

IMT・2000 サービス特集(1) - モバイル新世紀の先駆け「FOMA」誕生 -

技術概要

本稿では、IMT・2000 標準化の経緯と、ドコモが採用した IMT・2000 の無線アクセス技術およびコアネットワーク技術の概要について述べる。

おの え せいぞう やまもと こうじ
尾上 誠蔵 山本 浩治

1. まえがき

次世代移動通信 (IMT・2000 : International Mobile Telecommunications・2000) は第3世代方式として国際標準化された移動通信方式である。本稿では、IMT・2000 の標準化経緯とドコモが採用した IMT・2000 の無線アクセス技術、およびコアネットワーク技術について概説する。

2. IMT・2000 の標準化の経緯と位置付け

2.1 ITU の活動

IMT・2000 は、1985 年に国際電気通信連合・無線通信部門 (ITU・R : International Telecommunication Union・Radio communication sector) で、当時、次世代移動通信システム (FPLMTS : Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) という名称で無線方式の研究が開始されるとともに、国際電気通信連合・電気通信標準化部門 (ITU・T : International Telecommunication Union・Telecommunication standardization sector) でも重要な課題として取り上げられてきた。このなかで、世界統一標準を目指すことや 2Mbit/s の高速伝送、固定網並みの品質、低コストなどを目標として進められてきた。

ITU・R では、IMT・2000 の無線インタフェースとしての最小要求条件を明らかにし、各国 / 各機関から地上系については 10 方式の提案があったが、最終的には図 1 に示す 5 つのモードが、2000 年 5 月に勧告として正式に承認された。図 1 における IMT・2000 CDMA Direct Spread が、日本の電波産業会 (ARIB : Association of Radio Industries and Businesses) や欧州の欧州電気通信標準化機構 (ETSI : European Telecommunications Standards Institute) の提案がベースになったもので、いわゆる広帯域符号分割多元接続方式 (W・CDMA : Wideband Code Division Multiple

Access)と呼ばれている方式である。

ITU-Tでは、1993年からIMT-2000の信号方式の検討が進められてきた。1999年3月にIMT-2000ネットワークの枠組みとアーキテクチャの規定が勧告された。IMT-2000において既存の移动通信システムの設備・資産を最大限に活用するというマーケットニーズから、複数の異なる方式を有するIMT-2000システム間においてもグローバルなサービスの提供を可能とするファミリーコンセプトを定めている。

2.2 地域標準化機関，3GPPなどの活動

上記の標準化の過程において無線インタフェースの提案から主要諸元策定にいたるまでのコンセンサス形

成に関しては、ITUはもちろんのこと、各国、各地域の標準化機関の連携やオペレータを中心としたハーモナイズ活動によるところも大きい。各地域標準化団体が共通の標準仕様を作成するために、3GPP(3rd Generation Partnership Project)および3GPP2という2つの組織が1998年12月から1999年1月にかけて設立された。3GPPは、無線アクセス系ではW-CDMA、コアネットワーク系ではGSM(Global System for Mobile communications)コアネットワークの拡張版を採用している。

ドコモは、早い段階からW-CDMAの研究開発を推進し、コアネットワークとしてもGSM拡張版を採用した方式とし、3GPPにおける詳細仕様の早期開発にも貢献してきた。GSMネットワークはすでに世界に広く普及していることから、IMT-2000の新周波数帯を利用した無線アクセスであるW-CDMAの採用は、欧州や日本だけでなく、アジアの多くの国々やアメリカにも普及することが期待される。

3. 無線アクセス技術

3.1 W-CDMAの特長

一般に、符号分割多元接続方式(CDMA: Code Division Multiple Access)は、高い周波数利用率が実現しやすい、周波数管理から解放される、移動機送信のピーク電力が低減できる、上りと下りの無線リソースを独立に使用できる、などの利点がある。

W-CDMAは、広帯域化することによって、さらに以下

IMT-2000
地上系
無線インタフェース

IMT-2000 CDMA Direct Spread
(W-CDMA, UTRA FDD)

IMT-2000 CDMA Multi Carrier
(cdma2000)

IMT-2000 CDMA TDD
(UTRA TDD)

IMT-2000 Single Carrier
(UWC-136)

IMT-2000 FDMA/TDMA
(DECT)

IMT-2000: International Mobile Telecommunications-2000(次世代移动通信)
ITU-R: International Telecommunication Union-Radio communication sector
(国際電気通信連合無線通信部門)
W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access(広帯域符号分割多元接続方式)
CDMA: Code Division Multiple Access(符号分割多元接続方式)
UTRA: Universal Terrestrial Radio Access
TDD: Time Division Duplex(時分割復信方式)
FDMA: Frequency Division Multiple Access(周波数分割多元接続)
TDMA: Time Division Multiple Access(時分割多元接続方式)

図1 IMT-2000のITU-R勧告

の利点がある。

(1) 広い範囲のデータ速度、高速データの実現

広帯域化により、高い伝送速度の提供が可能になる。また、低い速度のサービスと高速のサービスが混在した場合にも効率的にサービスを提供することが可能である。

(2) マルチパス解像度の向上

RAKEダイバシチ受信技術は、受信したマルチパスを個々のパスに分離し、それらを合成することにより受信性能を向上する技術である。広帯域化することにより、伝搬パスの分解能が向上してパス数が増えるため、パスダイバシチ効果により所要の受信電力が小さくてよい。したがって、送信電力が減少し、システム容量が増加する。典型的な例として、チップレートが約4Mcpsの場合には、約1Mcpsの場合と比較して所要の送信電力を約3dB低減できることがフィールド実験結果により、明らかにされている。

(3) 統計多重効果

広帯域化することにより1キャリアに多重できるユーザ数が多くなるため、統計多重効果により容量が増加する。特に、比較的高速のデータ通信の場合、狭帯域の場合は、1キャリアに収容できるチャンネル数が限定されるために、効率が下がるのに対して、広帯域化した場合の統計多重効果による改善の方がより大きい。

(4) 間欠受信比率の低減

広帯域化することにより、制御チャンネルの高速化が可能となり、移動機が待ち受け時にバッテリーセービングのため

に一部のみを受信する間欠受信比率を下げる事が可能になる。これにより、移動機の待ち受け時間の延長が可能となる。

3.2 W・CDMA 主要諸元と主要技術

表1にW・CDMAの主要諸元を示す。

(1) 帯域幅

帯域幅は、5MHzを基本として、10MHz、20MHz帯域幅キャリアも含む無線方式がARIBやETSIから当初提案されていたが、5MHz帯域幅のキャリアでも2Mbit/s伝送は十分可能であることと、詳細仕様作成の完成度を早期に高めることから、3GPPでは5MHz帯域幅の仕様の完成に集中し、その他の帯域幅の仕様は削除されている。したがって、3GPP仕様、ARIBやETSIの標準規格は5MHz帯域幅のみとなっている。

(2) 基地局間非同期方式

基地局間非同期方式は、全基地局での精密な同期を必ずしも必要としない方式として、屋外から屋内への連続的な基地局の展開の容易性を確保することを狙いとして採用されている。このための下りリンクにおける拡散コード配置を図2に示す。拡散コードは、スクランプリングコードとチャネライゼーションコードを2重にかける。スクランプリングコードは各セルに割り当てられるコードでセルを識別するためのコードとなっている。また、他セルからの干渉信号を雑音化する。チャネライゼーションコードは各ユーザを識別するものであり、互いに直交するコードのセットを各セルで使用する。ここで移動機が自分の属するセルを短時間で検出するための工夫が必要となる。本方式では、3段階高速セルサーチ技術を採用することで移動機のセルサーチ時間が大幅に短縮できるようになり、非同期方式の採用が可能となった。

(3) 変調方式とパイロット方式

データ変調方式は、下りは4相

位相変調（QPSK：Quadrature Phase Shift Keying）、上りは2相位相変調（BPSK：Binary Phase Shift Keying）である。拡散変調の上りはHPSK（Hybrid Phase Shift Keying）が採用されている。パイロットシンボルを用いた同期検波は下りだけでなく上りにも適用される。下りのパイロットは、データシンボルと時間多重される。これにより、送信電力制御遅延を最小化することができるとともに、移動機の受信処理を簡単化できる。また、下りの専有チャンネルに時間多重されるパイロットシンボルは下りの高速送信電力制御にも有効である。

一方、上りのパイロットはデータシンボルに対してIQ多重される。すなわち、それぞれBPSK変調され、0位相と $\pi/2$ 位相で合成される。これにより、上りは可変レート伝送

表1 W・CDMAの主要諸元

アクセス方式	Direct Sequence CDMA
デュプレックス方式	FDD
帯域幅	5MHz
チップレート	3.84Mcps
キャリア間隔	200kHzラスタ
データ速度	~2Mbit/s
フレーム長	10, 20, 40, 80ms
誤り訂正符号	ターボ符号、畳み込み符号
データ変調	下りQPSK、上りBPSK
拡散変調	下りQPSK、上りHPSK
拡散率	4~512
基地局間同期	非同期（同期運用も可）
音声符号化	AMR（1.95k~12.2kbit/s）

AMR：Adaptive Multi Rate（適応マルチレート）
 BPSK：Binary Phase Shift Keying（2相位相変調）
 CDMA：Code Division Multiple Access（符号分割多元接続方式）
 FDD：Frequency Division Duplex
 HPSK：Hybrid Phase Shift Keying
 QPSK：Quadrature Phase Shift Keying（4相位相変調）

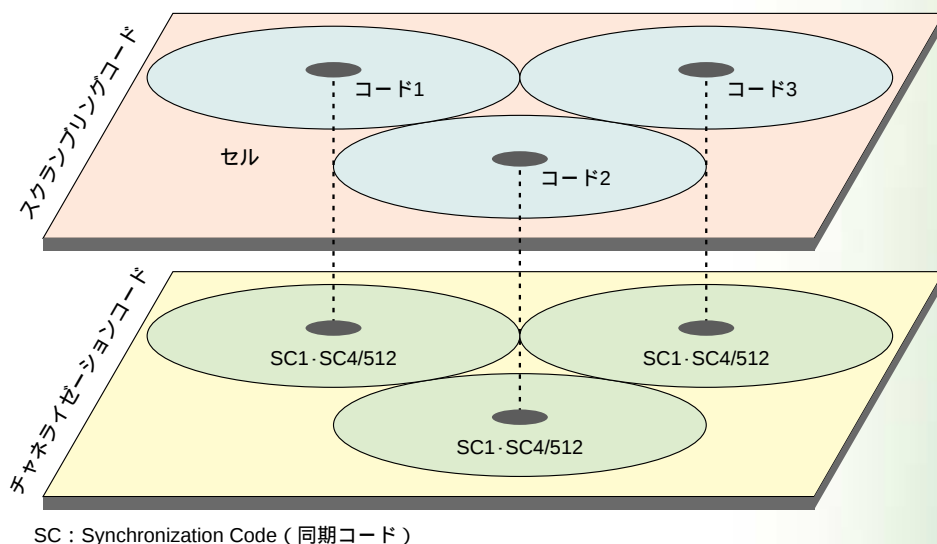


図2 局間非同期方式における下りコード配置

を行う際にもバースト的な送信ではなく、連続的な送信とすることができる。また、送信波形のピークファクタを最小化し、移動機の送信アンプへの要求条件を緩和する。図3にパイロットとデータの多重化の概念図を示す。

(4) 直交可変拡散率

マルチレートを実現するための方法としては、可変拡散率を用いる。下りについては、直交可変拡散率を用いる。マルチコードを用いることも可能である。

(5) パケットアクセス方式

パケット伝送は、IMT・2000のサービスの要でもあるので、その伝送技術についてもさまざまな検討がなされた。データトラヒックに応じて共通チャンネルと個別チャンネルを

適応的に切り替える方式が、CDMAの特徴を活かしたパケット伝送として採用されている。図4にパケット伝送のメカニズムを示す。送信データが大量にある場合は、個別物理チャンネル（DPCH：Dedicated Physical CHannel）を割り当てて送信電力制御により必要最小限の電力を使用するほうが効率的である。一方、データ量が少なく閑散なトラヒックに対してはDPCHを割り当てて専有させるより、共通物理チャンネルを使用したほうが効率が良い。

(6) その他の技術

誤り訂正符号には、畳み込み符号だけでなく、比較的高速な伝送には誤り訂正能力が高いターボ符号が適用されている。また、送信ダイバーシチなど、性能を高めるための

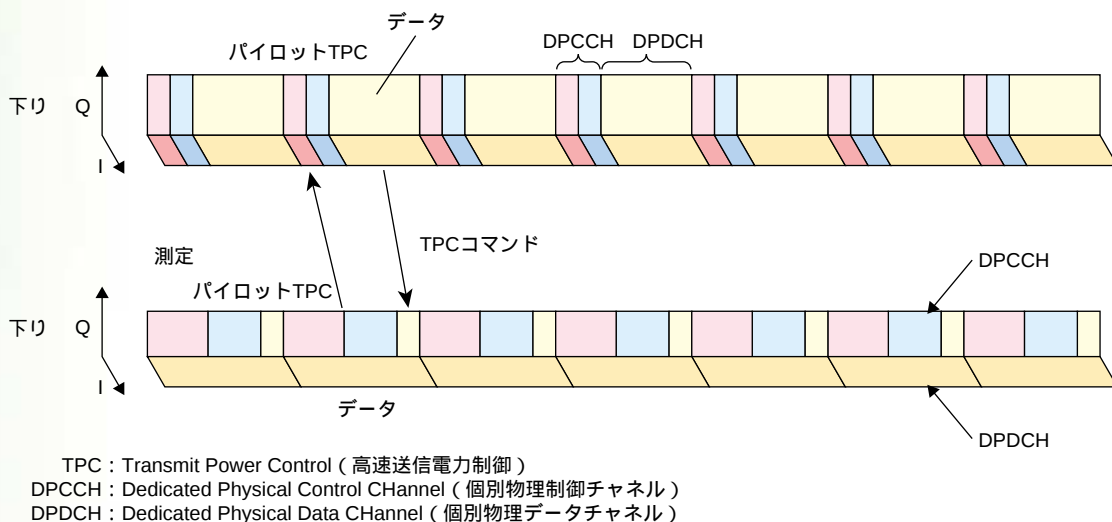


図3 パイロット構成

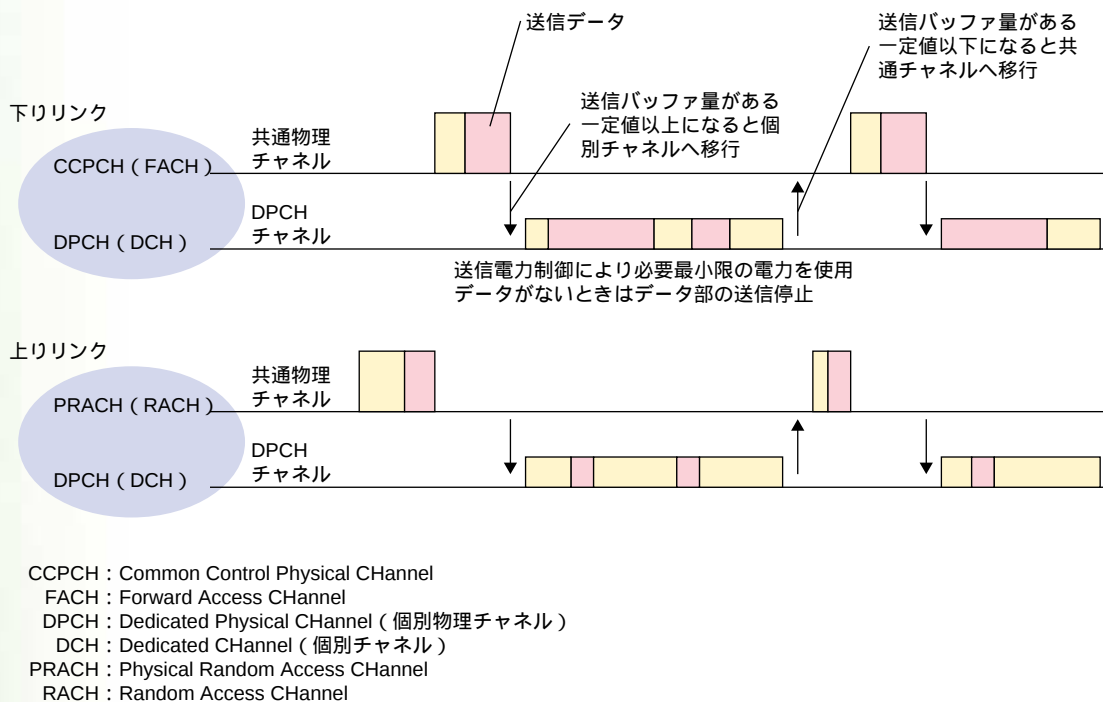


図4 パケットアクセス方式

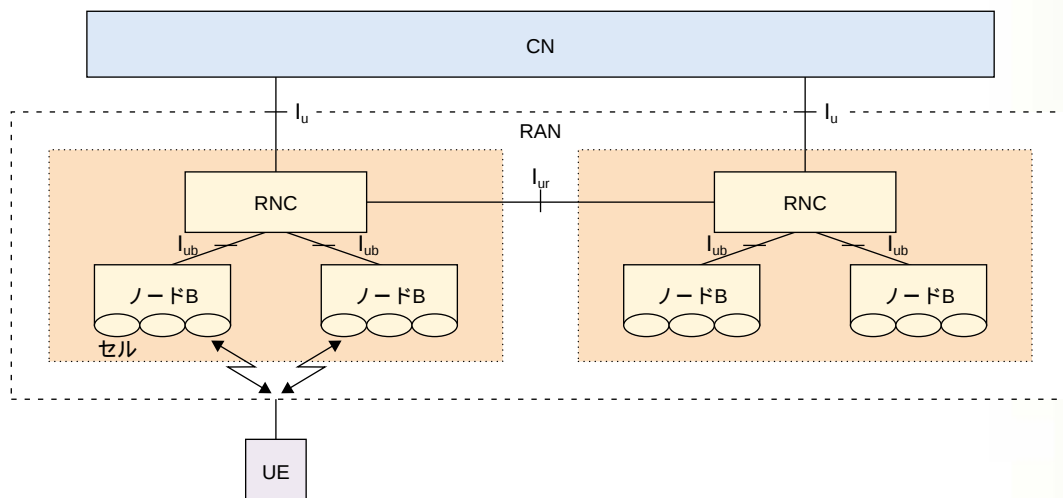
各種技術が適用されている．個別パイロットはアダプティブアンテナなどの改善技術の適用を可能にすることも考慮して適用されている．

3.3 無線アクセスネットワークアーキテクチャ

図5にW・CDMAシステムのアーキテクチャを示す．無線アクセスネットワーク（RAN：Radio Access Network）は，無線制御装置（RNC：Radio Network Controller）とノ

ードBで構成され，交換機ネットワークであるコアネットワークとIuインタフェースを介して接続される．

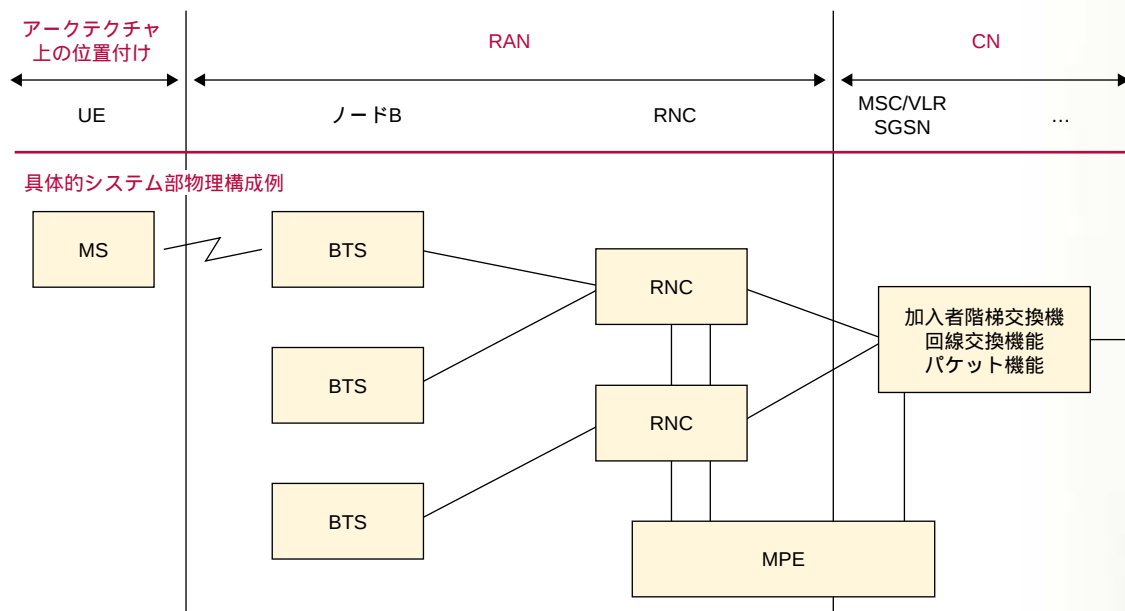
W・CDMAの具体的なシステム構成を図6に示す．無線基地局装置はアーキテクチャ上は論理的なノードとしてノードBと呼ばれるが，ここでは物理的な装置として基地局（BTS：Base Transceiver Station）と呼んでいる．マルチメディア信号処理装置（MPE：Multimedia signal Processing Equipment）の信号処理機能はアーキテクチャ上はRNCな



RAN：Radio Access Network（無線アクセスネットワーク）
RNC：Radio Network Controller（無線ネットワーク制御局）

CN：Core Network（コアネットワーク）
UE：User Equipment

図5 無線アクセスネットワークアーキテクチャ



BTS：Base Transceiver Station（基地局）
CN：Core Network（コアネットワーク）
MPE：Multimedia signal Processing Equipment
（マルチメディア信号処理装置）
MS：Mobile Station（移動局）
MSC：Mobile Switching Center（移动通信制御局）
RAN：Radio Access Network（無線アクセスネットワーク）

RNC：Radio Network Controller（無線ネットワーク制御局）
SGSN：Serving GPRS Support Node
UE：User Equipment
VLR：Visitor Location Register
W・CDMA：Wideband Code Division Multiple Access
（広帯域符号分割多元接続方式）

図6 W・CDMA無線システム構成

どの一部であるためRNC装置内に機能を具備する構成もあるが、ここでは、信号処理装置を別装置として構成している。コアネットワークの一部の信号処理機能についても集約的にMPEに具備しているので、MPEは加入者階梯交換機と接続される。コアネットワークにおいては次章に述べるように非同期転送モード(ATM: Asynchronous Transfer Mode)技術を適用しており、無線アクセスネットワークにもATM技術を適用している。

4. コアネットワーク技術

図7に、3GPPにおいて規定されているコアネットワークアーキテクチャ参照モデルを示す。

3GPPのコアネットワークの信号方式は、第2世代移动通信方式において世界的に広く利用されているGSM/GPRS(General Packet Radio Service)をベースとし、IMT-2000として新たに必要機能・能力を実現するための拡張を行っている。ネットワーク要素としては、回線交換機能(CS(Circuit Switched)ドメイン)とパケット交換機能(PS(Packet Switched)ドメイン)が別々に定義されている。これらは論理的な機能単位群を表しており、実装上の物理的な装置・ノードとの対応は任意である。

回線交換機能(移动通信制御局(MSC: Mobile Switching Center)/GMSC(Gateway MSC))とパケット交換機能

(PDSN: Packet Data Serving Node)/PDGN(Packet Data Gateway Node))を単一ノードで実現することによって、音声トラヒックから大容量データトラヒックまでさまざまなメディアを統合的に交換・伝送するシステムが構築できる。このとき、有効となるのがATM通信技術である。ATM技術により、多種類の異なったサービス品質(QoS: Quality of Service)を要求するトラヒックに対して、適切なトラヒック制御・品質制御を行うことが可能である。図8にコアネットワーク部分において、回線交換・パケット交換の統合ネットワークを実現する場合の物理ノード構成を示す。

グローバルサービスの実現に向けては、ターミナルモビリティ(場所に依存せず同一端末によりサービスを楽しむ)、パーソナルモビリティ(特定端末に依存せずにサービスを楽しむ)、グローバルローミング(ローミング先でもホーム網と同様のサービス環境を利用できる)の3つの機能が必要な機能である。

グローバルサービス時においても、ホーム網にいるときと同じようにネットワークサービスが享受できる仮想ホーム網環境(VHE: Virtual Home Environment)の実現への要求が高まっている。

ユーザに提供される付加サービスは、オペレータ間のサービス競争などにより、さらに多様化、高度化している。

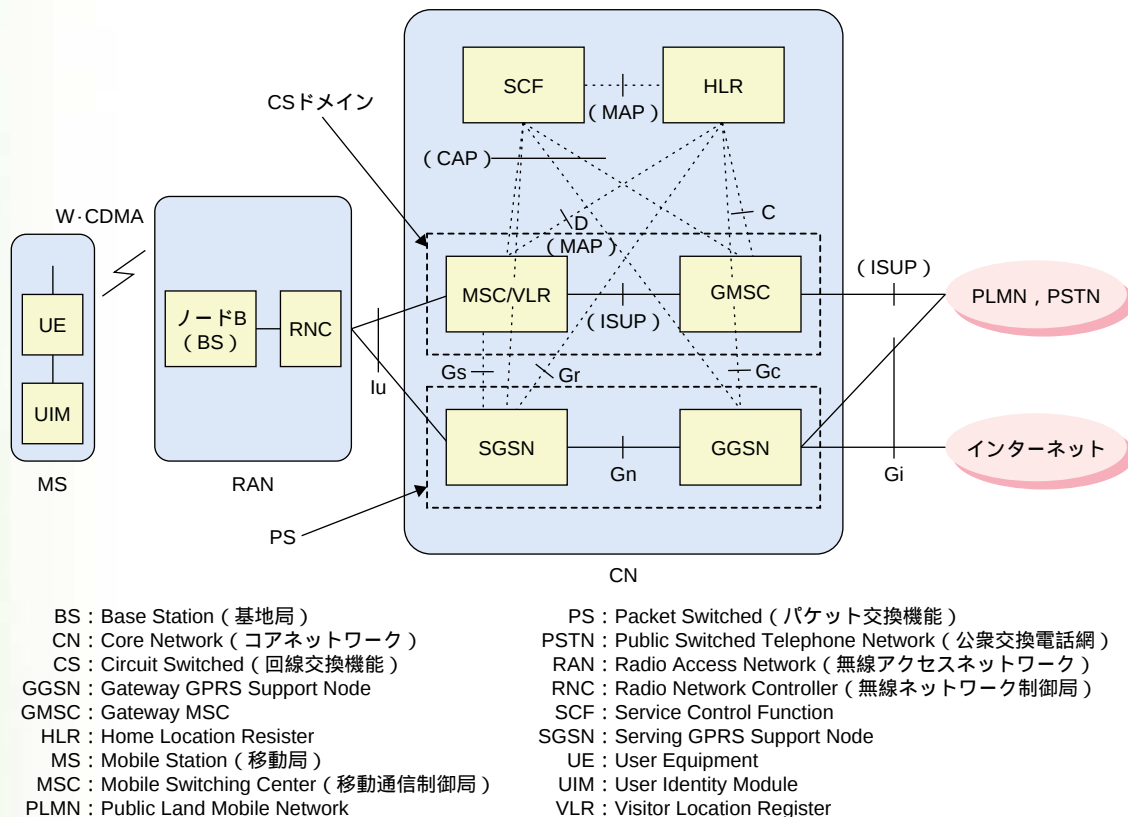
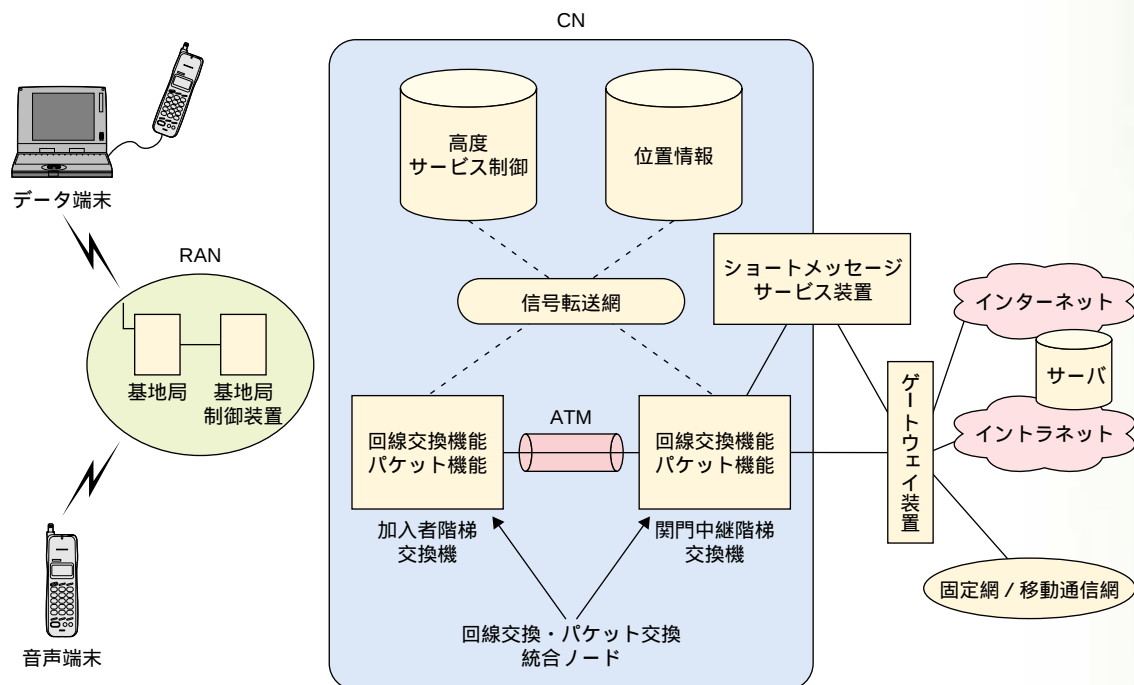
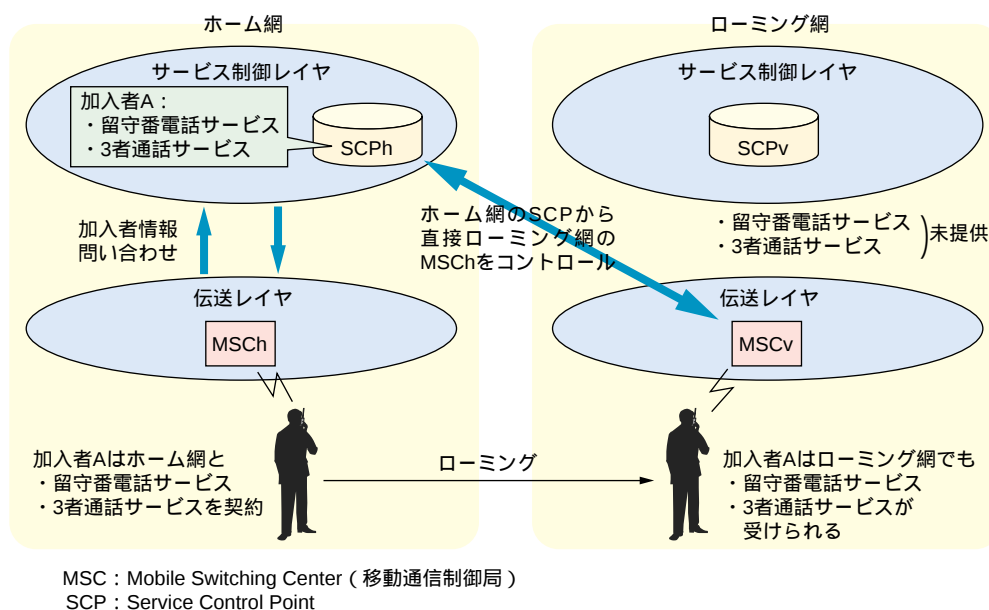


図7 3GPPのコアネットワークアーキテクチャモデル



RAN : Radio Access Network (無線アクセスネットワーク)
 CN : Core Network (コアネットワーク)
 ATM : Asynchronous Transfer Mode (非同期転送モード)

図8 回線・パケット交換統合型網の物理ノード構成例



MSC : Mobile Switching Center (移動通信制御局)
 SCP : Service Control Point

図9 仮想ホーム網環境 (VHE)

ビス制御とサービスの実行は SCP (Service Control Point) と交換機 (MSC : Mobile Switching Center) に分離して実行される。これを利用し、ホーム網にある SCP から直接ローミング先網にある MSC に対してサービス制御を行うことにより、ホーム網のサービスをローミング先網にて実現する。

「高速データ通信の実現」という要望に関して、IMT・2000 では移動網内で最大 2Mbit/s までのデータ転送速度が実現されることになっ

しかし、ユーザがローミングするとローミング先網では基本サービスのみの提供にとどまっております。ホーム網で提供している多くの付加サービスは提供できなかった。この制限をなくし、ホーム網で提供している多様な付加サービスをローミング先網でも提供可能とするために IN (Intelligent Network) 技術を用いた VHE が検討されている。図9は VHE を実現する制御方法を示した図である。IN では、サー

ている。第2世代の移動パケット通信システムにおけるドコモのiモードに代表されるように、携帯移動機は操作の簡易性からインターネット接続機器としても広く普及している。IMT・2000においても、ショートメッセージサービスのようなデータ蓄積・通知機能の充実、およびインターネット、企業LAN (Local Area Network) との接続による高度なマルチメディアサービスの実現が想定される。例えば、

インターネット上で各種サービス事業者が提供するサービスコンテンツにアクセスする形態では、映像情報の通信によるTV電話、音楽・映像配信、映像添付メール、チャット、移動網におけるVPN（Virtual Private Network）、移動機認証を活用した電子商取引の高度化、高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport System）への適用、などが考えられ、モバイルマルチメディアサービスのすそ野が飛躍的に拡大することが期待される。

5. あとがき

国際標準であるIMT・2000の標準化の経緯、無線アクセス技術およびコアネットワーク技術の概要について述べた。今後も標準化上はさらなる発展方式の検討が継続され

ており、またドコモのネットワーク、サービスおよび端末も発展していくこととなる。個々の装置の技術の詳細については次号、「IMT・2000サービス特集⁽²⁾」で説明する予定である。

文 献

- [1] Onoe, Ohno, Yamagata, Nakamura, "Wideband-CDMA Radio Control Techniques for Third-Generation Mobile Communication Systems," Proc. IEEE VTC'97, pp. 835-839, May. 4-7, 1997.
- [2] F. Adachi, et al. "Coherent DS-CDMA: Promising Multiple Access for Wireless Multimedia Mobile Communications", Proc. IEEE ISSS-TA'96, pp. 351-358, Sept. 1996.
- [3] 3GPP TS 25.211 V3.5.0, Dec., 2000
- [4] 弓場, ほか: "IMT・2000ネットワーク方式概要", 本誌, Vol.6, No.4, pp. 8-13, Jan.1999.
- [5] 3GPP TS 23.002 V3.3.

用 語 一 覧

3GPP : 3rd Generation Partnership Project
 AMR : Adaptive Multi Rate (適応マルチレート)
 ARIB : Association of Radio Industries and Businesses (電波産業会)
 ATM : Asynchronous Transfer Mode (非同期転送モード)
 BPSK : Binary Phase Shift Keying (2相位相変調)
 BS : Base Station (基地局)
 BTS : Base Transceiver Station (基地局)
 CCPCH : Common Control Physical CHannel
 CDMA : Code Division Multiple Access (符号分割多元接続方式)
 CN : Core Network (コアネットワーク)
 CS : Circuit Switched (回線交換機能)
 DCH : Dedicated CHannel (個別チャネル)
 DPCCH : Dedicated Physical Control CHannel (個別物理制御チャネル)
 DPCCH : Dedicated Physical CHannel (個別物理チャネル)
 DPDCH : Dedicated Physical Data CHannel (個別物理データチャネル)
 ETSI : European Telecommunications Standards Institute
 (欧州電気通信標準化機構)
 FACH : Forward Access CHannel
 FDD : Frequency Division Duplex
 FDMA : Frequency Division Multiple Access (周波数分割多元接続)
 FOMA : Freedom Of Mobile multimedia Access
 FPLMTS : Future Public Land Mobile Telecommunication Systems
 (次世代移動通信システム)
 GGSN : Gateway GPRS Support Node
 GMSC : Gateway MSC
 GPRS : General Packet Radio Service
 GSM : Global System for Mobile communications
 HLR : Home Location Register
 HPSK : Hybrid Phase Shift Keying
 IMT・2000 : International Mobile Telecommunications・2000 (次世代移動通信)
 IN : Intelligent Network
 ITS : Intelligent Transport Systems (高度道路交通システム)
 ITU-R : International Telecommunication Union・Radio communication sector (国際電気通信連合・無線通信部門)

ITU-T : International Telecommunication Union・Telecommunication standardization sector (国際電気通信連合・電気通信標準化部門)
 LAN : Local Area Network
 MPE : Multimedia signal Processing Equipment
 (マルチメディア信号処理装置)
 MS : Mobile Station (移動局)
 MSC : Mobile Switching Center (移動通信制御局)
 PDGN : Packet Data Gateway Node
 PDSN : Packet Data Serving Node
 PLMN : Public Land Mobile Network
 PRACH : Physical Random Access CHannel
 PS : Packet Switched (パケット交換機能)
 PSTN : Public Switched Telephone Network (公衆交換電話網)
 QoS : Quality of Service (サービス品質)
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying (4相位相変調)
 RACH : Random Access CHannel
 RAN : Radio Access Network (無線アクセスネットワーク)
 RNC : Radio Network Controller (無線ネットワーク制御局)
 SC : Synchronization Code (同期コード)
 SCF : Service Control Function
 SCP : Service Control Point
 SGSN : Serving GPRS Support Node
 TDD : Time Division Duplex (時分割復信方式)
 TDMA : Time Division Multiple Access (時分割多元接続方式)
 TPC : Transmit Power Control (高速送信電力制御)
 UE : User Equipment
 UIM : User Identity Module
 UTRA : Universal Terrestrial Radio Access
 VHE : Virtual Home Environment (仮想ホーム網環境)
 VLR : Visitor Location Register
 VPN : Virtual Private Network
 W-CDMA : Wideband Code Division Multiple Access
 (広帯域符号分割多元接続方式)