

携帯の行方 (3G, 3.5G, 3.9G, 4G)

飯塚 羽音也, 秋田 雅俊

Haneya IIDUKA, Masatoshi AKITA

1 はじめに

近年、携帯電話は通話機能だけでなく、動画ダウンロードといったマルチメディア・サービスを展開するなど、急激な進化を続けている。しかし、従来の通信方式ではデータの受信速度が十分でないため、動画を表示する場合に画像データの遅延が生じる問題があった。そのため、データ通信速度の向上や遅延時間の短縮を行うことで、約 1Gbps の高速通信を実現する第 4 世代 (4G) 通信技術の展開に期待が集まっている。4G に移行することで、携帯電話の通信速度はさらに向上し、映画などの大容量動画のスムーズな再生などユーザの高度な要求にも対応できると考えられる。

本報告では、現在の通信技術である 3G から 4G にかけての次世代通信技術の推移と、携帯電話の新たなサービス展開について述べる。

2 携帯電話の現状

近年のユーザにおける携帯電話の利用目的の推移を Fig. 1 に示す。

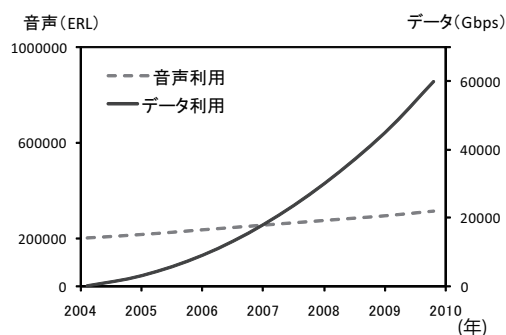


Fig.1 携帯電話の利用目的の推移 (参考文献¹⁾ より参照)

Fig. 1 から、年度が進む毎に携帯電話の利用目的が音声利用中心からデータ利用中心に移っていることが分かる。また、データ通信速度は増加を続け、データ利用におけるコンテンツの高度化に伴い、さらなる高速化に需要が集まっている。一方で、携帯電話には通信方式によって世代が分けられており、アナログ方式の第 1 世代 (1G)、デジタル方式の第 2 世代 (2G)、現在用いられているマルチメディア・サービスを実現する 3G がある。そして、さらなる高速通信を実現する 4G の通信規格へ移行していく。

4G に向けた携帯電話の通信技術の遷移を Fig. 2 に示す。

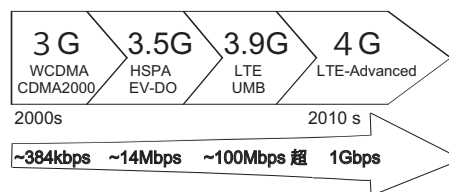


Fig.2 4G に向けた展開 (出典：自作)

Fig. 2 に示すように、3G と 4G の間に 3.5G と 3.9G という規格が存在する。これらの存在によって、世代移行時に通信技術の高効率化を継続的に導入することが可能となり、急激に増大するデータ通信量に対応することができる。

また、3.9G の特徴として、4G で用いられる技術の一部を 3G の周波数で実現するということが挙げられる。そのため、3.9G から 4G へ移行する際は、4G の本格導入時に技術的な障害は少なく、スムーズな移行が可能であると考えられる。そのため、3.9G は 3G から 4G へ移行する上で非常に重要な存在である。

次章では、次世代携帯電話 (3.9G) に用いられる技術について述べる。

3 LTE (Long Term Evolution)

LTE とは、3.9G の通信規格の 1 つで、現在、世界の携帯電話事業者の多くが採用する方針を示している²⁾。以下に LTE の特徴と技術を示す。

3.1 LTE の特徴

- 従来の技術を利用
従来の通信規格である W-CDMA (3G)、HSPA (3.5G) との互換性を考慮した方式を採用しているため、既存の設備に大きな変更が不要である。
- 高速サービスの提供
後述する新技術を用いることで、従来の規格と比較して約 8 倍の通信速度を実現する。そのため、新たな高速サービスが提供できる。
- 遅延時間
LTE では、データ転送による遅延時間が短いことから、対戦型のオンライン・ゲームなどリアルタイム性が重要なサービスに適している。

3.2 LTE の技術

LTE は、HSPA をさらに進化した技術に MIMO や SDMA という新たな技術を使うことで、広帯域化や周波数利用の効率化を行い、高速通信を実現する。

3.2.1 HSPA (High Speed Packet Access)

HSPA とは、3G 方式 W-CDMA のデータ通信を高速化した規格である。3.5G とも呼ばれ、従来は下り 384kbps～2Mbps 程度だったパケット通信速度を最高で 14.4Mbps と、従来の 5 倍以上の通信速度を実現する。下りを高速化する HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) と上りを高速化する HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) との総称でもある²⁾。LTE 技術では、下りの HSDPA の技術が特に進化するため、ここでは HSDPA の技術について述べる。

Fig. 3 に基地局・携帯電話間での送受信処理の流れを示す。

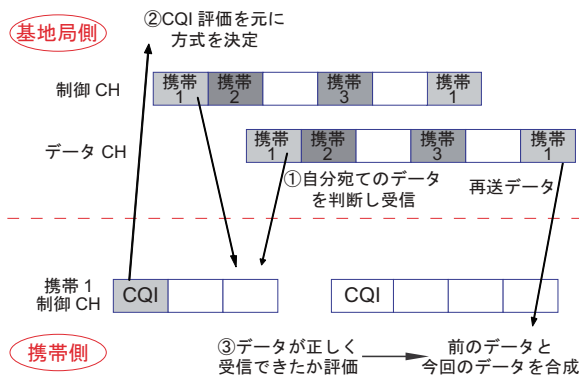


Fig.3 HSDPA の送受信処理の流れ (参考文献³⁾ より参照)

1. 共有チャンネル

HSDPA では、基地局資源節約のため、1 つの下りチャンネルを複数の携帯電話で共有する。制御 CH を用いることでどのユーザー宛てのデータを送信するかを携帯電話に通知し、携帯電話はこの情報を元に自分宛てのデータのみを受信することができる。

2. 適応変復調・符号化

基地局がどの携帯電話にデータを送信するかの判断は受信品質情報 CQI を元に決定される。送信方式については、電波の状態に応じて変調方式と符号化率を自動的に選択する。変調方式には安定で低速な QPSK と干渉によるエラー発生が多いが QPSK の 2 倍の速度の 16QAM がある。そのため、電波状態の悪い場合は QPSK、良い場合は 16QAM を利用する。また、符号化率は大きいほど通信速度は速く、誤り訂正能力は悪くなる。基地局は受信品質に応じて、誤り訂正できる範囲の最大の通信速度を選択する。

3. ハイブリッド ARQ (Automatic Repeat reQuest)

データを受信した携帯電話は、受信データが正しく受信できているかを評価し、基地局に送信する。エラーが検出された場合、携帯電話はこのデータを一旦保持し、基地局は最初の送信データとは別の誤り訂正ビットを再送する。受信側でデータと誤り訂正ビットを合成することにより、誤り訂正能力を上げ、エラー検出時の再送回数を減らすため、安定したデータ伝送速度を提供することが可能である。

3.2.2 MIMO (Multiple Input Multiple Output)

LTE では、HSPA とは別に、MIMO や SDMA と呼ばれるマルチアンテナ技術を併用することでさらなる高速通信を実現する。

送信側及び受信側のアンテナ数 2 (2 × 2) の MIMO 技術の流れを Fig. 4 に示す。

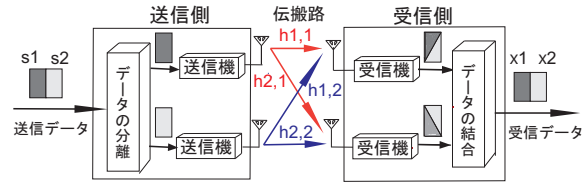


Fig.4 2 × 2MIMO 技術の流れ (出典：自作)

Fig. 4 のように、MIMO では送信側と受信側の双方に複数のアンテナを設置して伝送する。まず、送信側ではデータを複数の信号 (ストリーム) に分割し、それらの信号列を 2 本のアンテナを用いて同一の周波数帯域で同時に転送する。分割した個々のデータは元のデータより容量が少なくなるため、高速に転送することが可能である。そして、受信側ではそれぞれのアンテナが送信した電波の合成波を受信し、障害物等による電波の経路別のひずみを演算処理することで元の信号を取り出すことができる。

以下に、各送信アンテナから異なる信号を並列に伝送する空間多重方式を例にアンテナ数 2 の MIMO でのデータの流れについて述べる。

空間多重方式では、各送信アンテナから同時に異なる信号 s_1 と s_2 が同一周波数で送信すると、受信端末はこれらの信号が混信した信号を受信する。

受信する信号 x_1 及び x_2 は式 (1) および式 (2) のように表すことができる。

$$x_1 = h_{1,1} \cdot s_1 + h_{1,2} \cdot s_2 + n_1 \quad (1)$$

$$x_2 = h_{2,1} \cdot s_1 + h_{2,2} \cdot s_2 + n_2 \quad (2)$$

送信する信号 s_1 と s_2 が送受信間の j 番目の送信アンテナと i 番目の受信アンテナの伝搬路応答 $h_{i,j}$ により、アナログ回路で雑音 n_1, n_2 を付加して受信する。

MIMO は伝搬路応答が未知の状態でのデータ復調が困難であるため、あらかじめ既知の信号を送信し、受信端末に伝搬路応答を推定させる。この結果、式 (1) および式 (2) において雑音が無視できる場合、未知変数は送信された信号 s_1 と s_2 だけになり、連立方程式を解くことにより送信された信号を一意に推定できる。また、無視できない場合は、電波の環境が全く同じ場合でも通信品質が大きく異なってしまう。

3.2.3 SDMA (Space Division Multiple Access)

SDMA は周波数利用効率の向上を図ることができ、システムの容量を増大する技術である。移動通信の基地局アンテナとして注目されており、3G や高速・広帯域伝送を目標とする 4G でシステム容量の増大に寄与できる。

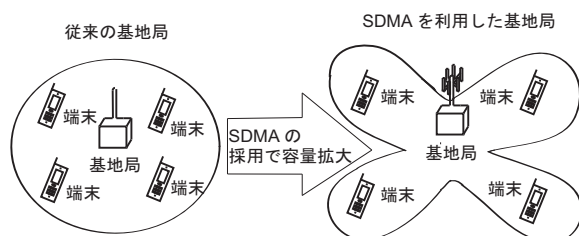


Fig.5 SDMA (参考文献⁵⁾より参照)

Fig. 5 に SDMA 技術を利用した基地局の様子を示す。

全方向に対して指向性を持たない従来のアンテナ基地局では、各ユーザ信号の送受信は、同一周波数を利用する範囲内の他のユーザから干渉を受ける。また、不要な方向に無駄な電力を放射するため、システム性能が干渉電力により大きく制限される。そこで、スマートアンテナ技術を用いることで、ある方向に対して送信電力を制御できるため、隣接する範囲における干渉電力を大幅に抑えることができる。

Fig. 5 のように、SDMA を利用した基地局では端末の方向に電波を集中して送ることで、一つの基地局で複数ユーザが同一時刻に同じ周波数を使うことができる。そのため、同じ基地局に接続している端末間で帯域を分け合うことなく、一つの基地局当たりの伝送容量を大幅に増やすことができる。

次に、SDMA を実現するための到来方向推定技術について述べる。到来方向推定技術の最も基本的な手法であるビームフォーミング法では一様励振アレイアンテナの主ビームを全方向に対して走査し、出力電力の大きくなる方向を探索する。そのため、基地局側の指向性を制御するために、アダプティブアレイアンテナ (AAA) を用いる。

AAA は、伝搬環境に対して最適な複素重み係数を計算し、各アンテナ素子からの信号に重み係数を乗算することでビームを形成する。

Fig. 6 にアンテナの指向性の操作の様子を示す。

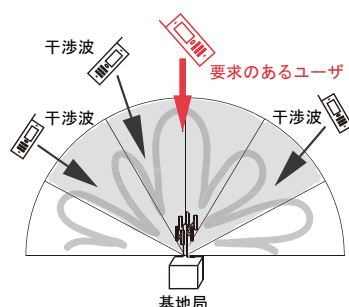


Fig.6 アンテナの指向性の操作 (参考文献⁶⁾より参照)

Fig. 6 のように、各アンテナ素子の受信出力を制御して要求のあるユーザの方向に指向性の主ビーム (放射パターンの最大値) を向けることにより送信電力を集中させる。他のユーザからの不要な干渉波に対しては複数のアンテナの重み付けを調整することでヌル (感度が最小

になるポイント) を形成し、送受信を行う。そのため、干渉の影響を低減できる。

一般的にヌルは非常に狭く、希望波と干渉波の角度差がそれほど小さくしなければ、希望波の電力の損失を抑えつつ、十分に不要波の影響を小さくすることができる。

4 国際ローミングへの対応

通信速度の高速化と共に、携帯電話はいかなる場所でも使用できることが求められている。携帯電話の使用可能範囲を広げるための技術がローミングである。ローミングとは、状況に応じて無線 LAN や携帯電話といったアクセスネットワーク間を移動しても、ユーザがインターネット上のサービスを継続的に利用できる技術である。

ローミングの中でも、国内の携帯電話を海外でできるようにする技術を国際ローミングという。国際ローミングでは、海外の事業者間との提携により、携帯番号やメールアドレスを変更せずに、現地の事業者の設備を使って利用者が契約している事業者のサービスを受けることができる。

しかし、国際ローミングを対応させるには海外の周波数と互換性を持つ周波数を利用する必要がある。日本の通信事業者は 3.9G へ移行する際、通信速度の高速化を最優先するため、海外の周波数に対応しない日本固有の 1.5GHz 帯で導入する方針を示していた。しかし、LTE 技術の導入が予想以上に遅れたため、最近では各事業者は海外の周波数にも対応する 2GHz 帯、800MHz 帯の利用を検討している。

国際ローミングに対応した周波数帯で LTE を導入することにより、海外でもネットワークの状態を意識することなく、サービスを継続して利用することが可能となる。

5 携帯の行方

本章では、4G で用いられる次世代通信規格とシステムの高度化利用の観点から携帯の行方について述べる。

5.1 LTE-Advanced (4G)

4G 規格である IMT-Advanced に向けて標準化が進む通信規格である。LTE との互換性を保ちつつ、100MHz 幅までの広帯域使用技術と周波数効率をあげることで、最大 1Gbps の速度を実現することを目指している。

5.2 システムの高度化利用

現在の携帯電話における通信技術では、通話が途中で途切れたり、通信中にデータパケットが消失したりすることや携帯電話が圏外で使用できないことがある。しかし、4G 技術が実用化すればそのようなトラブルはなくなり、常時接続、リアルタイムのマルチメディアサービス、安定性の高いアプリケーションが実現できる。本節では、4G の高度化利用の具体例について述べる。

● 楽曲ダウンロード利用

4G 規格が実現することで、静止時や低速移動時に約 1Gbps、高速移動時に約 100Mbps の最大通信速度が可能になり、1Gbps の通信速度であれば、3G 技術に

よる通信では 4 時間かかる 10 曲分の音楽 CD のダウンロードを約 50 秒で行うことができる。

- 動画ダウンロード利用
1Gbps の受信速度によって、DVD に録画した 2 時間の映画を従来の約 300 倍となる 1 分程度でダウンロードできる。
- インターネット接続利用
4G は高速で移動している場合でも途切れずに高画質の動画像を送受信できるため、動画配信サービスが急速に拡大する。
- 動画アップロード
ビデオカメラで撮影した HD 動画をどこからでもブログや SNS に瞬時にアップロードすることができる。そのため、将来はカメラにディスクなどのストレージを搭載する必要がなくなる可能性も十分に考えられる。

6 まとめ

世界の携帯電話事業者では、次世代通信規格に LTE の採用を表明している。LTE は、HSPA などの従来の通信方式と MIMO や SDMA などのマルチアンテナ技術を併用することにより、通信速度のさらなる高速化を実現する。携帯電話の通信速度が向上することで、映像のリアルタイム伝送など大容量データ通信が可能となり、新たなサービス展開が期待されている。

参考文献

- 1) ユビキタスネット時代の新たな電波利用に向けた政策展開，総務省 総合通信基盤局電波部 移動通信課長 渡辺克也
- 2) 携帯 4 社の 3.9G 導入戦略はまちまちに，総務省が公開ヒアリングを開催
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20081109/318855/?ST=keitai&P=2>
- 3) HSDPA
http://www.kendenkyo.or.jp/pdf/technology/156_words.pdf
- 4) モバイル WiMAX 技術動向 原田崇
http://www.oki.com/jp/Home/JIS/Books/KENKAI/n210/pdf/210_R25.pdf
- 5) 同じ周波数を使い複数端末と通信する SDMA
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20071203/288602/?ST=keitai>
- 6) 到来方向推定システムの基礎と実装例 Minseok Kim
<http://www.cqpub.co.jp/dwm/Contents/0121/dwm012101120.pdf>
- 7) 情報通信ベンチャー支援センター
http://www.venture.nict.go.jp/contents/index.php/venture/node_2672/node_2695/node_2912