

## 5G

富田 龍太郎, 三輪 和広  
Ryutarō TOMITA, Kazuhiro MIWA

## 1 はじめに

近年では、既存の主な機能を通信とした機器だけでなく、車やメガネなどのものに通信機能を搭載した IoT が広まりつつある。IoT の普及により、今まで以上にデータの送受信を行う回数の増加することが予想される。それに伴い、画像の閲覧やストリーミングビデオの視聴だけでなく、超高精細度の立体映像から不定期に取得されるセンサデータ情報まで多種多様なデータのやり取りを行う。株式会社 NTT ドコモ (以下ドコモ) は、2020 年の通信量が 2010 年の 1000 倍超になるという予想を立てた。<sup>1)</sup> しかし、現在使用している無線通信規格 4G では 2020 年に予想される通信量に対応出来ないだろう。そのため、予想した通信量に対応できる次世代の移動通信技術 (5G) の開発を多くの企業が進めている。

## 2 5G の概要

5G (5th Generation) とは、第 5 世代移動通信システムの通称である。現在使用している 4G の通信速度、省エネルギー性などの面で上位となる次世代の移動通信規格である。4G は最大 150Mbps で通信可能であるのに対し、5G では最大 10Gbps を目指している。<sup>2)</sup> 5G の実現により、今よりも大量のデータをより高速に送受信することが可能になる。

## 3 5G の実現手法

## 3.1 ドコモのアプローチ

現在、ITU (国際電気通信連合) が承認している 4G は LTE と WiMAX の 2 種類ある。日本が主として使用している 4G (LTE) はドコモが開発した日本独自の方式で、海外は主に WiMAX を使用して通信している。このことより、5G でも日本は世界が使用している方式ではなく、自国が開発した方式でサービスを提供する可能性がある。そのため、本稿ではドコモが開発を進めている技術について述べる。

ドコモは 5G を実現するために 2 つの方法を同時に利用する方針である。<sup>3)</sup> 2 つの方法とは、既存の LTE 技術を更に進化させる方法、もう 1 つは全く新しい無線アクセス技術 (new RAT : new Radio Access Technology) を導入する方法である。

## 3.2 LTE の性能向上

既存の LTE システムとの互換性を保持しながら継続的に進化する手法として高周波数帯の利用、デバイス間通信がある。高周波数帯は今まで使用されていなかった高周波数帯 (24.25GHz 86GHz) を使用することで高速な通信を行う。デバイス間とは、基地局を介さずに端末同士で通信

を可能にする。これらの技術はすでに使用されている技術で、性能を向上させたものである。

## 3.3 new RAT

new RAT とは、LTE システムとの互換性を保持せずに性能改善を優先させる手法である。新たに 3 つの手法の導入を考えている。通信距離を伸ばすマッシュ MIMO/ビームフォーミング、より効率的に周波数帯を利用する新しいエア・インタフェース、省エネルギー性を高めるファントムセルである。

## 4 新しく 5G で使用する技術

## 4.1 マッシュ MIMO

マッシュ MIMO (Multiple Input Multiple Output) とは現在も使用している MIMO の性能を向上させたものである。MIMO とは、通信を行う端末に複数のアンテナを搭載して通信速度を向上させる技術である。

例えば、アンテナを 2 本使用する場合、1 つのデータを 2 分割し、それぞれのアンテナから分割したデータを同時に送信する。それにより、同じデータを送信する場合でも通信にかかる時間が半分になる。それぞれのデータを受信し、その後受信したデータを合成することで元のデータに復元できる。

マッシュ MIMO は数十から百個程度のアンテナを搭載し、利用出来る周波数帯域が広げ、より高速な通信を行う技術である。アンテナは利用する周波数の高さに応じて大きさが変化し、高周波数になるほど小さく、低周波数になるほど大きくなるという特性がある。そのため、高周波の使用を想定している 5G では、物理的アンテナを小さくすることが可能である。それにより、同じ大きさの端末により多くのアンテナを搭載できる。更に、4G に比べて非常に多くのアンテナを使用しているので、より高精度に微細な電波の強さや位相を測定することが可能である。

## 4.2 ビームフォーミング

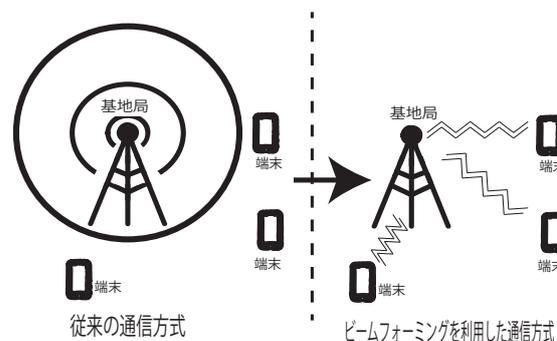


Fig.1 従来の通信とビームフォーミングの比較

電波の届く範囲は周波数の高さによって大きく変わる特性があり、一般的に高周波数になるほど届く距離が短くなる。5G で使用する高周波数帯は電波の届く距離が非常に短いため、ビームフォーミングによって通信距離の向上が必要不可欠である。ビームフォーミングとは、波の特性を利用してより遠くまで電波を届けることを目的とした通信技術である。同じ位相の波同士を掛け合わせることで位相を強くでき、逆位相の波を掛け合わせることで位相を打ち消すという波の特性を利用している。端末の位置を特定することが出来ればデータ送信時に電波の位相を調整することで電波に擬似的な指向性を与えることができる。この技術により、従来は電波を円状に放出しているのに対し、端末へと指向性の高い電波を放射することが可能になる。従来の通信とビームフォーミングを比較したイメージを Fig.1 に示す。

位置推定の方法は、送信側が受信側に試験用データを従来の方法で送信する。受信側が送信側に各アンテナの電波受信時の遅延、受信電力の状況を送信する。送信されたデータを基に基地局で受信端末の位置や電波の届け方を推定し、電波の位相の調整を行なう。そのため、ビームフォーミングはユーザの正確な位置が必要である。マッシュアップ MIMO で高精度に測定したデータを基に測定を行うことでユーザの位置を高精度に特定することが可能となる。

#### 4.3 新しいエア・インタフェース

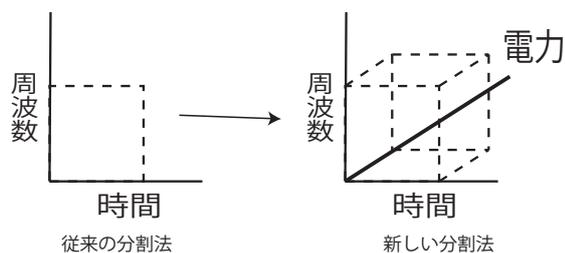


Fig.2 新しい周波数分割法のイメージ

無線通信では、他の端末と同じ周波数を使用すると送信したデータ同士が干渉し、データを読み取ることが困難になる。そのため、今までは周波数を分割する方法として時間及び周波数の2つが利用されていた。5G では、より高効率に周波数を分割するために分割する基準に受信電波の強さ（電力）を追加する。周波数分割のイメージを Fig.2 に示す。周波数を2次元的に分割するのではなく、3次元的に分割することで、より細かく分割することが可能になる。LTE 回線などの低周波数帯でこの分割法を使用すると約 60 % の周波数の利用効率が上がる。

#### 4.4 ファントムセル

データ通信量の多い地点における通信を効率よくカバーするために通信範囲の狭い小型の基地局（スモールセル）を使用する。通信範囲の広いマクロセルとスモールセルを同時に通信することでより広い周波数帯を使用して通信でき、データ通信量の増加に対応できる。

また、スモールセルの範囲外へ移動してもマクロセルと

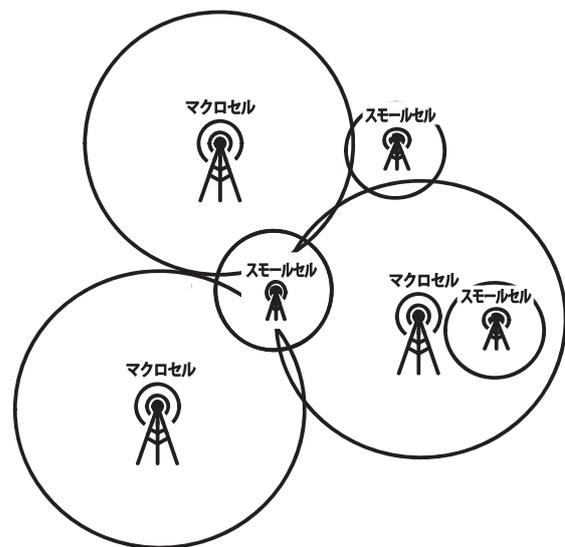


Fig.3 ファントムセルのイメージ

通信を続けているため、通信速度は低下するが、通信が途切れることは無い。これにより、無線通信で重要となる接続性を保ちながら高速なデータ通信の両立が可能になる。イベント開催時や緊急時などの人が大勢集まる時にスモールセルを設置することでマクロセルの出力を上げる必要無くデータ通信量の増加に対応できる。

ファントムセルのイメージを Fig.3 に示す。また、ドコモが開発した LTE-Advanced で利用されているキャリアアグリッドは利用可能な LTE 搬送波を複数使用している。一方、ファントムセルはマクロセルによる LTE とは異なる周波数と LTE 搬送波を束ねて利用できるという点で異なる。

#### 5 今後の展望

日本では 2020 年 7 月に開催される東京オリンピックに向けて 5G のサービス提供を目指している。2020 年での実用化を目指しているが、省エネルギー、大量のデバイス接続対策、低遅延化、高速なデータ通信など、様々な項目が要求される。2020 年までに 5G で要求される項目の全てを満たすことは容易では無い。そのため、5G をいくつかのフェーズに分け、その内の第 1 フェーズを高速なデータ通信の実現とし、実用化に向けて開発を進めている。実現までに残された課題は多いが、5G は IoT の普及の要となる技術であるため、早期のサービス提供が期待される。

#### 参考文献

- 1) 株式会社 NTT ドコモ, <https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/tech/5g/>
- 2) ROHDE&SCHWARZ, <http://www.rohde-schwarz.co.jp/technologies/5g/5g-fundamentals.html>
- 3) 真田研究室, 中原 隼, <http://www.snd.elec.keio.ac.jp>