

Super 3Gの技術動向

その1 Super 3Gの概要および標準化活動状況

3Gから4Gへのスムーズな移行を進めるために検討されているSuper 3Gについて、2回に分けて解説する。その1ではSuper 3Gのコンセプト、要求条件、展開シナリオおよび標準化活動状況について述べ、その2では技術詳細として、現在標準化で検討されている想定技術およびドコモの提案技術について述べる。

なかむら たけひろ あべ た さだゆき
中村 武宏 安部田 貞行

1. まえがき

ドコモは2001年10月、W-CDMA方式による第3世代携帯電話(3G)サービスである「FOMA」を国内で開始した。その後、料金プランを含むサービスの充実、移動端末の機能・性能の向上、サービスエリアの拡充が進んだ2003年ころから契約者数が急速に伸び始め、2006年5月末現在、FOMA契約者数は全国で2500万を突破した。ドコモの契約者数全体に占めるFOMA契約者の割合は49%を越え、第2世代方式から第3世代方式への移行が順調に進んでいるといえる。

また、W-CDMA方式の国際的普及も順調に進んでいる。2003年までは商用サービスを開始した移動通信事業者数は少数に限られていたが、2004年以降に多くの事業者が相次いでサービスを開始した。これまでに、欧州だけでなく北米、アジアの地域を含めて約100の移動通信事業者がW-CDMA方式を用いた3Gサービスを提供している。

現在ドコモがFOMAで提供しているパケットサービスのデータ速度は最高384kbit/sであるが、さらなる高速化を目指して2006年に導入予定のHSDPA (High Speed Downlink Packet Access)^{*1}は、技術仕様上、無線基地局から移動端末までの下りリンクで約14Mbit/sの高速伝送が可能となっている。また、伝送効率を現行の3~4倍に高められるため、ビット当りのコスト低減にも有効である。

さらにW-CDMAの標準仕様を開発している3GPP (3rd Generation Partnership Project) では、上りリンクの速度を5.7Mbit/sに高速化するHSUPA (High Speed Uplink Packet

Access)^{*2}の技術仕様をほぼ完成させ、短中期的なW-CDMAの拡張が着実に進められている。しかしながら、長い将来を見据えたうえではさらに長期的なビジョンでとらえる必要があり、ドコモでは3Gの進化のため2004年に「Super 3G」のコンセプトを提唱した。

2. Super 3Gコンセプト

2.1 Super 3Gのねらい

無線技術を標準化するITU-R (International Telecommunication Union-Radiocommunication sector) では、3G以降の将来の移動通信システム、いわゆる「4G」について検討している。現在、利用する周波数帯を特定するための議論の段階にある。

現時点では、4Gは標準化上において具体的な技術標準を議論する段階にないが、フレームワーク勧告^{*3}で示されている仕様としては、高速移動で100Mbit/s、低速移動で1Gbit/sといった速度が期待されている。ドコモではこの仕様を実現する技術も積極的に研究しており、2010年以降の導入を目指し、屋外実験において高速移動で100Mbit/s、低速移動で1Gbit/sの速度をすでに実証している。さらに低速移動環境において2.5Gbit/sの速度も屋外実験で実証している。

4Gの導入には3つのシナリオが考えられる(図1)。このうち4Gをスムーズに導入するにはまず3Gを発展させて、そのうえで4Gを構築するシナリオ3が最適との結論に達した。この発展させた3Gを「Super 3G」と呼び、2004年初めにそのコンセプトを提案した。

*1 HSDPA: W-CDMA方式に基づく下りリンクの高速パケット伝送方式。3GPP規格上の下り伝送速度は、最大約14Mbit/sである。移動端末の電波受信状況に応じて、変調方式と符号化率を最適化する。

*2 HSUPA: W-CDMA方式に基づく上りリンクの高速化技術。3GPP規格上の上り伝送速度は、最大5.7Mbit/sである。基地局における電波受信状況に応じて、符号化率、拡散率、送信電力を最適化する。

*3 フレームワーク勧告: 検討を行うための組織構成、手順などを定めたものの。

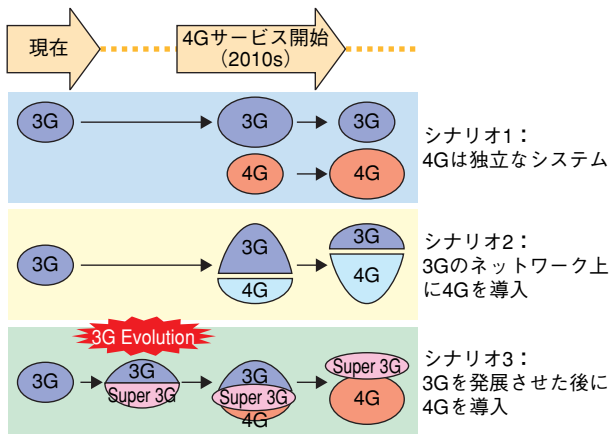


図1 4G導入シナリオ

HSDPAの導入により、W-CDMA技術を使用した3G移動通信システムは数年にわたって市場の要求を満たし、他のシステムに対する競争力を確保できると考えられる。しかしながら、さらに今後、急速に伸びるマルチメディアトラフィックやユビキタストラフィックに対応するには、長期的に見た技術進化が必要となる。この考え方は、2004年末に3GPPにSuper 3G（標準化上ではLong term EvolutionあるいはEvolved UTRA and UTRAN）を提案した際に多くの通信事業者から共感を得られた。

Super 3Gの目的は4Gへのスムーズな移行だけでなく、W-CDMA方式の3Gを発展させることにより長期的に競争力を維持することにある（図2）。Super 3Gはあくまでも3Gの範囲に含まれ、周波数は現在3Gに割り当てられている帯域と、今後新たに3G用に追加される帯域を使用する。

2.2 Super 3Gの要求条件

Super 3Gへの重要な要求条件は、データ速度の飛躍的な向上や周波数利用効率^{*4}の向上だけでなく、「低遅延の実現」もある。低遅延を実現することにより、呼設定に要する時間を短縮し、また通信中のデータ転送にかかる時間を低減することにより、TCP/IPなどのデータ伝送を高速に行うことが可能となる。

Super 3Gは3Gの周波数帯域を使用するシステムであるが、W-CDMA方式が利用する5MHz以上の周波数帯域幅でも利用できる柔軟性のある運用を考慮に入れ検討している。導入にあたっては、設備投資や運用費用が安価で適正であることが前提となる。そのためには、無線ネットワークと移動端末にかかわる複雑性を排除し、シンプルかつ安価なシステム構築を目指す必要がある。

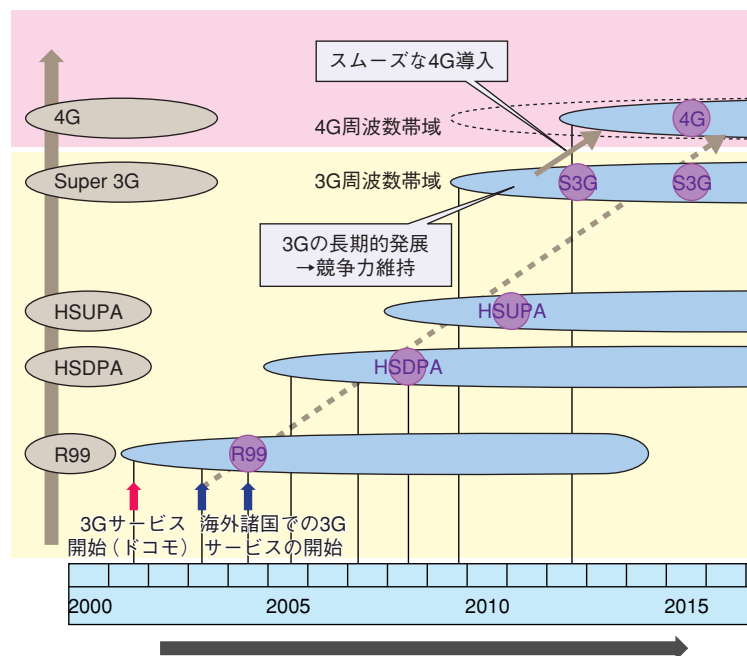


図2 Super 3Gのコンセプト

*4 周波数利用効率：単位時間、単位周波数帯域当りに送信できる情報ビット数。

2.3 ITU-Rとの関係

将来の移動通信の展望について議論しているITU-Rでは、2003年に「IMT-2000の将来の開発と systems beyond IMT-2000のフレームワーク勧告M.1645」を承認した。この勧告には移動速度とデータ速度の関係が示されている(図3)。図に示すIMT-2000が3Gであり、IMT-Advancedの新しい能力が4Gである。

なお、ITU-Rでは「3G」と「4G」の用語は用いられていない。ITU-Rはいわゆる4Gの呼称を議論しており、最近ではIMT-Advancedを採用する方針を決めている。

図3にSuper 3Gと4Gの位置付けを楕円として追記した。Super 3GはIMT-2000を拡張したもので、IMT-2000の枠内に含まれている。4Gで高い通信速度を実現するために、より広帯域で新しい周波数帯の割当てを期待しているが、Super 3GではIMT-2000用に割り当てられた追加バンドを含む周波数帯域を使用する。

M.1645では、コアネットワークにさまざまなアクセス回線が連携しながら収容されることも想定されている。アクセス回線の中には、W-CDMAや新しい無線インタフェースが含まれている。

2.4 Super 3Gのイメージ

3Gの周波数帯域を使用するSuper 3Gは、無線アクセス方

式に新しい技術を積極的に取り入れ、飛躍的な性能改善をねらっている。具体的には直交周波数分割多重 (OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^{*5}やMIMO (Multiple Input Multiple Output)^{*6}といった技術要素の採用を視野に入れている。遅延は無線区間のフレーム構造で決まる要素が大きい。このためSuper 3Gの要求条件である低遅延を満たすには、設計時に十分な配慮が必要となる。

無線アクセスネットワーク (RAN：Radio Access Network) には、低遅延かつ安価なネットワーク構築ができるようシンプルなアーキテクチャを採用する。例えば、システムが複雑になることを回避するためのチャンネル構成の簡素化^{*7}やシグナリングの最適化^{*8}、制御遅延短縮を図るための無線リソース制御機能の基地局への分散配置などが有効な手段として考えられている。

Super 3Gの無線アクセスを収容するコアネットワークには、All-IPネットワークを想定しており、3GPPではこのネットワークの技術仕様の検討を進めている。All-IPネットワークをSuper 3Gに導入する時点で、4G無線アクセスの収容が可能な構成としておけば、4Gの導入もスムーズに進められる(図4(a))。

また、Super 3Gは現行の3Gを置き換えるものではない。したがって、Super 3G端末は現行の3G機能も備えたデュアルモード端末になることが前提となる。通信エリアは3G

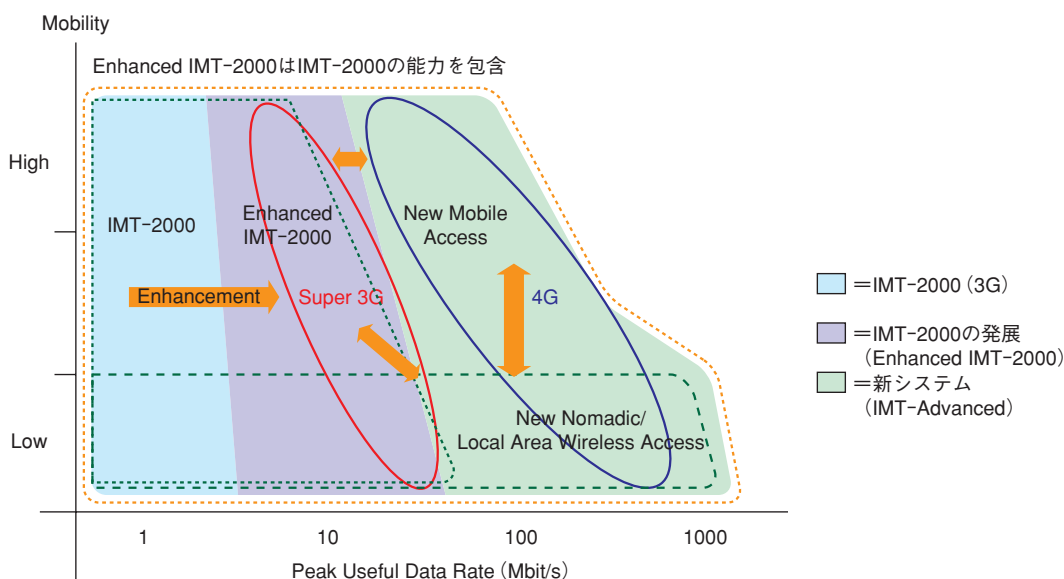
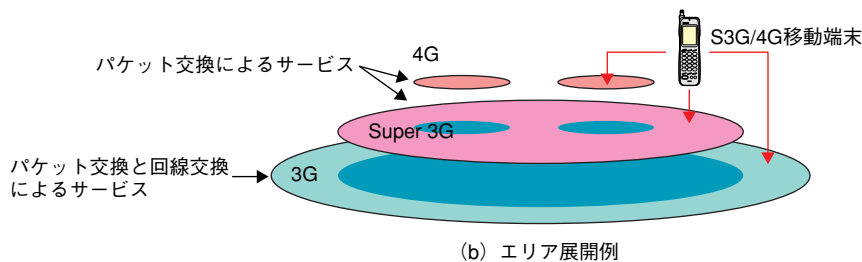
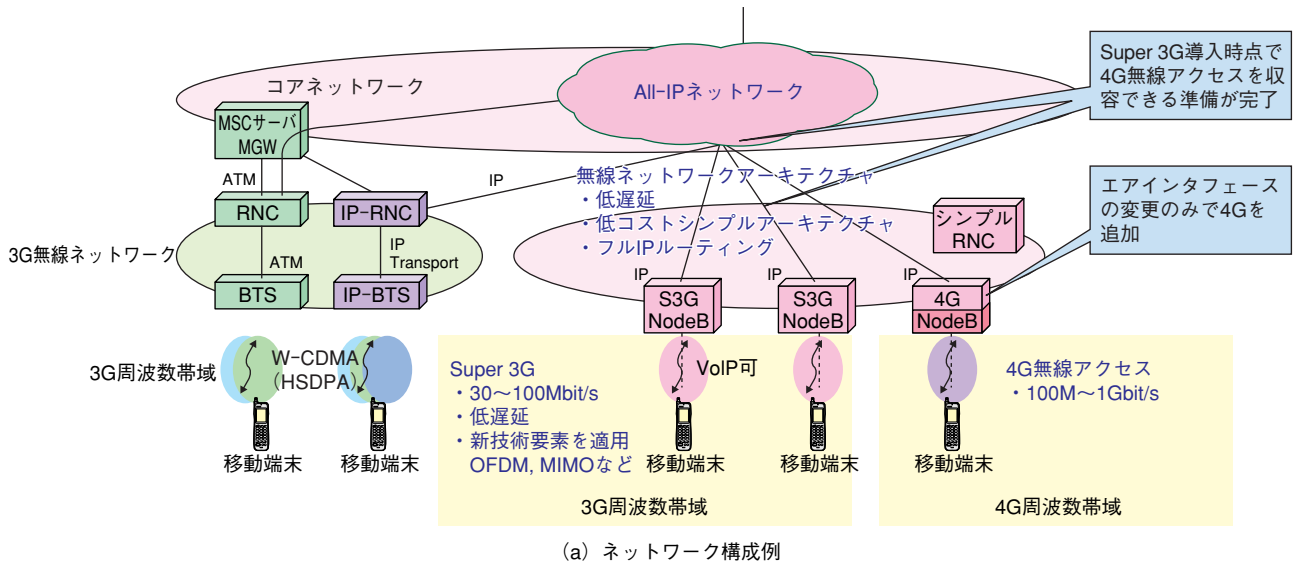


図3 Super 3GとM.1645勧告の関係

* 5 直交周波数分割多重：デジタル変調方式の1つであり、マルチパス干渉への耐性を高めるため、高速な伝送レートの信号を多数の低速な狭帯域信号に変換し周波数軸上で並列に伝送する方式。高い周波数利用率での伝送が可能である。
 * 6 MIMO：複数のアンテナを用いることにより高速化を図る技術。

* 7 チャンネル構成の簡素化：パケット伝送に最適化したチャンネル構成とすることにより、チャンネルの種類およびチャンネル間の遷移パターンを削減すること。
 * 8 シグナリングの最適化：冗長性を排除し、シグナリングビット、シグナリングシーケンス数の削減により高速かつ簡易なシグナリングを実現すること。



BTS (Base Transceiver Station)：基地局。
 RNC (Radio Network Controller)：無線ネットワーク制御装置。
 MSC (Mobile Switching Center)：移動通信制御局。
 MGW (Mobile GateWay)：ゲートウェイサーバ。
 Node B：基地局 (3GPP上の呼称)。

図4 ネットワーク構築例

エリアにオーバーレイする形態で段階的に導入を進めていく (図4 (b))。

一方、Super 3Gはパケット交換サービスのみを対象としている。現行の3Gネットワークでは回線交換とパケット交換サービスの両方を提供しているが、Super 3Gはパケットネットワーク上のVoIP (Voice Over IP)^{*9}によって、回線交換サービスと同等のサービスを提供できるネットワークの実現を目指し、システム効率の向上を図る。

ただし、実際にサービスとして提供するか否かは各移動通信事業者の判断に委ねられている。回線交換ネットワーク設備を効率的に運用できる限り、サービスの提供は必然ではない。長期的には現行の3GシステムをSuper 3Gに全面移行することも可能である。これによりサービス展開や

通信設備の経済性を考慮して、単独のパケットネットワークによる運用を移動通信事業者が判断することができる。

3. 標準化活動状況

3GPPで3Gシステムの長期的な発展を検討する必要性が高まり、「3G RAN LTE (Long Term Evolution)」と称するワークショップが2004年11月に開催された。

ドコモは、このワークショップにSuper 3Gコンセプトを提案した。その後26社の賛同を得て、3GPP内でのLTE検討開始を提案し合意された。2006年6月に実現性を含む基本検討をほぼ完了し、同時に技術仕様の検討を開始した。技術仕様は2007年9月に完成する予定である。

作業手順としていくつかのマイルストーンが設けられて

*9 VoIP：IPネットワーク上で音声データを送受信する技術。

表1 主な要求条件

| | | |
|--------------------------------------|-------------|--|
| ピークデータ速度 | | 下り：100Mbit/s, 上り：50Mbit/s |
| 遅延 | 制御遅延 | 100ms以下(アイドル状態→アクティブ状態) 50ms以下(ドーマント状態→アクティブ状態) |
| | 伝送遅延 | 5ms (RAN内の片道遅延) |
| ユーザスループット (Rel. 6 HSDPA/HSUPAと比較) | セル端でのスループット | 2～3倍(下り), 2～3倍(上り) |
| | 平均スループット | 3～4倍(下り), 2～3倍(上り) |
| 周波数利用効率 (Rel. 6 HSDPA/HSUPAと比較) | | 3～4倍(下り), 2～3倍(上り) |
| 周波数帯域 | | 1.25, 2.5, 5, 10, 15, 20MHz |

ドーマント：間欠受信

いる。まず作業計画とテクニカルレポートの構成を決め、要求条件について合意する。続いて「RANとコアネットワークの機能分担」, 「無線インタフェースプロトコルアーキテクチャ」, 「物理レイヤの基本検討」を経て、詳細コンセプトを取りまとめたテクニカルレポートを完成させ、基本検討を完了する。

2005年6月には要求条件に関するテクニカルレポート (TR25.913) が承認された。ワーキンググループのレベルで具体的な技術検討も開始されている。

3GPPで合意された要求条件の主な項目を表1に示す。最大データ通信速度は100Mbit/sで、伝送遅延はRAN内で5ms以下と高い目標が掲げられている。ユーザスループット^{*10}や周波数利用効率についても挑戦的な目標値である。使用周波数帯域幅は最大20MHzまでを想定している。5MHzよりも小さな周波数帯域幅は、欧州などでGSM (Global System for Mobile communications)^{*11}に使用している周波数帯域への適用も考慮して加えられたものである。

4. あとがき

Super 3Gのコンセプト, 要求条件, 展開シナリオおよび3GPPでの標準化活動状況について述べた。次号では、具体的な提案技術について解説する。

*10 スループット：単位時間当りに、誤りなく伝送される実効的なデータ量。

*11 GSM：ヨーロッパやアジアを中心に世界中で広く利用されている第2世代移動通信方式の1つ。