAN通信の新たな課題がみえてきました。その1つが多数の無線LAN機器が干渉し合う環境での通信効率の低下です。無線LANでは周波数リソースを複数の無線LAN機器が自律分散的に共有できるようにCSMA/CA

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 手順に従い、パケット衝突をできるだけ避けながら通信を実行します。しかしながら、無線LAN機器が増大すると各機器が通信できる時間が減少したり、パケットの衝突を避けられなくなったりして通信品質が劣化してしまいます。例えば、孤立した環境で1対1通信を行う場合には高速な無線LAN機器でも、駅やオフィス、スタジアムのように多数の無線LAN機器が周辺に存在する環境では各無線LAN機器が送信しようとしてもなかなか送信機会を得られず、スループットが大幅に低下するおそれがあります。

このような問題を解決するためにIEEE 802.11 WGでは、NTTグループなど通信事業者や主要ベンダ各社が連携するかたちで、新たなタスクグループを設立して、無線LAN機器が高密度に存在する環境における性能を改善するための次世代高効率無線LAN規格802.11axの標準化を開始しました^{(2),(3)}。

IEEE 802.11axのめざす方針

IEEE 802.11委員会では、タスクグループAX (TGax) の設立にあたり、新たな標準化技術の要求条件が議論されました。議論の結果はPAR (Project Authorization Request)⁽⁴⁾やCSD (Criteria for Standards Development) などの設立趣意書としてまとめられ、標準化のねらいや必要性が示されていま

す。このうちPARのポイントは以下のとおりです。

- ・ IEEE 802.11 物理層とMAC層両方に対する修正を行う
- ・ 高密度環境において、MAC-SAP*1で測定した端末当りの平均スループットが従来の4倍以上になる動作モードを少なくとも1つ以上具備する
- ・ クライアントの電力効率も向上させる
- ・ 屋内および屋外の1 GHzから6 GHzの周波数帯を対象とする
- ・ 同じ周波数帯で動作するレガシー機器との後方互換性を確保する

上記に示されているように802.11axでは802.11acまでの動向とは異なり物理層の効率化による伝送レートの高効率化よりは、むしろ高密度環境における高効率伝送に主眼が置かれています。そのため、改善目標も最大スループットではなく端末当りの平均スループットが指標となっています。

特に駅や空港など不特定多数の人が集まるスポットや、無線LAN機器が高密度に配置されているスタジアム環境でも、802.11axでは無線LAN機器で高い通信品質を保ち、個々のユーザー体感品質が大幅に向上することが期待されています。また、複数端末配置時の効率が高くなれば収容可能なユーザー数の増加につながるため、より多くの

*1 MAC-SAP: MAC層のサービスアクセスポイント、MAC層から上位層へのインターフェース・ポイント。



ユーザが無線LANを通じたサービス
高い品質で受けられることとなります。

802.11axで導入が 検討されている技術

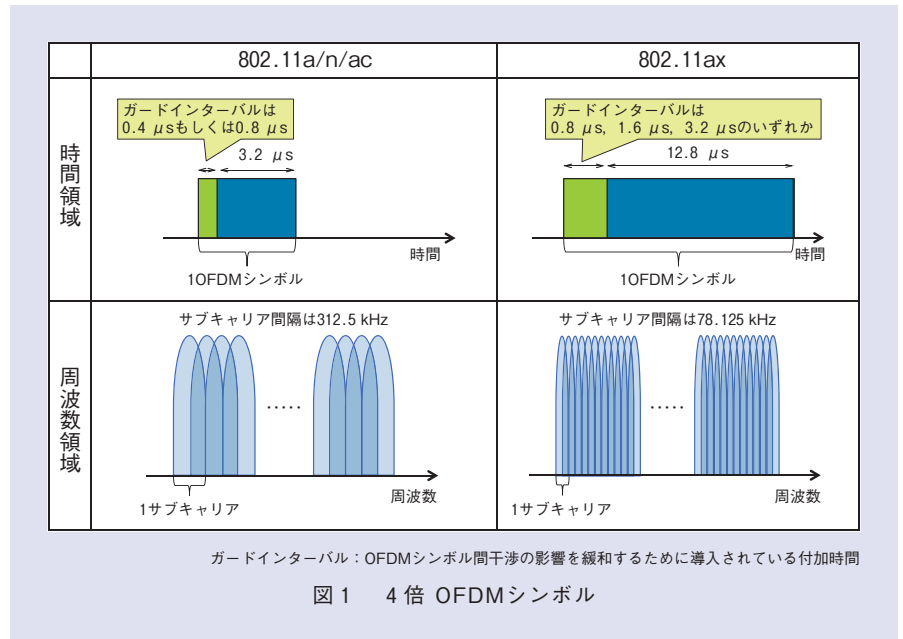
現在IEEE 802.11 WGのTGaxでは、
周波数利用率を改善するさまざまな
技術の検討が行われていますが、その
中でも主に現在議論されている技術は
以下のとおりです。

■信号フォーマットの遅延波高耐久 化技術

IEEE 802.11axでは、これまでの無
線LANではあまり重視されていな
かった屋外環境での利用が強く意識さ
れています。屋外環境では、屋内と比
較して長い遅延波による伝送特性の劣
化が問題になります。802.11axでは、
無線信号の遅延波への耐性を高めるた
めに信号フォーマットを変更していま
す。具体的には、OFDMシンボル長
を従来の4倍に拡張しています(図
1)。シンボル長の拡張により大きな
遅延波への耐性を高めるだけでなく、
後述する上りマルチユーザ伝送時のタ
イミング要件を緩和する効果も期待さ
れています。さらに、シンボル長が長
くなると同時にサブキャリア^{*2}間隔
は狭くなるため、マルチユーザ伝送時
の周波数リソース割当ての柔軟性が高
くなると考えられています。

■マルチユーザ伝送技術

マルチユーザ伝送は1回の送信時に
複数ユーザ向けの無線信号をまとめて

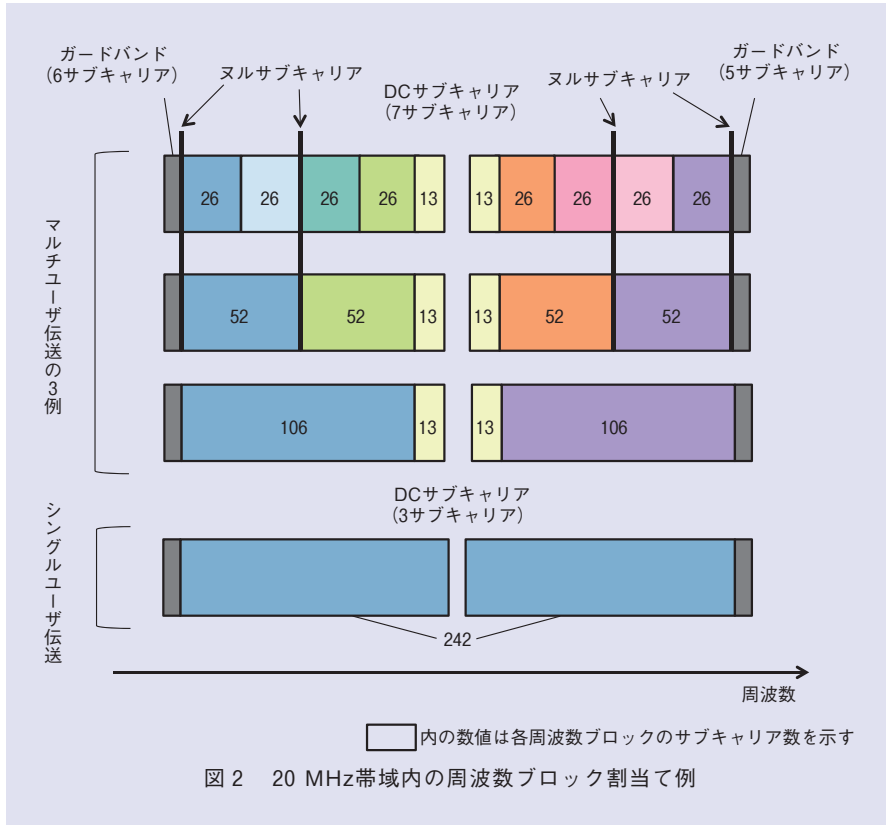


伝送する技術です。802.11acでは下り
のマルチユーザMIMO (Multiple Input
Multiple Output) が導入されました。
MIMOとは複数アンテナを装備した無
線機器が信号を空間多重伝送する技術
で、マルチユーザMIMOは空間多重化
を応用して複数ユーザ宛に無線信号を
伝送する技術です。マルチユーザ
MIMO伝送を導入したことで、IEEE
802.11acでは多数のアンテナを装備で
きない複数の無線LAN機器宛の信号
をまとめて伝送することができるよ
うになり、通信効率が向上しました。

IEEE 802.11axではマルチユーザ伝
送をさらに周波数多重伝送や上り方向
へ拡張することが検討されています。
具体的には①下りOFDMA (Orthogonal
Frequency Division Multiple Access)、
②上りOFDMA、③上りマルチユーザ
MIMOのサポートが検討されていま

す。①はWiMAXやLTEなどでも採用
されている周波数多重を応用した下り
のマルチユーザ伝送です。マルチユー
ザMIMOと比較すると実装が容易であ
ることから、より多くの無線LAN機
器でマルチユーザ伝送の適用が可能に
なると期待されています。また、
802.11axのOFDMAでは周波数プロ
ック単位を基本とした種々の割当てパ
ターンが検討されており、従来よりも
周波数リソース利用の効率性が高くな
ると考えられています(図2)。②や
③では下りのみだったマルチユーザ伝
送を上り方向にも適用し、これまで1
端末ずつしか伝送できなかった上りの
伝送効率の向上が見込める技術として
注目されています。特に下りマルチ
ユーザ伝送後の応答確認などに要して
いたオーバーヘッドを大幅に短縮する
ことが期待でき、複数の無線LAN機器

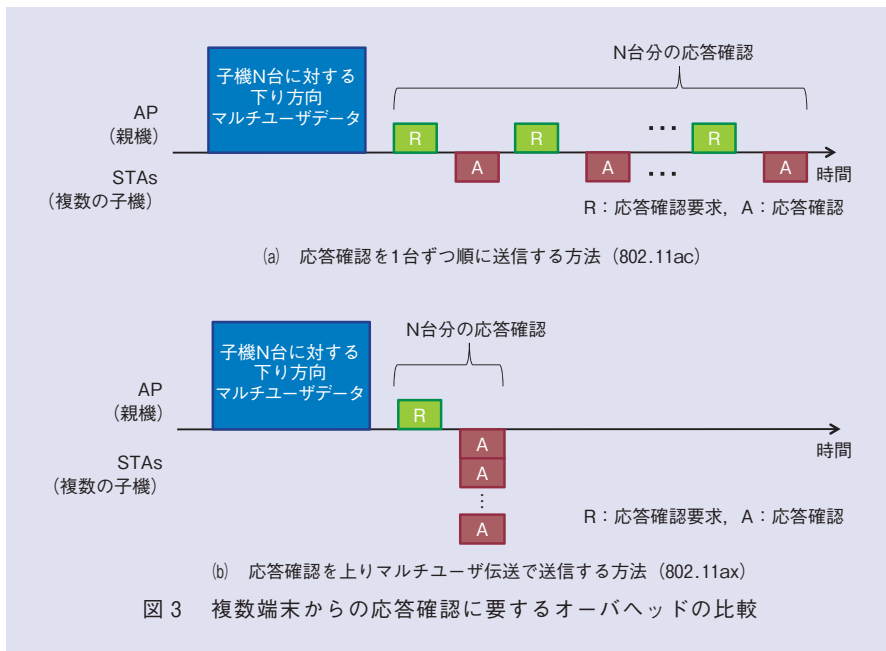
*2 サブキャリア：OFDMで多重化される搬送波。

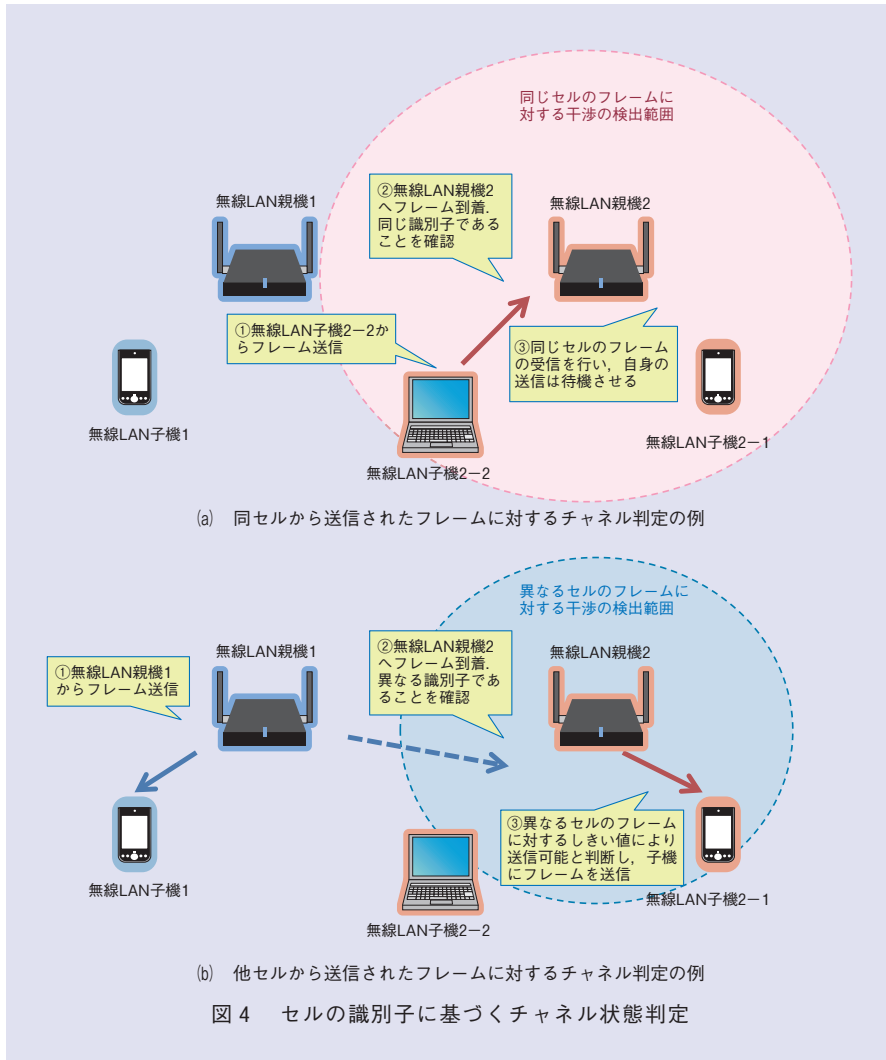


が接続されるネットワークでの通信効率改善に非常に有効な技術と考えられています (図3)。また、上りのマルチユーザ伝送ではトリガフレームと呼ばれる新しいフレームを契機とすることで複数の無線LAN機器の送信タイミングを合わせて同時送信を実現する方法が議論されています。

■周波数リソースの空間的利用効率を向上する技術

無線LAN機器が多数配置されている環境では、同じ通信セル内の無線LAN機器もあれば異なる通信セルの無線LAN機器も混在していることが考えられます。同じ通信セル内で無線LAN機器が多数配置されている環境であれば、通信効率の向上には前述のマルチユーザ伝送技術が有効です。一方で、異なる通信セルの無線LAN機器が互いに干渉している環境の通信効率向上には、CCA (Clear Channel Assessment) しきい値の制御が検討されています。これは送信を予定しているチャンネル状態を判定するしきい値です。CSMA/CAではこのCCAしきい値よりも物理層で観測された受信電力値が高ければチャンネルをビジーと判定し送信を待機します。無線LANが普及し始めたころは無線LAN機器が配置される密度が現在ほど高くなかったため、CCAしきい値は互いの無線フレームを衝突させないために全無線LAN機器で受信感度に合わせた低い値に固定されていました。しかしながら、無線LAN機器が広く普及し配置密度が高くなると、送信機会獲得の頻度が低下してスループットが劣化する課題が顕在化してきました。その解決





(a) 同セルから送信されたフレームに対するチャネル判定の例

(b) 他セルから送信されたフレームに対するチャネル判定の例

図4 セルの識別子に基づくチャネル状態判定

策として注目されているのが、伝送路の品質が十分に高い場合にCCAしきい値を既定値よりも高く設定して空間的利用効率向上を図る技術です。

ただし、CCAしきい値を高く設定して送信を開始する前にチャネル上の無線信号が自身の通信セルのものではないことを確認する必要があります。自身の通信セル内の無線LAN機器が送信中に自分も送信を開始してしまうと、フレーム衝突や自分宛の信号の

受信失敗につながり、結局再送を増やしてしまうことになります。そのため、802.11axでは物理層のヘッダにセルの識別子を設定して、受信時に物理層でセル識別子を確認する方法が検討されています。この方法では自分の通信セルの識別子と同じである場合は送信を待機し、逆に異なる場合はチャネル状態の判定に従来のCCAしきい値とは異なる値を使用します(図4)。この値を従来のCCAしきい値より高く設

定し、かつ先行する送受信に影響を与えないように送信電力制御も併せて実施することで、結果的に容量改善につながると期待されています。

標準化のスケジュール

2016年9月現在、ドラフト1.0版発行のための技術的な議論を続けながら作業が続いており、11月ごろにリリースされる見込みです。2018年ごろに正式版のリリース、2020年ごろの機器普及をめざしてNTTや大手ベンダを含む各社が標準化活動を行っています。

今後の展開

通信サービスを利用する機器の爆発的な増大に伴い、低コスト高品質な無線通信を提供できる無線LANへの注目が集まっています。一方で今後も無線LANを通してさまざまなサービスを提供する立場から、通信キャリアであるNTTグループもユーザのさらなる利便性向上をめざし、積極的に標準化への取り組みを続けていくことが必要であると考えています。

参考文献

- (1) IEEE802.11ac: "Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer specifications, Amendment 4: Enhancement for Very High Throughput for Operation in Bands below 6 GHz," Dec. 2013.
- (2) http://www.ieee802.org/11/Reports/tgax_update.htm
- (3) Y. Inoue, Y. Asai, B.A.H.S. Abeysekera, R. Kubo, K. Ishihara, T. Murakami, M. Mizoguchi, and L. Cariou: "The better spectrum utilization for the future WLAN standardization," IEEE 802.11 submission, doc.IEEE 802.11-11-1464r2, Nov. 2011.
- (4) O. Aboul-Magd: "802.11 HEW SG Proposed PAR," IEEE 802.11 submission, doc.IEEE 802.11-14-0165-01, March 2014.