

リンク系システム特集

DoCoMoにおける伝送路網構築への取り組み —経済的な基盤構築へ向けて—

携帯電話加入数の著しい伸びに呼応して、移動通信トラフィックは急増している。このため無線基地局と交換ノード間および交換ノード相互間を結ぶ伝送路についても、システムの大容量化、トラフィック処理能力の向上とともに、信頼性・効率性を考慮した新たな網構成技術が求められている。

本稿では、DoCoMoにおける伝送路網構築の基本的考え方、新しいマイクロ波方式、伝送端局装置の概要、さらにIMT-2000の導入に対応したリンク系設備の要求条件などについて述べる。

はしもと あきら さんご じゅんいち やまざし かずお
橋本 明 山後 純一 山岸 運夫

まえがき

携帯電話の加入数は1994年からの5年間で10倍以上の伸びを示し、これに呼応して移動通信トラフィック（ノード間所要回線数）も急増している。このため、無線基地局と交換ノード間および交換ノード相互間を結ぶリンク系設備には、システムの大容量化、トラフィック処理能力の向上を目指す新技術が求められるとともに、移動通信ネットワークの基幹インフラとして、信頼性・効率性を考慮した伝送路網の構築が重要な課題となっている。

DoCoMoは1992年の発足以来、第一種電気通信事業者として独立した事業運営を図るため、伝送路についても自ら構築することを基本方針としてきた。このため、第1段階として中継系伝送路（県間、都市内区間）について、マイクロ波方式の導入を進めるとともに、特に大容量を要する区間、電波干渉上マイクロ波方式では、建設困難な区間などには光伝送方式も併用し、自社化に取り組んできた。DoCoMo所有の伝送路は、当初の27

区間（都市内光方式5区間、県間マイクロ波方式22区間）から、1999年3月には313区間（都市内光方式88区間、都市内マイクロ波方式58区間、県間マイクロ波方式167区間）へと10倍以上の規模に増大している。さらに現在は第2段階として、全国に8,000局以上ある無線基地局へのエントランス回線を含む基地局系伝送路の自社化に取り組んでいるところである。

このような伝送路網の構築を経済的かつ迅速に進めるため、NTT継承仕様に基づく従来のマイクロ波方式に代えて、容量増大と大幅なコストダウンを実現した新方式を1999年3月から逐次導入している。また、伝送端局装置については、異速度の基地局回線、各種制御線、共通線信号、などを効率的に52Mbit/sパスに多重化する装置を実用化し、1999年4月より導入を開始した。

本稿では、DoCoMoにおける伝送路網構築の基本的考え方について概説するとともに、新しいマイクロ波方式、伝送端局装置の概要、さらにIMT-2000の導入に対応したリンク系設備の要求条件などについて述べる。

DoCoMo ネットワークの構成

■回線、パス網の構成

回線網はAMS（Auto Mobile Switch）～MGS（Mobile Gateway Switch）の構成から交換機の分散設置や伝送ルート整備にあわせ、現在では加入者交換機（MLS：Mobile Local Switch）～MGS～移動中継交換機（MTS：Mobile Transit Switch）の3階梯構成へと進展している。伝送ルートが限定され、交換ノード数も少なく、回線分散も図れなかった初期のネットワーク構成から、回線分散、ノード分散を前提とした信頼性の高いネットワーク整備が推進されている。

そのための施策としては、MLS～MGS間およびMGS～MGS間は伝送ルート分散、回線分散に併せて交換機設置ビルの分散を行い、MTS～MTS間（会社間）およびMGS～MTS間は、伝送路の経路に応じて回線残存率を75%以上確保するための対策を実施している（図1）。

これら回線を伝送路上に設定される

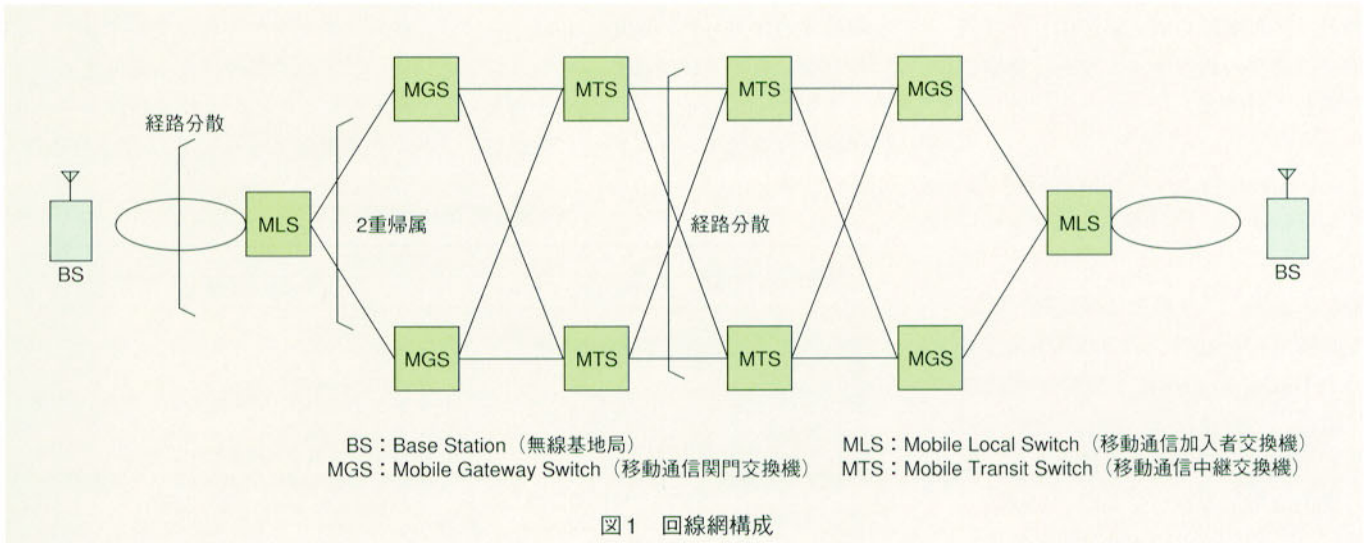


図1 回線網構成

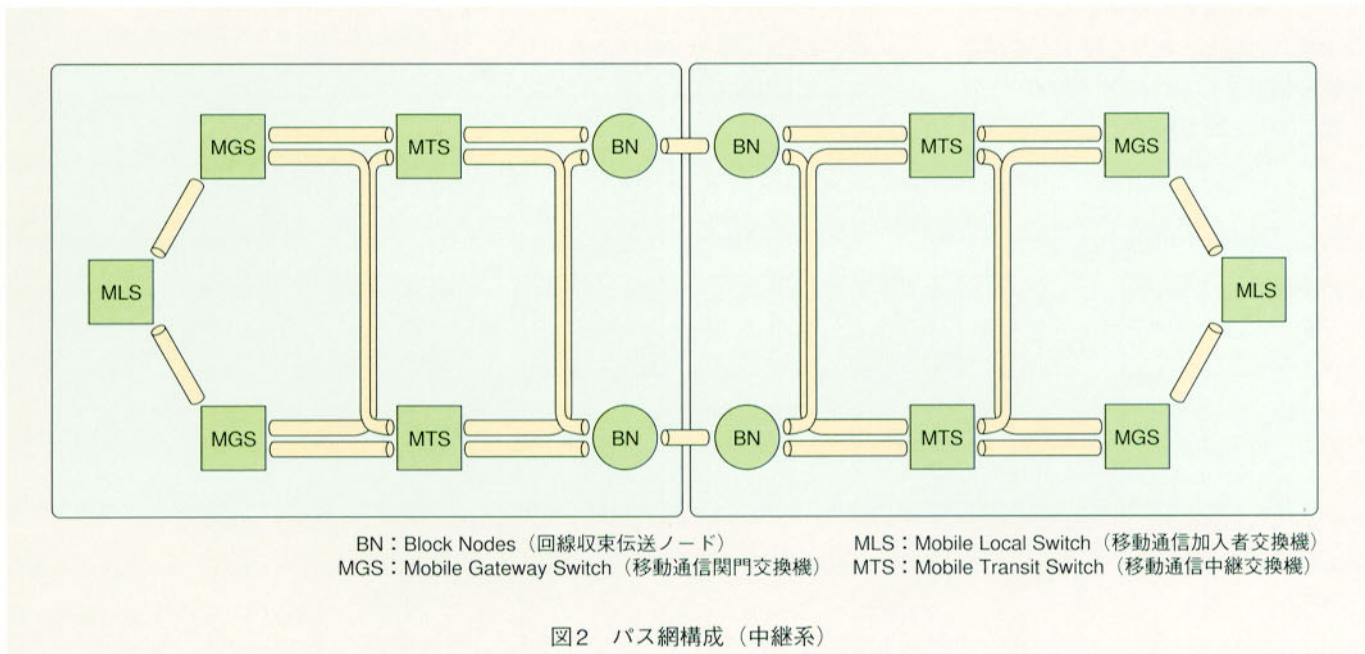


図2 バス網構成 (中継系)

一定の太さの束 (以下、バスという) に収容し、回線を特定のノード間に集束するバス網については伝送路経路を分散し、会社間のバスを接続するBN (回線収束伝送ノード) も各会社ごとに1ビル設置から2ビルに分散するなど、伝送路ルート of 全断やビル故障による回線全断を回避するための対策も併せて実施している (図2)。

また、基地局回線 (接続ノード (CN : Connection Node) ~ MLS間) についても、県内ループ網に異経路収容することで信頼性を確保している。

■ネットワークを構成する伝送路網設備について

経済的で信頼性の高い回線網、バス網を実現するために導入されている伝送路網設備は、中継距離や伝送容量と装置機能などにより、中継系伝送路と基地局系伝送路に適用される設備が異なる (表1)。

マイクロ波方式の場合は、中継系伝送路に適用する方式は中継距離が50km、伝送容量156Mbit/sで、基地局系伝送路に適用する方式は中継距離が25km、伝送容量156Mbit/s、エントランスマイクロ方式は中継距離が15kmで伝送容量が6Mbit/sとネットワーク

の規模により導入される方式がすみわけられている。

クロスコネクト*機能を有する多重化装置もネットワークの規模によりその適用がすみわけられており (表1、図3)、中継系伝送路に適用するクロスコネクト装置は大束の回線を編集するためにクロスコネクト単位が1.5Mbit/sのモジュールBを導入し、基地局系伝送路に適用するクロスコネクト装置は、小規模の回線を効率的に編集するために、クロスコネクト単位が64kbit/sのL-MUX装置を導入する

*クロスコネクト : 伝送路網の使用効率を高め、経済的で高品質なバスの収束、分離、詰替えをすること。

など、装置機能を最大限活用した経済的で信頼性の高いネットワーク構築を考慮した設備導入としている。

DoCoMo 伝送路網構築の推移

■加入者増に伴う急激な回線数の増加

1992年の分社時、約100万加入であったDoCoMoの携帯・自動車電話加入者が、1995年以降、通話料金の大幅な値下げや、端末機の軽量化などにより劇的な増加を遂げており、1999年3月には、約24倍の2,400万加入に達している。加入者数の増加によるトラヒック増に対応し、毎年、膨大な中継系回線の増設を行った結果、1999年3月には、実に139万回線にも及ぶ回線網

を構築するに至った(図4)。

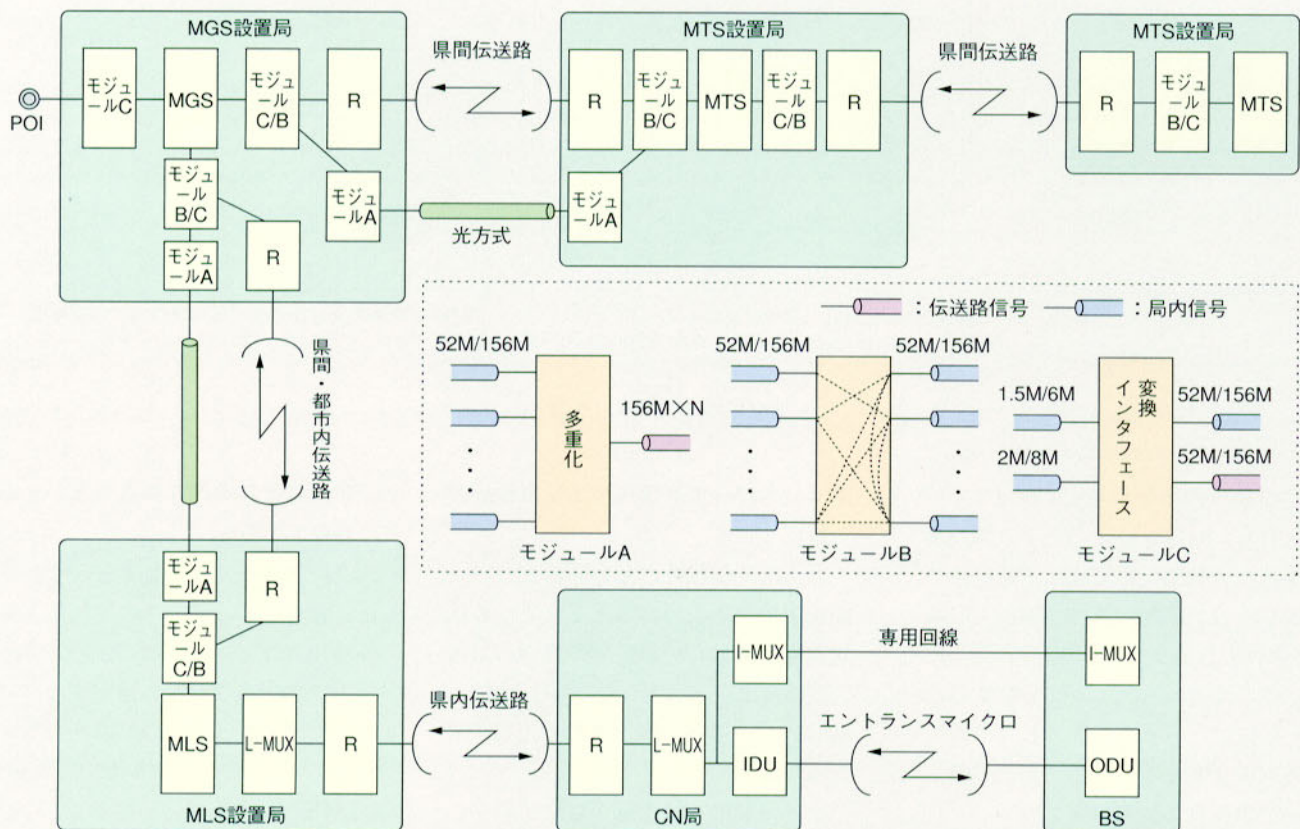
現在は、音声主体であるが、パソコン、インターネットなどの急激な普及に伴い、今後はモバイル環境において

もデータ・映像などのマルチメディアサービスの需要が高まっていくものと考えられる。このような状況から、マルチメディアサービスに適したIMT-

表1 伝送路区分と適用方式

伝送路の区分		適用方式	
		マイクロ波方式	多重化装置類
中継系伝送路	県間・会社間	・4/5/6G-150MD方式	<ul style="list-style-type: none"> ・モジュールA^{*1} ・モジュールB^{*1} ・モジュールC^{*1} ・L-MUX (低速回線多重化装置) ・ATM-XC (ATMクロスコネクタ装置)^{*2} ・ATM-MUX (ATM多重化装置)^{*2}
	都市内	<ul style="list-style-type: none"> ・11/15G-150MD方式 ・11/15G-50MD方式 	
基地局系伝送路	県内	<ul style="list-style-type: none"> ・11/15G-150MD方式 ・11/15G-50MD方式 ・4/5G-50M方式 	
	エントランス	<ul style="list-style-type: none"> ・11G-6M方式 ・4/5/6G-6M方式 ・22G-6MD方式 	

※1: 図3参照 ※2: 今後導入予定



BS: Base Station (無線基地局)
 CN: Connection Node (接続ノード)
 IDU: In Door Unit (屋内装置)
 I-MUX: エントランス用多重装置
 L-MUX: 低速回線多重装置
 MGS: Mobile Gateway Switch (移動中継交換機)
 MLS: Mobile Local Switch (移動加入者交換機)
 MTS: Mobile Transit Switch (移動中継交換機)
 ODU: Out Door Unit (屋外装置)
 POI: Point of Interface (ユーザ網境界点)
 R: マイクロ波装置

図3 伝送路網設備の構成

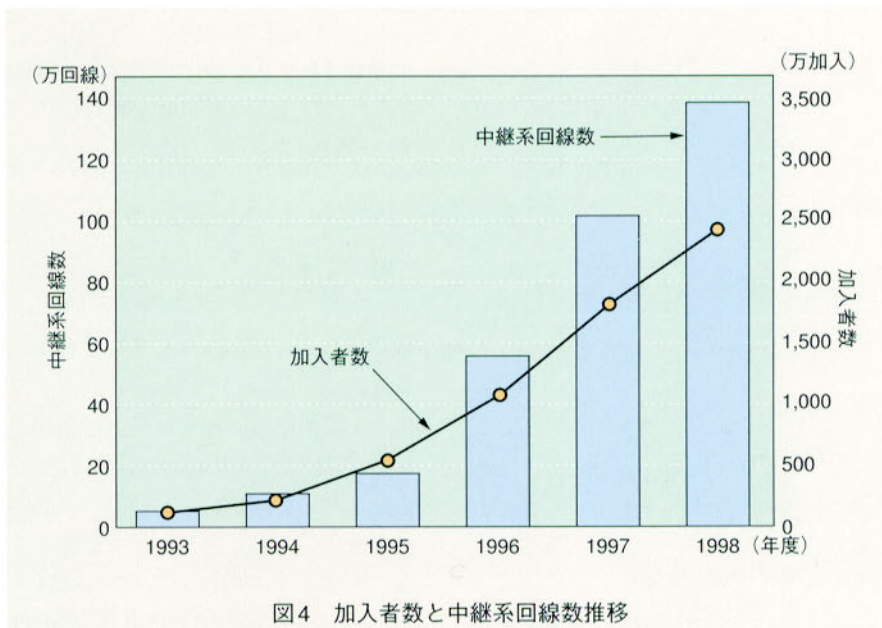


図4 加入者数と中継系回線数推移

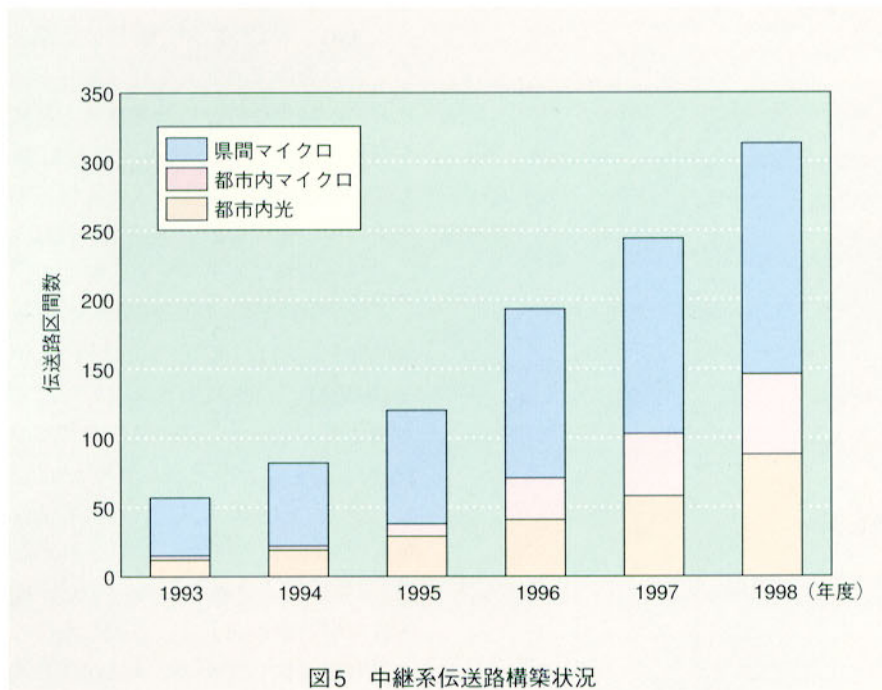


図5 中継系伝送路構築状況

2000導入の準備を進めているところであり、さらに、情報伝送速度を10Mbit/sまで可能とする第四世代移動通信システムの検討も始められている。

また、移動通信の需要母体も、従来の人間主体から自動車・自転車やペットまで、移動するものすべてに拡大し、10年後の2010年には約3億6,000万に達するものと期待されている。

これらのサービスを支える回線の需要もますます増大の一途をたどり、伝送路網の大容量化が必要になってくる

ことは事実であり、現在の5～10倍も容量の伝送路網が必要になると思われる。

■中継伝送路構築の推移

DoCoMoグループの伝送路については、1992年の分社以降、暫定措置の解消および急激な回線数の増加に対応するため、主に即応性および経済性に優れるマイクロ波伝送方式により構築を進めており、都市内でマイクロ波方式では容量が賄えない区間や電波干渉な

どによりマイクロ波ルートが建設できない一部の区間には、光伝送方式により構築を進めてきた。

その結果、中継系の伝送路区間数は、1997年には244区間に、1999年3月には313区間に達している(図5)。光伝送方式については、従来からの管路賃借による自社光ケーブル方式による方法に加えて、共同溝などのために自社光ケーブル方式の建設が困難な区間などにおいて所要伝送容量を確保するため、1997年5月からはDoCoMoの要請に基づき、NTTが制度化した安価な大容量業務委託伝送路の適用を開始した。

今後とも、将来のIMT-2000のサービス開始などに伴う回線需要の増加に備え、マイクロ方式による伝送路網の構築を継続的に進めるとともに、マイクロ波方式ではルートが確保できない区間などは光伝送方式により伝送路網の構築を図る。

■基地局系伝送路の構築

従来、無線基地局(BS: Base Station)とMLSの間の伝送路は、NTTの専用回線により構成してきたが、基地局数の増加により、専用回線使用料の総額も増大し、総費用に占める割合も高くなりつつあった。このため、1995年から自社の基地局系伝送路を構築し、専用回線を巻き取り、回線使用料を削減する取り組みを行っている。

基地局系伝送路は、短距離マイクロ波伝送方式(11/15G方式)による県内ループ伝送路とエントランスマイクロ方式により構成される(図6)。BSは、県内ループ伝送路に設けられた最寄りのCN局までエントランスマイクロ方式で接続され、さらに県内ループ伝送路を経由して、MLSに接続される。1つの県内ループ伝送路に收容する基地局数は、マイクロ波伝送方式の容量を考慮し、最大40～50局程度とする。

業務委託回線のエントランスマイクロ方式への巻き取りの取り組みは、県

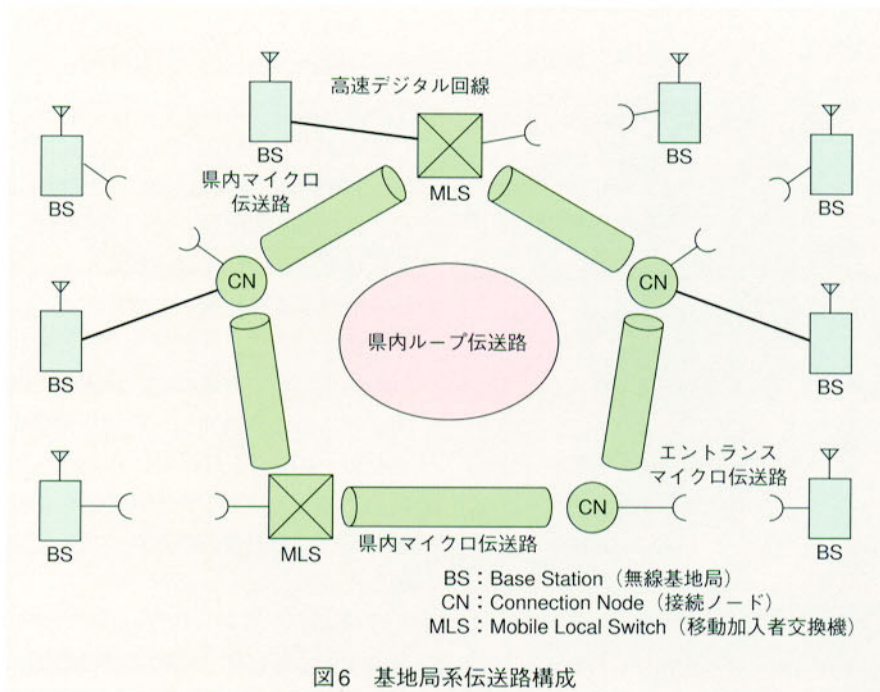


図6 基地局系伝送路構成

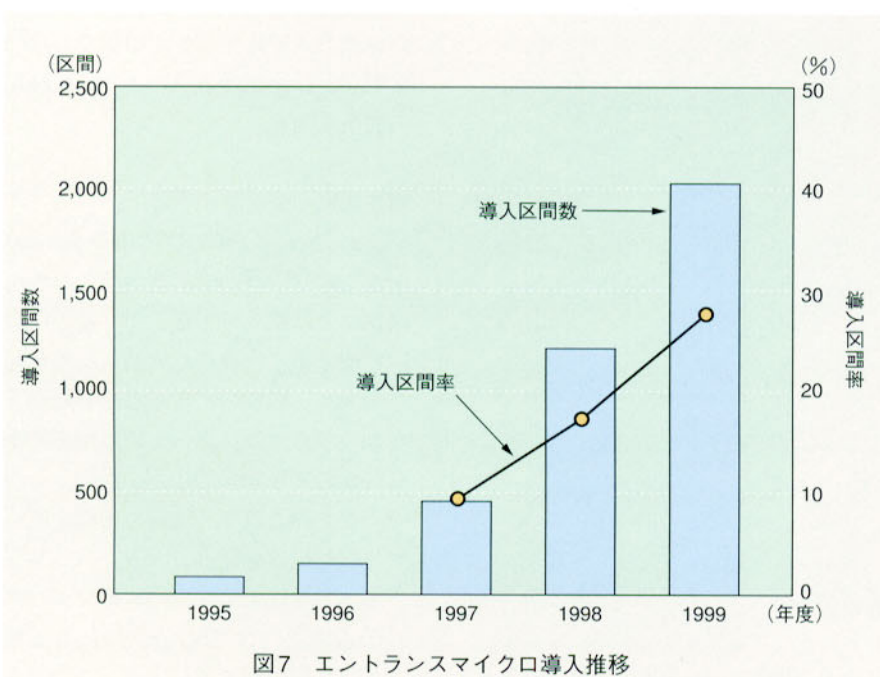


図7 エントランスマイクロ導入推移

表2 従来方式/新方式の比較

方式名	4/5/6G 150M (従来方式)	4/5/6G 150MD (新方式)	11/15G 150M (従来方式)	11/15G 150MD (新方式)
変調方式	16QAM	64QAM	8PSK	16QAM
ルート容量 (bit/s)	3.6G	5.8G	1.6G (11GHz) 1.1G (15GHz)	2.3G (11GHz) 1.7G (15GHz)
周波数利用効率 (bit/s/s/Hz)	5	7.5	3.75	5
マルチキャリア数	3キャリア	シングル	シングル	シングル

内ループ伝送路の構築と平行して、1998年4月から本格的に開始し、2000年3月には全国で2,000区間行う予定である(図7)。

ネットワークを構成するリンク系装置

■中継系および県内マイクロ波方式

NTTより継承した長距離マイクロルートを中心に、最近是一部新規ルートを建設して、伝送路を構築している。

従来用いられてきたマイクロ波方式は、県間ルート用は4/5/6G-150M方式、県内ルートおよび都市内用は11/15G-150Mおよび11/15G-50M方式であり、NTT継承仕様として導入してきたものである。今回、ルート伝送容量の増大ならびに伝送コスト低減を目的として、新方式を開発した。新方式の主な特徴を従来方式と比較して表2に示した。なお、方式名の「D」はDoCoMo仕様であることを意味する。

4/5/6G方式では16QAMから64QAMへ、11/15G方式では8PSKから16QAMへ、変調を多値化した。これにより、4/5/6G-150MD方式については、ルート容量が5.8Gbit/sに、11(15)G-150MD方式では、2.3Gbit/s(15G方式は1.7Gbit/s)と、それぞれ約1.5倍に増大されている。また、周波数利用効率も向上し、有限な電波の有効利用を図っている。4/5/6G方式については、最近の変復調回路技術が進歩したことと、全デジタル化判定帰還形等化器の採用により耐波形歪特性を向上させ、従来の3キャリア形式をシングルキャリアとし、大幅なコスト低減を実現している。11/15G-150MD方式については、コチャネル周波数配置を採用し、かつ交差偏波干渉補償器を導入して、降雨による交差偏波識別度劣化の影響が多値変調に伴い増加する分を十分に補い、良好な伝送品質を確保している。また、装置の小型化を図り、所要フロアスペースを減少す

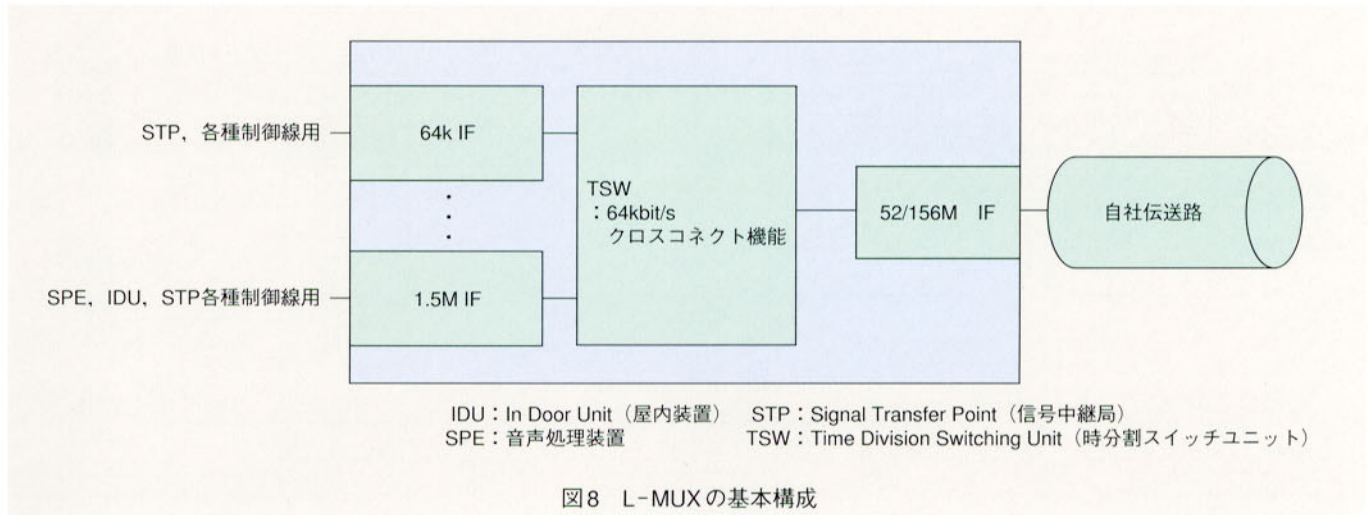


図8 L-MUXの基本構成

るとともに、警報情報処理による故障区間特定機能や品質テレメータ機能を強化して、保守性の向上を図っている。

11/15G-50MD方式については装置の小型化、経済化、保守性の向上を目的として開発した、非再生中継などの従来の特徴も生かして、中容量の県内伝送路の構築に寄与している。

これらの方式は一部1998年度より導入が始まり、4/5/6G-150MD方式は1999年11月より、11/15G-150MD方式は1999年2月より、11G-50MD方式は1999年11月より運用を開始している。

■エントランスマイクロ方式

エントランスマイクロ方式として、主に11G-6M方式が導入されている。このほかに、長い中継距離が必要な場合は4/5/6G-6M方式が干渉が厳しく、11G方式が使用できない場合は22G-6M方式が使われている。

今回、22G方式について大幅な経済化と予備切替機能を追加した22G-6MD方式を開発した。従来方式では、予備装置を有していなかったため、新方式導入により信頼性の大幅な向上が実現されている。これにより、11G-6M方式と同等コストで22GHzルートが実現できることとなり、大都市など、電波使用状況が稠密な領域でのエントランスマイクロ回線の構築に寄与

できると期待されている。本方式は1999年10月より運用を開始している。

■低速回線用多重化装置 (L-MUX)

低速回線用多重化装置は、CNとMLS間の県内ループ伝送路を構築する際に導入し、基地局回線、共通線信号網、各種サービス制御線およびオペレーションシステム (OpS) 制御線などの異なる速度の回線を、64kbit/s単位のクロスコネク機能により効率的に52Mパスに多重化する装置である(図8)。また、1.5Mパスが故障した際に予備伝送路へ自動切替する機能も具備しており、共通線などの重要回線を収容する1.5Mパスの故障時の措置が大幅に改善される。本装置は、従来装置の基地局エントランス回線用多重変換装置 (I-MUX) とTCM-1形多重変換装置 (モジュールC) の2装置の機能を併せ持ち、さらにパスの信頼性向上の機能を具備した装置とも言え、今後の県内伝送路網の構築や共通線信号網の自社化推進に寄与できると期待されている。

なお、本装置は1999年4月より導入を開始し、2000年3月には本格的な運用が開始される。

IMT-2000に向けた 伝送路網構築

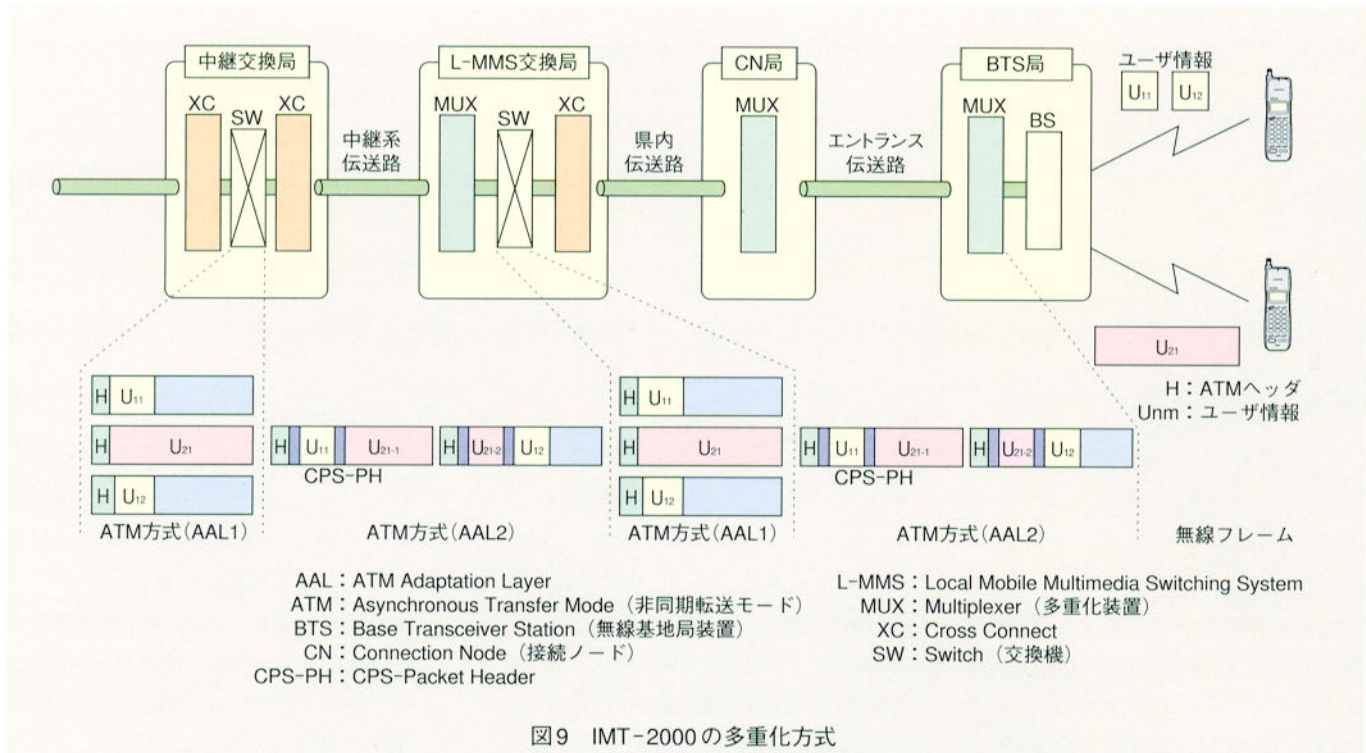
IMT-2000では、音声からデータ・

画像まで多種多様な速度のマルチメディア呼の情報をセルと呼ばれる長さ48byteのブロックに分割し、その先頭にセルを識別するためのヘッダ5byteを付けて伝送することにより、効率的な伝送を可能とする非同期転送モード (ATM : Asynchronous Transfer Mode) 多重方式を採用している。

しかしながら、すでに標準化されていたAAL (ATM Adaptation Layer) タイプ1のATM多重化方式は、伝送効率を上げるためにセルの情報フレーム48byteいっぱいになるまで情報を蓄積して行う方式であり、音声通信のような低速度情報の場合、伝送遅延を生じる問題があった。

このため、新たに標準化された、1つの情報フレーム (48byte) にショートパケット化された複数のユーザ情報を多重化するAALタイプ2を伝送路区間に適用し、この問題を解決した(図9)。

移動端末からのユーザ情報は、無線基地局装置 (BTS : Base Transceiver Station) でATM化され、CN局においてATM多重化装置 (ATM-MUX) により県内伝送路の52Mパスに収容し、L-MMS交換局に伝送される。L-MMS交換局においては、交換機でセルごとに対地別に振り分けを行い、ATMクロスコネク装置 (ATM-XC) により、対地別伝送路の52Mパスに収束し、対向する中継交換機まで伝送を



行う。

多重化装置にATM多重化方式を適用することにより、従来の階層的に多重化を重ねるごとに伝送路の収容率が低下する固定フレームの多重化方式と異なり、非階層的に多重化を行うことが可能となり、伝送路の収容率が向上する。

あとがき

DoCoMo伝送路網の基本構成、主な

伝送方式の概要について述べたが、各方式・装置の詳細については、本特集の別稿で説明することとする。

現在、IMT-2000の導入に備えて基地局エントランスの容量増大と、ATM対応の多重化装置の開発を進めている。21世紀には一層の増大が予想される移動通信トラフィックを支えるために経済性・信頼性に優れた伝送路網の構築を目指して努力していきたい。