

# 次世代携帯電話

—技術委員会監修—

## 1. はじめに

次世代携帯電話の動向に関してはわかりにくいと感じている人が多いと思われるため、今回は、第4世代(4G)と、そこに向けてどのような検討がなされているかを簡単にまとめ、それぞれの方式の技術的特徴を解説したいと思う。表1は世代別に通信速度、システムと用いられている技術について簡単にまとめたものである。また略語が多いこともわかりにくいことの要因と思われるので、本稿で使用されている略語について、最後に略語集としてまとめた。

3Gとか4Gというとき、その各世代を区分しているのは通信速度であり、システムや適用されている技術はその速度を実現するために構築されていると考えるとわかりやすい。現在はおよそ第3.5世代にあたる。およそというのは大抵の場合、サービスエリアの制約から第2世代あるいは第3世代のシステムとのデュアル、トリプルモードの形態をとっている携帯電話が大半を占めているためである。現時点で次世代携帯電話というときは、4Gをさす場合と3.9Gあるいはそれ以降をさす場合がある。

## 2. 第4世代の携帯電話

電波の周波数帯はWRC<sup>\*1</sup>で採択され、規格の策定はITU<sup>\*2</sup>でIMT-Advancedと称して行われ、準拠する方式として3GPP<sup>\*3</sup>ではLTE-Advancedとして標準化が開始されており、候補のひとつになっている。

一方、ITU-R<sup>\*4</sup>においてIMT-2000の新しい方式としてIEEE802.16が勧告されたのを受け、IEEE<sup>\*5</sup>とWiMAX Forumにおいて第4世代に相当するモバイル WiMAX<sup>\*6</sup>のIEEE802.16mの検討がなされており、IMT-Advanced相当の規格制定を目的としている。

第4世代携帯電話の要件として特に重要なポイントになるのは以下のとおりである。

◇ネットワークはIP(インターネットプロトコル)が前提

◇高速移動時で100Mbps、低速移動時で1Gbpsの実現を目標

IPが前提というのは重要なポイントで、背景としては世界中の固定通信網サーバにある膨大なデータを、移動体通信網でもシームレスに活用できるメリットがあり、実現のためには高速の通信速度が必要になる。また、IPベースということは、次世代携帯電話のシステムとして従来のシステムの延長・発展型ではなく、無線LANのシステムを移動中でも利用可能なように発展させるというアプローチがでてくるのは当然の結果である。インターネット上のデータを活用するということを考えると、通話だけではなく、ブラウジングや動画再生も当然視野に入るので、第4世代携帯電話の形態が多様化するのには容易に想像がつく。つまり、現在主流の小さくて薄くて軽いほど良いというニーズもあれば、画面はある程度大きいほうがよいというようなニーズがでてくるであろう。現在の市場においては、ワンセグ携帯に、IP経由でのストリーミングで動画の再生機能を実装すること自体は、次世代のデータ通信速度が実現すれば難しくはなさそうであり、またスマートフォンの台頭は、容易で快適なブラウジングとかフルキーボード、タッチパネルの採用によるユーザインターフェース向上の意味で、ニーズの多様化の方向性を示唆しているとともに、次世代に向けての下地はすでにできつつあるといえる。

表1 世代別接続方式と変調方式

標準	呼称	データ伝送速度 下り/上り(最大)	世代	規格化 組織	複信方式	接続方式	変調方式	
IMT <sup>*24</sup> - 2000	IMT-MC	CDMA 2000 1x	307kbps	3G	3GPP2	FDD <sup>*30</sup>	SCDMA <sup>*32</sup>	DL:π/4 DQPSK <sup>*36</sup> UL:π/4 QPSK BPSK <sup>*37</sup>
		CDMA2000 1xEV-DO	2.4Mbps /153kbps	3.5G		FDD	DL:TDMA <sup>*33</sup> UL:CDMA <sup>*34</sup>	DL:16QAM <sup>*38</sup> 8PSK <sup>*39</sup> π/4 DQPSK DL:π/4 QPSK BPSK
		CDMA2000 1xEV-DO Rev.A	3.1Mbps /1.8Mbps	3.5G		FDD	DL:TDMA UL:CDMA	DL:64QAM - π/4 DQPSK UL:8PSK - BPSK
		CDMA2000 1xEV-DO Rev.B	73Mbps /27Mbps	3.5G		FDD	DL:TDMA UL:CDMA	DL:64QAM - π/4 DQPSK UL:8PSK - BPSK
	検討中	UMB	288Mbps /75Mbps	3.5G	TDD <sup>*31</sup> /FDD	検討中		
	IMT-DS	W-CDMA /UMTS <sup>*26</sup>	2Mbps	3G	3GPP	FDD	CDMA	DL:QPSK UL:BPSK
		W-CDMA HSDPA	14.4Mbps /2.4Mbps	3.5G		FDD	TDMA/CDMA	DL:16QAM π/4 DQPSK UL:BPSK
		W-CDMA HSPA	14.4Mbps /5.8Mbps	3.5G		FDD	TDMA/CDMA	DL:16QAM π/4 DQPSK UL:8PSK - BPSK
		W-CDMA eHSPA	42Mbps /12Mbps	3.5G		FDD	TDMA/CDMA MIMO	DL:64QAM UL:8PSK - BPSK
		DC-HSDPA	42Mbps /5.8Mbps	3.5G		FDD	TDMA/CDMA	
	検討中	LTE	100Mbps /50Mbps	3.9G	TDD/FDD	DL:OFDMA UP:SC-FMDA MIMO	DL:検討中 UL:16QAM 64QAM	
	IMT-SC	GSM384 /EDGE /EGPRS <sup>*27</sup>	384kbps	3G		FDD	TDMA	3π/8PSK GMSK <sup>*40</sup>
		EDGE Evolution	1Mbps	3G		FDD	TDMA	π/4 16QAM 3π/8PSK GMSK
	IMT-TC	TD-SCDMA <sup>*28</sup>	2Mbps	3G	中国・ ドイツ	TDD	SCDMA	DL:16QAM - QPSK UL:8PSK - QPSK
		TD-CDMA <sup>*29</sup> /HSDPA	2.8Mbps	3G	日本	TDD	TDMA/CDMA	DL:16QAM QPSK UL:QPSK
IMT-FT	DECT	1.1Mbps	3G	ETSI	TDD	TDMA	GMSK	
IMT2000 OFDM TDD WMAN <sup>*25</sup>	WiMAX IEEE802.16 -2004	75Mbps	3G	IEEE /WiMAX Forum	TDD /FDD	OFDMA	OFDM 適応変調 64QAM - QPSK	
検討中	モバイル WiMAX IEEE802.16e/j	15Mbps	3.9G		TDD /FDD	SOFDMA <sup>*35</sup> /OFDMA	適応変調 QPSK, 16/64 QAM	
IMT- Advanced	検討中	LTE- Advanced	1Gbps /300Mbps	4G	3GPP	検討中		
	検討中	モバイル WiMAX IEEE802.16m	1Gbps /300Mbps	4G	IEEE /WiMAX Forum	検討中		

### 3. 第 3.5 世代(3.5G)から第 3.9 世代(3.9G)の携帯電話

これらは第 3 世代の携帯電話の要件を満たしているながら、さらに高速化したものを特に区別し、第 4 世代に対する位置づけを明確にしたい場合によく用いられる。

#### (1) 第 3.5 世代の携帯電話

一般的に、下記の W-CDMA<sup>\*7</sup>の HSPA や CDMA2000 の 1xEV-DO<sup>\*9</sup> Rev.A/B のような、パケット通信を用い

て第3世代の携帯電話を特にデータ通信領域において高速化・高度化したものをさす。

①CDMA2000 1xEV-DO

第3世代に区分される場合もあるが、パケット通信の性能向上の観点から3.5Gに分類されることが多い。1xとは1.25MHz帯域のキャリアをひとつ使用するという意味で、EV-DOとはEvolution Data Only(またはOptimized)の略である。

②W-CDMA HSDPA<sup>\*10</sup>

W-CDMAの発展型として、5MHz帯域のキャリアをひとつ使用して下り方向の速度を最大14.4Mbpsまで向上したものの。

③CDMA2000 1xEV-DO Rev.A

上り方向の速度を最大1.8Mbpsまで向上させたもの。

④W-CDMA HSPA (HSDPA/HSUPA<sup>\*11</sup>)

HSDPAと、上り方向の速度を最大5.8Mbpsまで向上させたものの総称。

⑤CDMA2000 1xEV-DO Rev.B

1xEV-DOを同時に複数のキャリアに適用させてHSPAと同等速度を実現させたもの。

⑥W-CDMA eHSPA<sup>\*12</sup> (HSPA Evolution, Enhanced HSPA)

HSPAの発展型のひとつで、MIMO<sup>\*13</sup>の導入で、下り方向最大42Mbps、上り方向最大12Mbpsを実現する。

⑦DC-HSDPA<sup>\*14</sup>

HSPAの発展型のひとつで、MIMOを使用せず、同時に連続した2つの5MHz帯域のキャリアを下り方向についてのみ使用する方法で下り方向およそ42Mbpsを実現させたもの。

(2)第3.9世代の携帯電話

第3.9世代という場合は、第3世代の発展型というだけではなく、第4世代にスムーズに移行できる要素を含んでいることを意味する。3GPPがRelease8として標準化を進めている。

また、モバイルWiMAXのIEEE802.16eもこの世代に属する。通信速度としては下り方向100Mbps、上り方向50Mbps以上である。

①LTE<sup>\*15</sup> (Long Term Evolution)

下り方向ではOFDM<sup>\*16</sup>をベースに複数ユーザのアクセスを可能にするOFDMA<sup>\*17</sup>方式を採用、上り方向は低消費電力を考慮しSC-FDMA<sup>\*18</sup>を採用し、下り方向100Mbps、上り方向50Mbps以上を目標としている。ネットワークをオールIP化してパケット通信で音声通信も行う。GSM<sup>\*19</sup>/GPRS<sup>\*20</sup>の置き換えも視野にいれ、GSM/GPRSの周波数帯域にも適用できるように、キャリアの帯域幅を1.4MHz以上からカバーしている。

②UMB<sup>\*21</sup> (Ultra Mobile Broad-Band)

3GPP2<sup>\*22</sup>でCDMA2000 1xEV-DOの発展型として、下り方向100Mbps、上り方向で50Mbps程度を目標とする検討がなされていたが、採用する事業者が存在せず、事実上中断している。

③WiMAX

物理層にIEEE802.16を使用しているWiMAXは、無線LANの移動性を向上したものの位置づけで、端

末の識別を MAC アドレス\*23 とユーザ ID で行うため、電話番号が不要である。現在では従来の WiMAX をモバイル WiMAX と区別する場合に固定 WiMAX と呼ぶ場合もある。OFDM が物理層のプロファイルとして規定されている。

#### ④モバイル WiMAX

モバイル WiMAX は、WiMAX に基地局間のハンドオーバー機能と MIMO を付加したもので IEEE802.16e でスタートした。暗号化機能もサポートされており、移動体通信端末としての基本的要件を満たしている。物理層のプロファイルは OFDMA のみである。特徴として使用する周波数帯域が高いため、屋内やサービスエリアが狭い範囲に限られる懸念があるが、この対策として IEEE802.16j で、基地局間の中継局としての機能をもたせ、サービスエリア拡大や多段中継を可能にするなどの検討がなされており、また、IEEE802.16e の端末が中継局の存在を意識させない条項も含まれていて、ローコストでエリアの拡大ができる利点がある。

### 4. 次世代携帯電話に求められる水晶デバイス

現在検討がなされている 3.5G 以降の携帯電話において、通信の速度は速くなるが、通信にかかわる機能に関するプロセス自体に大きな変更はなく、送信時の変調および受信時の復調方法にかかわる部分が異なるのみである。次世代携帯電話に求められる水晶デバイスとしては、これらの変調方式の変調精度向上に寄与する特性をもつ水晶デバイスが求められる。

具体的な例としては、高精度の変調・復調に必要な基準信号とはどういうものかを考えると、水晶発振器であれば周波数安定度がただ高いというだけでなく、信号のノイズのレベルがより低く、短期安定度のより高いデバイスが求められることが予想される。

また、通信速度の向上と共に無線通信を利用するアプリケーションの組み込みも増えることが予想される。これに伴い、各アプリケーションの動作のための基準信号源としての水晶デバイスだけでなく、各無線通信間の干渉やノイズの増加による変復調精度の劣化を防ぐためのフィルターに対するニーズも多様化することが予想される。

(日本電波工業株式会社 佐藤 克之)

〈参考文献〉

総務省 情報通信白書

〈略語集〉

\*1～\*23: 本分中、\*24～\*40: 表1、\*41: 略語集の記載用語

No.	略語	正式名称	解説
*1	WRC	World Radiocommunication Conference	ITU-R が開催する世界無線通信会議
*2	ITU	International Telecommunication Union	国際電気通信連合
*3	3GPP	Third Generation Partnership Project	W-CDMA 系の 3G の規格を制定化するプロジェクト。
*4	ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunications Sector	国際電気通信連合の無線通信部門
*5	IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc	(米国)電気電子学会 会員制非営利団体で電気電子関連の標準化を行う
*6	WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	IEEE802.16 を物理層にもつ無線通信方式

No.	略 語	正式名称	解 説
*7	W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access	3GPP が提唱した第 3 世代携帯電話システムの呼称 UMTS・3GSM
*8	HSPA	High Speed Packet Access	高速パケット通信接続。HSDPA と HSUPA の総称
*9	1xEV-DO	1x Evolution Data Only	3GPP2 の提唱する CSMA2000 系のパケット通信の呼称
*10	HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	高速ダウンリンクパケット通信接続
*11	HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	高速アップリンクパケット通信接続
*12	eHSPA	HSPA+, Enhanced HSPA (eHSPA), Evolved HSPA HSPA Evolution	MIMO により高度化した HSPA
*13	MIMO	Multiple-Input Multiple-Output	複数入力・複数出力。もとのデータを別々に分け、複数のアンテナで同じ周波数帯域を使用して送受信する方法
*14	DC-HSDPA	Dual Cell HSDPA	HSPA の発展型のひとつで MIMO を使用しない方法
*15	LTE	Long Term Evolution	3GPP で検討中の 3.9G 携帯電話とそのネットワーク
*16	OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	直交周波数分割多重方式
*17	OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access	直交周波数分割多元接続 OFDM で複数のユーザの接続を可能にしたもの
*18	SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access	シングルキャリア周波数分割多元接続
*19	GSM	Global System for Mobile Communications	CEPT <sup>*41</sup> で統一、標準化された第2世代携帯電話とそのネットワークの呼称
*20	GPRS	General Packet Radio Service	GSM のパケット通信方式
*21	UMB	Ultra Mobile Broadband	3GPP2 で検討していた次世代携帯電話とそのネットワーク
*22	3GPP2	Third Generation Partnership Project 2	CDMA2000 系の 3G の規格を制定化するプロジェクト
*23	MAC アドレス	Media Access Control address	インターネット上で端末を識別できる物理層上のアドレス
*24	IMT <sup>*</sup>	International Mobile Telecommunication	ITU-R が制定する規格のヘッダ記号
*25	WMAN	Wireless Metropolitan Area Network	無線通信ネットワークのひとつ
*26	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	3GPP の提唱する第 3 世代携帯電話システムの呼称 W-CDMA・3GSM
*27	EDGE/EGPRS	Enhanced Data Rates for GSM Evolution, Enhanced GPRS	GPRS を拡張したパケット通信方式
*28	TD-SCDMA	Time Division – Synchronous Code Division Multiple Access	時分割複信・同期符号分割多元接続
*29	TD-CDMA	Time Division – Code Division Multiple Access	時分割複信・符号分割多元接続
*30	FDD	Frequency Division Duplex	周波数分割複信 周波数を分割して送受信を同時に行う方法
*31	TDD	Time Division Duplex	時分割複信 時間を区切って送受信を同じ周波数帯域で行う方法
*32	SCDMA	Synchronous Code Division Multiple Access	同期符号分割多元接続
*33	TDMA	Time Division Multiple Access	時分割多元接続
*34	CDMA	Code Division Multiple Access	符号分割多元接続
*35	SOFDMA	Scalable OFDMA	動的 OFDMA ユーザ数や伝送速度を変えられる OFDMA の方式
*36	QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	四位相偏移変調
*37	BPSK	Binary Phase Shift Keying	バイナリー位相偏移変調
*38	QAM	Quadrature Amplitude Modulation	直交振幅変調
*39	PSK	Phase Shift Keying	位相偏移変調
*40	GMSK	Gaussian minimum shift keying	ガウス最小偏移変調
*41	CEPT	Conference of European Postal and Telecommunications administration	欧州郵便電気通信主管庁会議