

# W-CDMA システム実験特集 (1)

Special Issue on W-CDMA System Experiment (1)

## W-CDMA システム実験アクセスインタフェース

Access Interfaces for W-CDMA System Experiment

DoCoMoのW-CDMAシステム実験には、モバイルマルチメディア実現のためのパケット/回線交換サービスの統合的サポート、W-CDMA無線リソース制御、ATM技術の導入など数々の高度技術を盛り込んだアクセスインタフェースが適用されている。これら機能を持つアクセスインタフェース仕様について概説する。

DoCoMo's W-CDMA system experiment supports several advanced technical features including the integrated support of packet and circuit mode communications, W-CDMA radio resource control and ATM. This paper gives an overview of the access interfaces of the experimental system.

山縣 克彦  
Katsuhiko Yamagata

大野 公士  
Koji Ohno

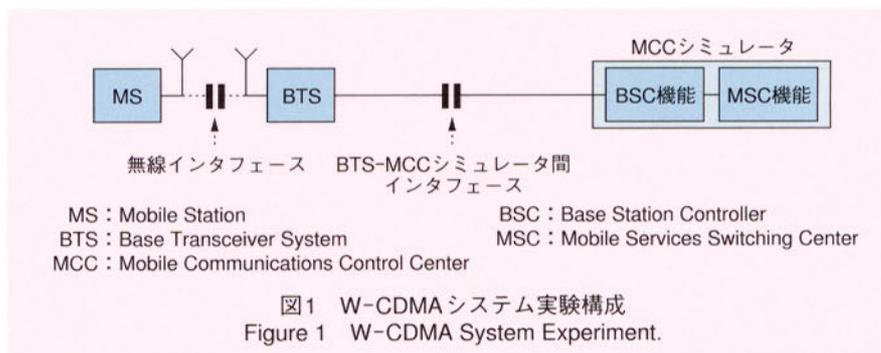
三木 陸丸  
Mutsumaru Miki

柚木 一文  
Kazufumi Yunoki

東 明洋  
Akihiro Higashi

### まえがき

W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) システム実験は、2001年のシステム導入を目標に現在活発に標準化が行われている次世代移动通信 (IMT-2000) システムの可能性を総合的に検証し、今後の標準化活動に資することを目標の一つとしている。本システム実験にはDoCoMoがITU (International Telecommunication Union), TTC (The Telecommunications Technology Committee), ARIB (Association of Radio Industries and business) などに提案してきた多くの技術が盛り込まれており、特にパケット通信を含むモバイルマルチメディアのサポートやW-CDMA, ATM (Asynchronous Transfer Mode) といった新技術の制御法は、今後の標準化活動への貢献の基礎をなすものであり、検証を行うことは大きな意義を持つ。本稿



では、本システム実験の無線インタフェースを中心としたアクセスインタフェースを紹介する。

### システム概要

#### ■システム構成

図1に本システム実験の構成を示す。システムはMS (Mobile Station), BTS (Base Transceiver System), MCC-SIM (Mobile Communications Control Center Simulator) から構成され、無線インタフェース、BTS-MCC-

SIMインタフェースの規定を行っている。また、MCC-SIMは、BSC (Base Station Controller) 機能、MSC (Mobile services Switching Center) 機能を分離して構成しており、無線アクセス網、コア網を機能的に分離している。

#### ■提供サービス

IMT-2000システムでは、モバイルマルチメディアサービスとして、高品質かつ高速度の伝送により音声やデータなどのさまざまな通信の総合的な提供を目指している。本W-CDMAシス

表1 レイヤ1 主要諸元  
Table 1 Major Parameter of Air-Interface Layer 1.

| 項目        | 諸元  |
|-----------|---|
| 無線アクセス方式  | DS-CDMA FDD   |
| 周波数       | 2GHz帯   |
| キャリア周波数間隔 | 5MHz  |
| チップレート    | 4.096Mcps   |
| 切替キャリア数   | 2 (4キャリア中の2キャリア選択)  |
| 変復調方式     | Data : QPSK, パイロットシンボル同期検波RAKE<br>Spread : QPSK                                   |
| 符番号化方式    | 内符号 : 畳み込み符号化 (R=1/3 or 1/2, K=9) Viterbi軟判定復号<br>外符号 : Reed-Solomon符号 (非制限デジタル用) |
| シンボルレート   | 16~1024ksps   |
| 情報伝送速度    | 最大384kbit/sまで可変   |
| 送信電力制御    | SIRベース閉ループ+開ループ   |
| ダイバーシチ    | RAKE+アンテナ   |

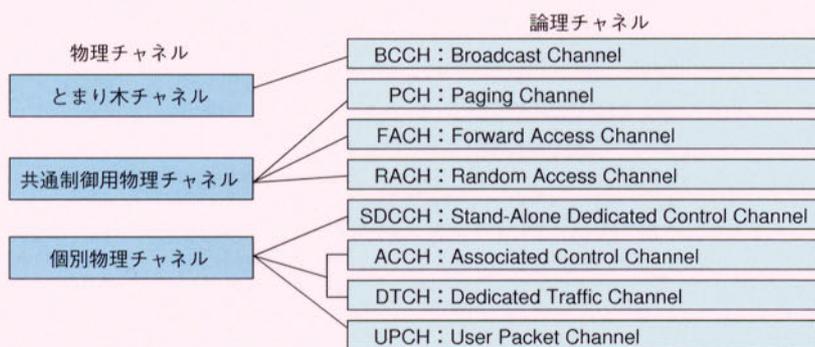


図2 物理チャンネルと論理チャンネルとの対応  
Figure 2 Correspondence between Physical Channel and Logical Channel.

テム実験では、無線区間のW-CDMA化および有線区間のATM化などの技術を適用し、以下のサービスを統合的に提供する。

- ① 高品質音声サービス
- ② 最高384kbit/sまでの回線交換非制限デジタルサービス
- ③ 最大2 Mbit/sまでのパケット通信 (非対称トラフィックを考慮した非対称通信が可能)

さらに、1MS上で同時に独立の複数の通信を提供するマルチコールサービスとして、回線交換、パケット交換サービスを統合的に提供可能である。

## 無線インタフェース レイヤ1仕様

### ■主要諸元

表1にエアインタフェース、レイ

ヤ1の主要諸元を示す。

### ■チャンネル構成

図2に、システム実験で使用している物理チャンネルおよび論理チャンネルを示す。さらに図中にて、物理チャンネル上にマッピングされる論理チャンネルの対応を示す。

とまり木チャンネルは、移動局 (MS) がセル選択を行うためのキャリアセンス用の物理チャンネルであり、局間非同期システムにおいてもMSが容易に同期を引き込むことができるように、特殊な拡散処理が適用されている[1]。

論理チャンネルは、ITU-R G.1035に準拠したチャンネル構成を採用している。BCCH (Broadcast Channel) およびPCH (Paging Channel) の機能は、デジタル方式自動車電話 (PDC) システムと同様、システム情報の報知および

び着信の通知である。FACH (Forward Access Channel) とRACH (Random Access Channel) は複数のMSで競合して使用される。それぞれ2種類の伝送速度があり、伝送データの長さに応じて使い分けることで、無駄な送信を減らし、干渉の低減を図ることができる。SDCCH (Stand-Alone Dedicated Control Channel) は1個別物理チャンネルを占有して制御信号を送送する論理チャンネルであり、主にDTCH (Dedicated Traffic Channel) の設定、位置登録制御に用いられる。ACCH (Associated Control Channel) はPDCシステムと同様にDTCHに付随した制御チャンネルであり、DTCHとともに1個別物理チャンネル上に時間多重される。UPCHはパケット伝送時に用いられる論理チャンネルである。パケット伝送においては、閑散データ時は共通チャンネルであるFACHおよびRACHを使用し、高密度データ時は高速送信電力制御を適用できる個別物理チャンネル上のUPCH (User Packet Channel) を使用する。

### ■物理チャンネル信号フォーマット

図3に物理チャンネルの信号フォーマットを示す。

各物理チャンネルは640msのスーパーフレームで構成され、1スーパーフレームは64無線フレームで構成され、1無線フレームは16タイムスロットで構成される。各物理チャンネルごとにタイムスロットの構成が異なる。図3のタイムスロット構成に示された数字はシンボル数である。とまり木チャンネルのタイムスロットは、パイロットシンボル同期検波に用いるパイロットシンボルと、論理チャンネル用シンボル、およびロングコードマスクシンボルで構成される。ロングコードマスクシンボルはMSにおいて高速セル選択処理[1]に使用され、他のシンボルと異なり、ショートコードのみで拡散されている。

個別物理チャンネルはパイロットシン

1/3を用いている。これは符号化レート1/3のDTCHとの時間多重伝送においては、符号化レート1/2ではビットエネルギーが不足するためである。

## 無線インタフェース レイヤ2, 3仕様

### ■レイヤ2

レイヤ2の構造を図4に示す。ITU-T (ITU-Telecommunication Standardization Sector), TTC/ARIBでの検討に基づきレイヤ2はMAC (Medium Access Control) 副層, LAC (Link Access Control) 副層から構成され、前者はLAC PDU (Protocol Data Unit)の無線フレームとの間の分解/組立機能や、図2に示した論理チャンネルごとに異なる機能を実行するなど無線に固有な処理をLAC副層から隠蔽する役割を果たす。一方、LAC副層は上位データを適切な再送単位に分割し、再送を用いた誤り回復機能により高信頼度のデータ転送を提供する。

### ■レイヤ3

(1) レイヤ3の実現するシステム能力  
レイヤ3の実現するシステム能力には大きく分けて、①ユーザからの通信サービス要求に対する接続制御を行う呼制御能力、②MS～網間アソシエーション制御やMSの位置登録などを行う移動管理能力、③発着信やハンドオーバー時の無線リソース管理や無線ベアラの設定、解放などを行う無線リソース制御能力がある。これらの能力について、以下に概要を示す。

#### ① 呼制御 (CC: Call Control)

呼制御能力には発着信接続などの基本接続制御機能に加え、MS間での通信時に音声品質の向上を図るため、呼設定中に発側と着側MSで使用するCODECの種類を合わせ、MS間でデジタル1リンクを設定する制御(コーデックスルー制御)を行うためのCODEC交渉機能も兼ね備える。また、通

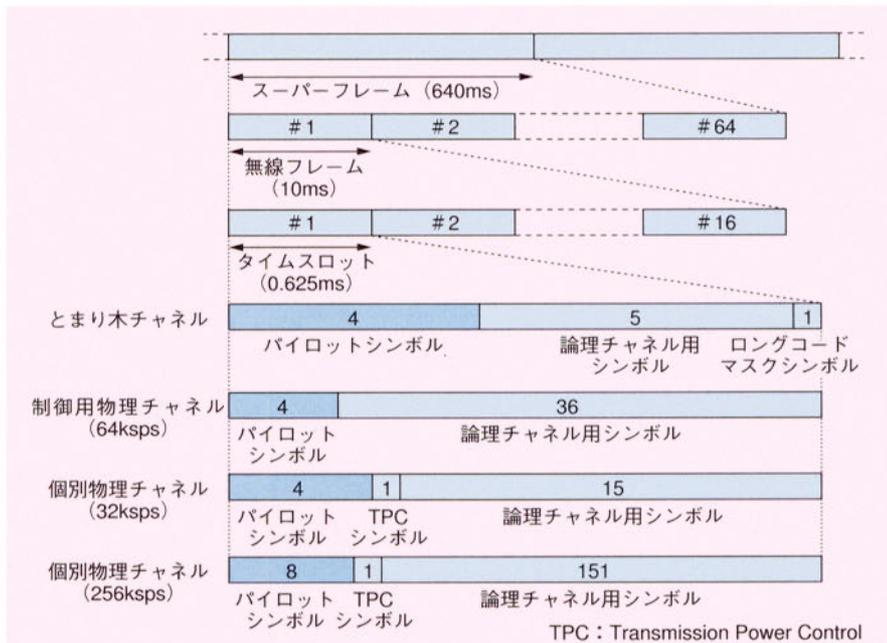


図3 物理チャンネル信号フォーマット  
Figure 3 Signal Formats of Physical Channels.

表2 誤り制御方式  
Table 2 Error Control Strategy.

| 論理チャンネル                      | 誤り制御方式  |
|------------------------------|---|
| BCCH, PCH, FACH, RACH, SDCCH | 畳み込み符号化/軟判定ビタビ復号 (K=9, R=1/2)<br>+再送制御                          |
| DTCH(音声サービス用), ACCH          | 畳み込み符号化/軟判定ビタビ復号 (K=9, R=1/3)                                   |
| UPCH                         | 畳み込み符号化/軟判定ビタビ復号 (K=9, R=1/3)<br>+再送制御                          |
| DTCH (非制限デジタルサービス用)          | 畳み込み符号化/軟判定ビタビ復号 (K=9, R=1/3)<br>+Reed-Solomon符号復号化 (36, 32, 8) |

ボル、論理チャンネル用シンボルのほかに高速Closed-loop送信電力制御において使用される送信電力制御 (TPC) シンボルを含む。ほとんどの物理チャンネルのパイロットシンボルは4シンボルであるが、256ksps以上の高速シンボルレートの個別物理チャンネルではパイロットシンボルのオーバーヘッドが極めて小さいことから、パイロット同期検波におけるチャンネル推定精度を向上させるために、パイロットシンボル数を8シンボルとしている。

### ■誤り制御

表2に論理チャンネルごとの誤り制御方式を示す。すべての論理チャンネルに対して誤り訂正符号化方式として、K=9の畳み込み符号化/軟判定ビタ

ビ復号を使用している。制御用論理チャンネルでは許容遅延条件が比較的緩いため、再送制御に重きを置き、比較的大きな符号化レートである1/2を用いている。ユーザデータを扱うDTCHおよびUPCHについては伝送遅延条件が厳しいため、誤り訂正能力に重きを置き、符号化レート1/3を適用している。特に遅延および誤り率ともに高品質な伝送が要求される非制限デジタルサービスに対しては、畳み込み符号化/軟判定ビタビ復号を内符号とし、Reed-Solomon符号復号化を外符号とする連結符号化方式を採用している。RS符号化の符号化レートは、計算機シミュレーションの結果、容量上最も有効である値を用いている[2]。ACCHは制御チャンネルであるが符号化レート

信中に新たなサービスを要求し、1つのMS上で独立の複数通信の提供を行うマルチコール制御能力も有する。

② モビリティ管理 (MM: Mobility Management)

モビリティ管理は、MSの網へのアクセス(端末アソシエーション)管理を提供する。マルチコールサービスの提供を考慮してMSの網へのアクセス管理と個々の通信の管理(呼制御)を明確に分離している。さらに、アクセスしてきたMSの正当性の確認を行う認証機能、制御チャンネルの秘匿実施を指示する秘匿指示機能、また、MSの位置情報を管理するための位置登録やMSに対して一時的な識別子を割り当てる機能も有する。

③ 無線リソース制御 (RRC: Radio Resource Control)

無線リソース制御は、W-CDMA無線アクセスの制御を行う。特徴的なものについて以下に記す。

・マルチコールサポート

本システム実験の重要な機能の一つである1MS上での複数通信同時サポートを可能にする、無線リソース制御を提供する。1MS上の通信は、同時にはすべて同一周波数チャンネル上でサポートされる。さらに、MSのアンプ小型化、効率化のために複数通信を同一拡散コード上でサポートするシングルコード化機能を提供する[3]。ハンドオーバはMS単位で実行され、MS上のすべての通信を同時にハンドオーバさせる能力を有する。

・W-CDMAハンドオーバ制御

W-CDMAでは、従来のハンドオーバに加えて、MSが同時に複数の無線ゾーンを通じて通信を実施するダイバーシチハンドオーバ(DHO)をサポートする(図5)。DHOはハンドオーバにお

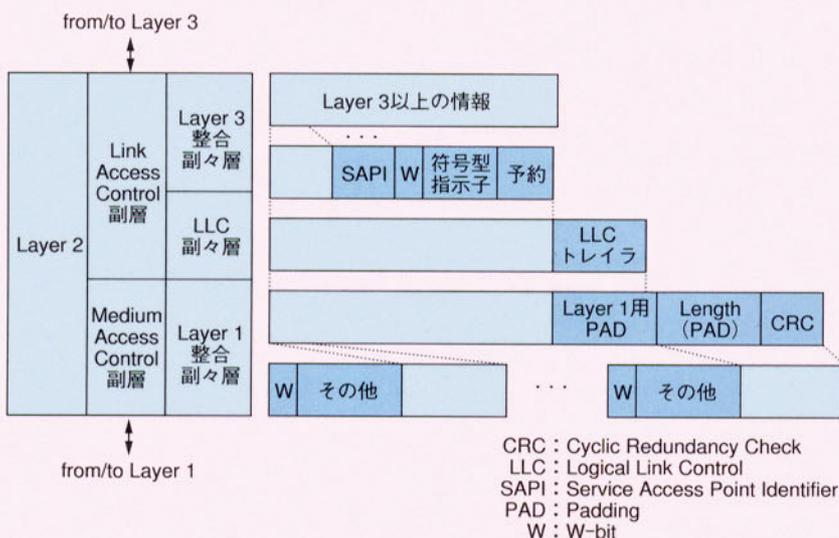


図4 無線インタフェースレイヤ2 構成  
Figure 4 Structure of Radio Interface Layer 2.

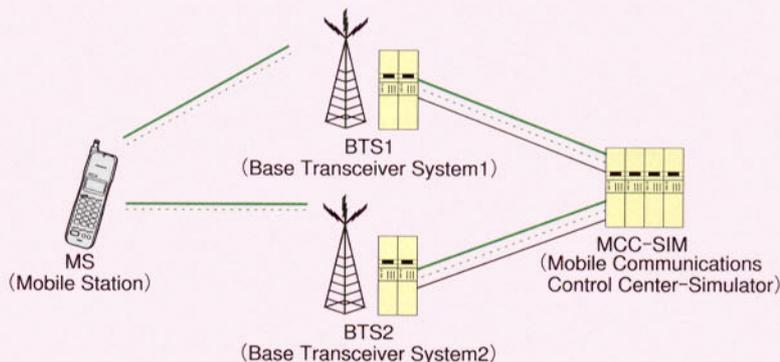


図5 ダイバーシチハンドオーバ  
Figure 5 Diversity Handover.

る通信の継続的サポートのみならず、リアルタイムに最適な無線ゾーンを選択することにより送信電力を最小に抑え、システム容量を最大化する重要な技術である。本システムは、網側でBTS、MCC-SIMにおける合成を可能にしている。また、通信設定時からのDHO状態への以降、DHOプランチの追加、削除の任意の組合せ実行など柔軟なハンドオーバ制御機能を有する。

・送信電力制御

送信電力制御はW-CDMAシステム容量を最大化する重要な技術の一つである。本システム実験では、レイヤ1レベルの送信電力

制御に加え、DHO中の各プランチの下り送信電力適正化、通信品質の測定結果の送信電力制御へのフィードバック制御(アウトグループ制御)などをレイヤ3レベルでサポートしている。

・MSのゾーン選択制御

MSのゾーン選択制御もシステムの干渉量の抑制を考慮し高機能化されている。MSは自身があらかじめ記憶しているロングコード候補の情報をもとにとまり木チャンネルの干渉レベルに対する受信レベルがシステムで定められた条件を満足するものを選択し、さらに各無線ゾーンにおいて報知されている「BTS送信電

力「上り干渉量」を元に送信電力を最小化できるゾーンから選択を行う。本制御は通信中のハンドオーバー候補ゾーンの選択、上記送信電力制御のための情報提供にも用いられる。

#### ・パケット通信サポート

トラフィックが閑散なパケット通信においては、個々のMSへの個別無線リソース割りよりも共通チャネル上でのデータ伝送の実施により下りショートコードリソース、BTS内装置リソースなどの効率的利用が可能になりシステム容量の増大、コストの低下に効果がある。一方、高密度データに対しては高速送信電力制御が可能な個別無線リソース利用によりシステムに与える干渉量を最小化でき、容量の最大化に貢献可能である。本システムでは、トラフィック密度に応じた共通チャネル個別チャネル間での切替制御をサポートしている。

#### (2) プロトコルアーキテクチャ

ITU-Tでプロトコル検討の際に用いられる3Stage法（サービス要求条件、機能仕様、プロトコル仕様を順次検討する方法）に基づき、エアインタフェース上における各制御手順を分類し、各機能群に対応するプロトコルを定義した。このプロトコルアーキテクチャを図6に示す。各プロトコルの機能を表3に示す。

各プロトコルの特徴を以下に示す。

##### ① CC (Call Control)

マルチメディアサービス提供を考慮し、DSS2 (Digital Subscriber Signaling System No.2) レイヤ3プロトコルをベースとし、ベアラ能力のパラメータの追加などの移動特有の拡張を行っている。本呼制御プロトコルでは、パケット通信制御も可能であり、回線交換、パケット交換サービスを統合的に制御可能である。

##### ② TAC (Terminal Association

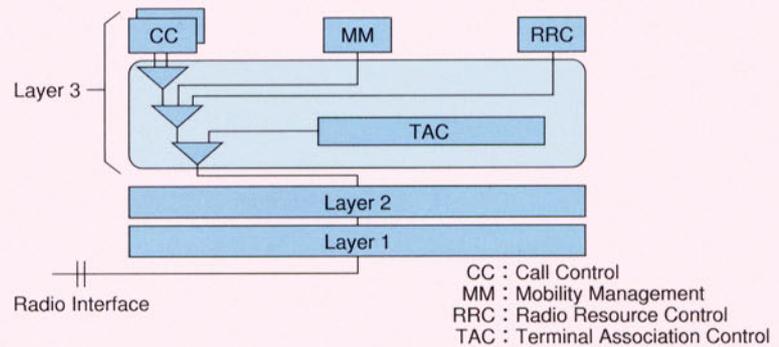


図6 無線インタフェースプロトコルアーキテクチャ  
Figure 6 Radio Interface Protocol Architecture.

表3 無線インタフェースレイヤ3プロトコルの機能  
Table 3 Functions of Radio Interface Layer 3.

| プロトコル                                 | 機能  |
|---------------------------------------|---|
| CC<br>(Call Control)                  | 呼/コネクションの制御に関するメッセージの生成および転送を行う                       |
| MM<br>(Mobility Management)           | ユーザ認証、秘匿指示などのセキュリティ関連手順、位置登録などの移動管理に関するメッセージの生成転送を行う  |
| TAC<br>(Terminal Association Control) | 移動端末と網との間のアソシエーション制御に関するメッセージの生成および転送を行う              |
| RRC<br>(Radio Resource Control)       | 無線ベアラ制御、無線リソース管理およびハンドオーバー起動・終了などに関するメッセージの生成および転送を行う |

Control)

モビリティ管理能力のうち、端末アソシエーション管理のためのプロトコルを提供する。

##### ③ MM (Mobility Management)

移動管理のためのプロトコルを提供し、例えば新規認証方式などの新機能、サービスの追加を想定した将来的な拡張性に対応できるプロトコルとしている。

##### ④ RRC (Radio Resource Control)

無線リソース制御のためのプロトコルを提供する。メッセージ構成として、1MS上の複数無線リソースの同時制御、さらに通信設定時からのDHOなど複数の動作の同時実行を可能とするために、複数オペレーションの同時制御機能を持つ[4]。

## BTS-MCC-SIM インタフェース仕様

BTS-MCC-SIMインタフェースには、リンクの使用効率の向上、マルチメディアサービスのさまざまなトラヒ

ックへの対応を考慮してATMが適用されている。さらに、低速度トラヒックへの効率的対応を可能とするAAL Type2 (ATM Adaptation Layer Type 2) が導入されている。また、DHOにおけるMCC-SIMでの上りトラヒックの選択合成を可能にする情報、同一データを各BTSが同期をとって無線インタフェースに送出するための情報などの機能追加が行われている。

## 制御手順

通信設定と同時にDHO状態に移行する制御手順を図7に示す。MSからの発信に際しては、まず端末アソシエーション確立手順が実行され、MSの正当性の確認、秘匿による安全なシグナリングリンクの確立が行われる。端末アソシエーション確立後にMSからの通信設定要求 (SETUP) が行われ、通信設定手順に入る。MSからのCELL CONDITION REPORTに基づき、必要な場合には通信開始時からDHO状態への移行手順が実行される。本手順の結果、MSは図5に示したような

術的貢献を継続する。

## 文献

- [1] K.Higuchi et al. : "Fast Cell Search Algorithm in DS-CDMA Mobile Radio Using Long Spreading Codes", Proc.IEEE VTC'97, pp.1430-1434, May 4-7, 1997, Phoenix, U.S.A..
- [2] T.Nakamura et al. : "Configuration and Characteristics Estimation of a W-CDMA Experimental System for 3<sup>rd</sup> Generation Mobile Communications", Proc.IEEE VTC'98, pp.973-977, May 18-21, 1998, Ottawa, Canada.
- [3] 石川, 佐藤, 高木, 中野 : "W-CDMA システムにおける複数呼サポートのための無線リソース制御法," 1998信総大, B-5-137.
- [4] 秦, 渡邊, 佐藤, 山縣 : "W-CDMA システムにおける無線リソース制御プロトコル構成法", 1998信総大, B-5-138.

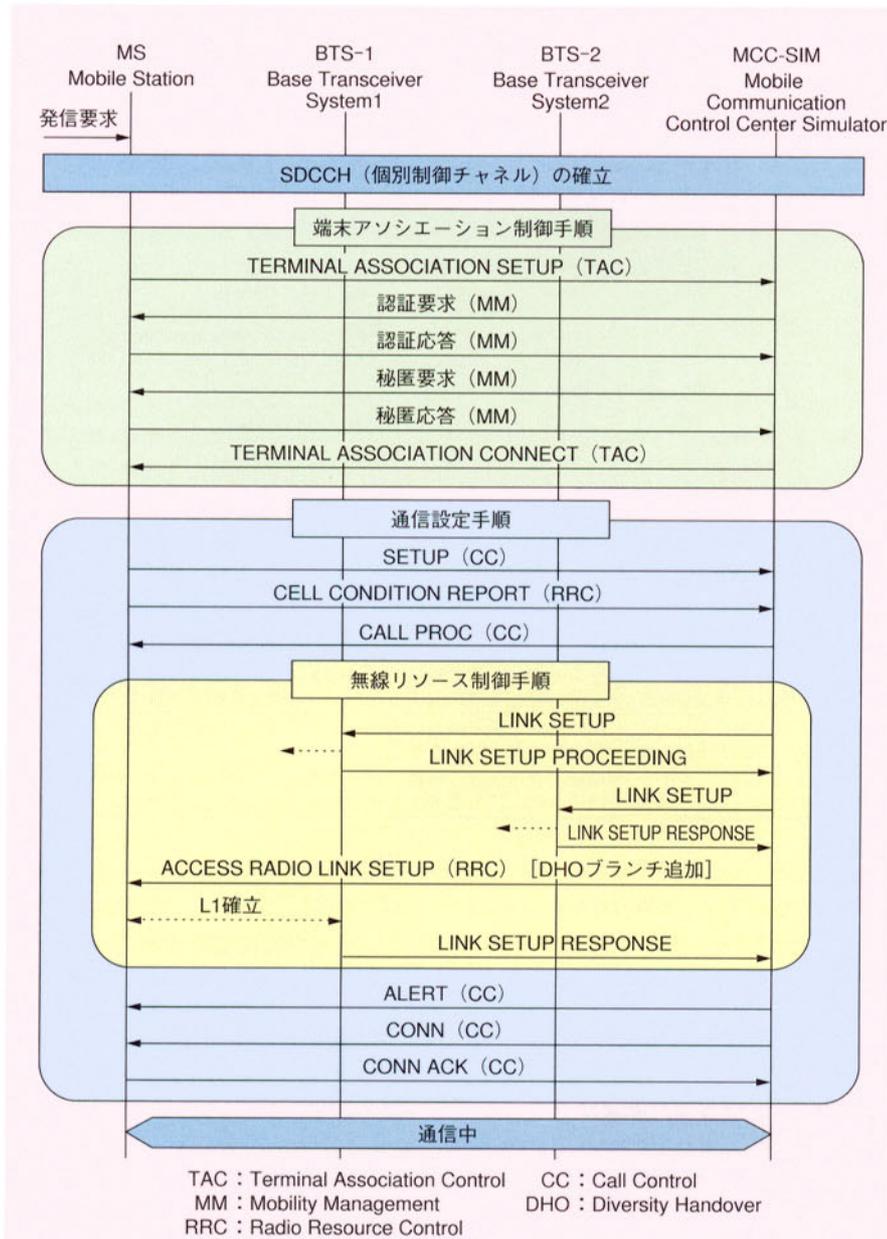


図7 MS発信手順 (通信開始からのDHO状態移行)  
Figure 7 MS Call Origination Procedure (Entering DHO State from Communication Setup) .

DHO状態で通信を開始する。

## あとがき

本稿では、W-CDMAシステム実験における無線インタフェースを中心としたアクセスインタフェースを紹介した。本システム実験には、モバイルマルチメディア実現に向けての packets/回線交換サービスの統合的サポート、マルチコールのサポートを含む W-CDMA無線リソース制御、IMT-2000の主要サービスの一つであるパケ

ット通信のサポート、無線アクセス網へのATM技術の導入など、多くの新技術が盛り込まれている。本システム実験の適用技術の一部についてはすでにその後の標準化活動において変更が行われているものも存在するが、それらは今後の標準化への提案の基礎をなすものであり、システムとして検証を行うことは意義深い。DoCoMoは、本実験を通して、他の多数の実験参加社と共にこれら新技術、提案の総合的な検証と課題の抽出を行い、その成果に基づき今後もIMT-2000標準化への技