

FOMA エリアの経済的 拡大に向けた無線基地局 装置の開発

FOMAの屋内および屋外エリアを早期かつ経済的に拡大するため、さまざまな導入エリアに対応する無線基地局関連装置を開発した。

ひくま あきひろ ふ け ゆたか なかみなみ なおき
引馬 章裕 福家 裕 中南 直樹
おおやね ひでひこ こばやしひろし
大矢根 秀彦 小林 宏

1. まえがき

FOMA (Freedom Of Mobile multimedia Access) エリアの拡大を早期にかつ経済的に達成するには、トラヒックに応じた適切な装置規模、基地局構築時における設置性の向上、さらに設備導入時の初期導入コストおよび導入後のランニングコストの低減が必要である。また、屋外エリアと屋内エリアでは設計条件が異なるため、エリアごとに最適な基地局の設計を行うことが重要である。

図1に各無線基地局装置 (BTS: Base Transceiver Station), RF光伝送装置 (MOF: Multi-drop Optical Feeder) の導入エリアを示す。

都市中心部で主に利用されるBTSでは、収容チャンネルの高密度実装化、および低消費電力化を図ることにより、大規模基地局の円滑な導入を可能にした。郊外の低トラヒックエリア向けには、BTS規模を縮小し、周辺装置をオールインワン化することで基地局構築を簡略化した。また、トラヒックの非常に少ないエリアに対しては、BTSの各機能部を統合し小型・一体型構造を実現し、低価格で設置性の良いBTSを実現した。屋内エリアを構築する上では、カバーエリアの拡大、各エリアの設備を1局に集約化することで、設備構築コストや伝送路ランニングコストを削減した。

本稿では、これらの無線基地局関連装置の機能概要および特徴について紹介する。

2. 4キャリア6セクタBTS

2.1 装置概要

本装置は、2001年10月のサービス開始に向けて開発された2キャリア6セクタBTS[1]の後継機種であり、さらなる大容量化を図ったBTS装置である (写真1)。

本装置は、従来の2キャリア6セクタBTSと同じ、標準

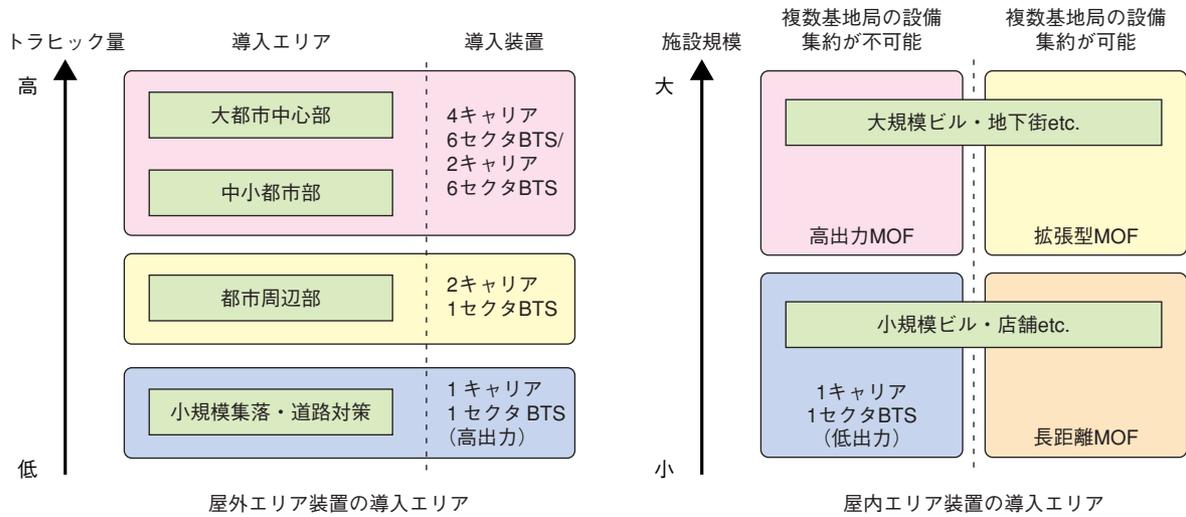


図1 無線基地局関連装置の導入エリア

架タイプであり、トラフィックの多い都市部を中心に設置されている。主要諸元を表1に示す。

2.2 大容量化の実現

従来の2キャリア6セクタBTSは、1架当り音声チャンネル換算で720チャンネル以上の収容能力を有するが、4キャリア6セクタBTSは4倍となる最大2880チャンネルを収容可能である。また、ベースバンド信号処理部（BB：Base Band）のTurboコーディング[2]/デコーディング処理能力を向上させ、パケットデータ通信量の増大にも対応可能である。

4キャリア6セクタBTSでは、1架当りの収容チャンネル数およびキャリア数が大幅に増加したが、送信電力増幅部（AMP：AMPlifier）の高効率化、BBの低消費電力化、共通制御系（信号処理、クロック処理、バス処理など）カードの集約による実装カード枚数の削減により、従来の2キャリア6セクタBTSと同等の大きさ、重さ、消費電力を実現した。これにより、従来の2キャリア6セクタBTSの設置

条件を適用でき、BTS装置の設置方法が踏襲可能となった。具体的には次の通りである。AMPは、4キャリア増幅に伴う消費電力増大を抑えるため、AMPの歪み成分をあらかじめ考慮した入力信号を入力するデジタルプレディストー



写真1 4キャリア6セクタBTS (例)

表1 BTS主要諸元

	2キャリア6セクタBTS	4キャリア6セクタBTS	2キャリア1セクタBTS	低出力1キャリア1セクタBTS	高出力1キャリア1セクタBTS
チャンネル数	720ch～	～2880ch	240ch～	80ch～	80ch～
電源電圧	DC-48±6V	DC-57～-40.5	DC-57～-40.5	AC100V±10%	DC-57～-40.5
重量	310kg以下	310kg以下	300kg以下	20kg以下	50kg以下
消費電力	10kW以下	10kW以下	2.2kW以下	400W以下	650W以下
大きさ	W：795mm D：600mm H：1800mm	W：795mm D：600mm H：1800mm	W：900mm D：900mm H：1800mm	50L以下 (例) W：500mm D：500mm H：200mm	80L以下 (例) W：500mm D：500mm H：320mm
伝送路種別	1.5M：最大6回線 6.3M：最大4回線 ATMメガリンク：最大2回線 MDN*：最大2回線	1.5M：最大4回線 6.3M：最大4回線 ATMメガリンク：最大2回線 MDN*：最大2回線	1.5M：最大4回線 6.3M：最大2回線 ATMメガリンク：最大2回線 MDN*：最大2回線	1.5M：最大2回線 MDN*：1回線	1.5M：最大2回線 MDN*：1回線

※ MDN (Mega Data Netz)：ATM技術をベースに、ユーザに最も適した通信形態を柔軟に提供するネットワークサービス

ション方式 (digital predistortion) [3]などの新技術を導入し、2キャリア6セクタBTSのAMPと比較して同じ消費電力で1.5倍程度の出力を可能とした。これにより、従来の1.5倍程度の消費電力で4キャリアの増幅を可能とした。

BBは、DSP (Digital Signal Processor)、大規模集積回路 (LSI : Large Scale Integration circuit) などに新たなデバイスを使用した結果、カード1枚の信号処理能力を約3~4倍に向上させ、1チャンネル当りの消費電力を半減させ、高密度化による小型化も実現した。

共通制御系では、最大約30%の機能集約を行い、消費電力削減、実装スペースの縮小を行った。

2.3 その他の特長

本装置は、AMPを実装するAMPラックと2キャリア分の変復調装置 (MDE : Modulation and Demodulation Equipment) を実装するMDE基本部ラック、MDE増設部ラックというシェルフ構造とした。これにより、2キャリア分のトラヒックで収容可能な基地局については、MDE増設部ラックを実装しない、AMP不要の場合はAMPラックを実装しないなどの、設置形態に応じた柔軟な対応が可能となった。

有線伝送路インタフェース部 (HWY-INT : HighWaY-INTerface) では冗長構成を見直し、従来の2枚のカードで負荷分散する構成に加えて、2枚のカードを運用系、待機系とし、必要に応じて系切替する構成にも対応可能とした。これは、FOMAでは広帯域な伝送路 (ATM (Asynchronous Transfer Mode) メガリンクなど) を使用し1本の伝送路で接続する使用形態も考えられるため、カード故障時のサービス中断を回避するためである。また、ATMメガリンクの伝送路を使用した場合、1本の伝送路で接続する構成であっても、無線ネットワーク制御装置 (RNC : Radio Network Controller) との制御信号を仮想パス (VP : Virtual Pass) 単位に設定可能とし、冗長性を確保した。

導入現場でBTSの局データや制御ソフトウェア (呼制御、保守監視制御) の更新を行う場合、2キャリア6セクタBTSではパソコンを使い、PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) カードに設定ファイルを書き込んだ後、当該装置にそのPCMCIAカードを実装し、BTS内のメモリへ転送を行っていた。そこで、本装置からパソコンとBTSをケーブル接続し、直接メモリへ転送するソフトウェアのファイル操作メンテナンスツール (FLD-MT : File LoaDer Maintenance Tool) を開発した。これにより、現地でより簡易にファイル更新を実施することが可能となり保守性が向上した。

給電システムの低コスト化と仕様のグローバル化を図るために、本装置の動作可能電源電圧を、従来のDC-48V±6VからDC-57~-40.5Vへと変更した。

3. 2キャリア1セクタBTS

3.1 装置概要

FOMAエリア展開を行う上で、経済的な小容量BTSの必要性が高まり、2キャリア1セクタBTSを開発した。本装置は、収容チャンネル数が240チャンネル以上で、郊外エリアをカバーする装置であり、FOMAでは最初の屋外対応筐体付きBTSである (写真2)。主要諸元を表1に示す。

3.2 屋外対応筐体付きオールインワン構造

2キャリア6セクタBTS、4キャリア6セクタBTSは標準架台タイプの装置のため、基地局には無線基地局収容かん、または、小型収容箱を設置し、その中にBTS、IMT-2000方式折り返し試験装置 (I-MTT : IMT-2000 Multiprotocol Turn up Test)、屋内制御装置^{*1}、I/Oポート^{*2}などを設置していた。このため、最低でも約8m²の設置スペースを確保する必要があった。本装置は、屋外対応筐体付きであり、しかもI-MTT、屋内制御装置、I/Oポートを装置内に実装できるオールインワン構成 (図2) としたため、設置スペースを約1/10に縮小できた。設置スペースの縮小により基礎工事費が削減され、その結果初期導入コストは、従来の2キャリア6セクタBTS導入時に比べ約1/3程度に経済化できた。

3.3 その他の特徴

本装置は、4キャリア6セクタBTSのカードをほとんど流用し、収容チャンネル数、収容キャリア、セクタ数を少なくすることで小型化を実現している。また、空調機を従来のエアコンから熱交換器^{*3}にした結果、定期的なメンテナンスが不

*1 アンテナのチルト角を遠隔で制御する装置。

*2 BTSと基地局に設置される各種外部装置間を伝送する制御信号を多重、分離する装置。

*3 収容箱内対流と外部対流を利用してプレートを通じて冷却する方法。外気を直接取り込まないためフィルタ交換などが不要である。



写真2 2キャリア1セクタBTS (例)

要となり、電気代の節約、静音性の向上も実現した。

本装置のAMP、MDEはラック構造のため、屋内に設置する場合はAMP、MDEを移動通信用鉄架（MCS鉄架）へ直接設置することも可能である。また、AMPのみの挿抜も可能でIMCS（Inbuilding Mobile Communication System）などに適用することも可能である。

4. 1キャリア1セクタBTS

4.1 装置概要

1キャリア1セクタBTSには、イベント会場やビル内、地下街や地下鉄の駅など、電波が届きにくい場所でのサービスを提供することを目的に開発した、屋内エリア用の低出力1キャリア1セクタBTS（写真3）と郊外地区（低トラヒック地域）のエリア化や電波不感地の解消など、エリア拡大を目的に開発した、屋外エリア用の高出力1キャリア1セクタBTS（写真4）がある。表1に主要諸元を示す。収容可能チャンネル数は、用途に応じてカードを増設することにより増加可能な構造となっており、収容チャンネル数は80チャンネル以上である。伝送路は収容チャンネル数が少ないため1.5M回線2本もしくは低コストのメガデータネット25M回線1本に限定した。屋外のエリア半径と比較して屋内のエリア半径は小さいため、屋内用低出力タイプの送信出力は400mWとした。

4.2 小型・軽量化の実現

従来複数カードで分担していた共通機能部を集約して高密度化を図った結果、従来装置と比較して、同一チャンネル数を収容するために必要なカード枚数が最大1/5程度に削減可能となった。また、部品点数の削減により装置の信頼性を高め、冗長構成なしで平均故障間隔（MTBF：Mean Time Between Failure）30,000時間以上を保証している。これにより装置構成がシンプルとなり、4キャリア6セクタBTSと比較して、低出力1キャリア1セクタBTSで体積比1/30程度、重量約15kgの小型・軽量化を実現した。また、高出力1キャリア1セクタBTSは体積比1/15程度^{*4}、重量約38kg^{*5}を達成している。本装置は、AMPにデジタルプレディストーション技術を用い、高歪補償と高効率化を実現し、低消費電力を実現した。



図2 2キャリア1セクタBTSのオールインワン構成



写真3 低出力1キャリア1セクタBTS



写真4 高出力1キャリア1セクタBTS（例）

4.3 その他の特長

小規模な装置構成ながら交換単位をカード単位もしくは複数の機能を全天候型の筐体に納めたユニット単位とすることで、4キャリア6セクタBTSと同等の保守性を確保している。これにより、故障対応時の作業時間が大幅に削減され、サービス中断時間を最小限に抑えることが可能である。以下に、低出力1キャリア1セクタBTS、高出力1キャリア1セクタBTSそれぞれの特長を示す。

(1) 低出力1キャリア1セクタBTS

柔軟な設置形態を実現するために、本BTSは電源やアンテナ端子などの外部インターフェースの接続位置を同一

*4 開発した装置の中で最小の装置構成

*5 開発した装置の中で最軽量の装置構成

面に集約することで、据置き、壁掛けの両方を可能とする構造とした。電源はAC電源でも動作可能であり、DC電源の供給が困難な場所にも設置可能である。

装置の運転音の低減についても、筐体内部の温度に対しファンの回転数を適応的に制御することにより、平常動作時は低回転でファンを駆動させることにより従来装置の65dBから40dBと大幅な改善を図った。これにより、装置の運転音が気になるオフィスなどに設置可能となり、容易なエリア拡大を可能とした。

(2) 高出力1キャリア1セクタBTS

屋外設置を可能とする屋外筐体一体型装置である。低雑音増幅器 (LNA: Low Noise Amplifier)、送受信周波数共用器 (DUP: DUPlexer)、受信用周波数帯域フィルタ (BPF: Band Pass Filter) を内蔵することにより、従来装置で別途必要であった屋外受信増幅器 (OA-RA: Open Air Receiver Amplifier) や屋外受信増幅器監視制御装置 (OA-RA-SC: Open Air Receiver Amplifier Supervisory Controller) が不要となった。

5. RF 光伝送装置 (MOF)

5.1 装置概要

MOF[4]は、BTSと同軸ケーブルで接続される親局装置、ならびに親局装置と光ファイバ伝送路で接続される複数の子局装置およびアンテナにより構成される (図3)。BTSまたは移動機端末から送信される無線周波数 (RF: Radio Frequency) 信号は、親局装置、子局装置でそれぞれ受信される。受信されたRF信号は光信号に変換された後、光ファイバ伝送路により伝送される。光信号は対向する親局/子

局装置でRF信号に変換された後、BTS、移動機端末にそれぞれ送信される。建物構造が複雑で無線信号が届きにくい屋内エリアでは、細径かつ軽量の光ファイバを伝送路に利用し、複数のアンテナまでの伝送路を伸延することが可能なMOFを用いることにより経済的かつ柔軟にエリア拡大ができる。また、MOFは1つのシステムで第2世代のデジタル携帯電話方式 (PDC: Personal Digital Cellular) とFOMAのRF信号を同時に伝送することが可能である。

従来から光ファイバを利用してBTSのRF信号を中継するMOFを用いているが、広帯域符号分割多元接続方式 (W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access) 無線信号の送信出力増大、ならびに光ファイバ伝送路長距離化への対応により、さらなる経済化が可能となった。今回は経済的かつ柔軟に屋内エリアの拡大を実現するため、導入エリアに応じて高出力、長距離、拡張型の3種類のMOFを用意した (図3)。

- ・ 高出力MOF: 主に屋内大規模エリア (商業ビルなど) に適用する。BTSと併設して使用する。
- ・ 長距離MOF: 主に屋内のスポットエリア、小規模エリアに適用する。BTSを集約できる。
- ・ 拡張型MOF: 主に屋内大規模エリア (商業ビルなど) に適用する。高出力MOFと光拡張ユニットの組合せによる構成。BTSを集約することが可能。

親局装置および光拡張ユニットは、LAN (Local Area Network) 機器などを収容する19インチラックに実装されており、それぞれは電源確保が容易なAC100Vに対応する。子局装置は、天井など狭い場所に設置されることが多い

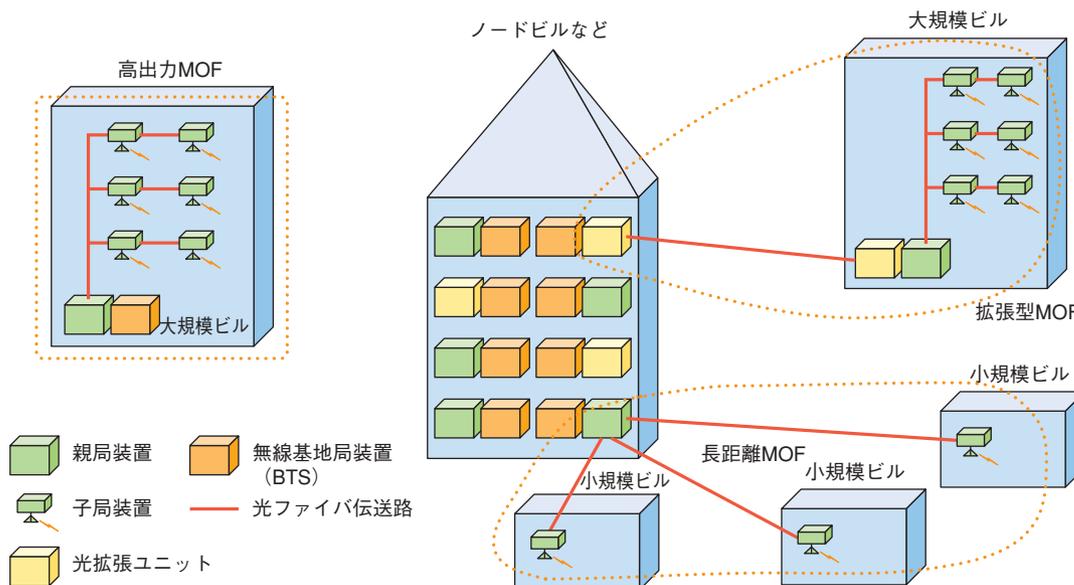


図3 各MOFの使用イメージ

め小型・軽量化しており、筐体は防滴構造などを採用した。各装置の諸元を表2、外観を写真5～7に示す。

以下に、各装置の構成ならびにその特徴について述べる。

5.2 高出力MOFによる

エリアカバレッジの拡大

子局装置に内蔵される下り回線用最終段AMPの定格出力を増大した結果、BTSのRF信号送信出力は従来装置の10倍となった。これにより、従来装置に比べ1アンテナがカバーするエリアサイズは約2倍となり、子局装置およびアンテナの使用数が削減でき、屋内エリア構築にかかる初期導入コストが削減できた。

5.3 長距離MOFによる光ファイバ 伝送路距離の拡大

光ファイバ伝送路の長距離化に伴う、伝送路損失の増大に対応するため、光源に使用するレーザーダイオードの高出力化を行い、光ファイバ伝送路距離を従来装置の約10倍となる最大20kmにまで拡大した。伝送路の長距離化によって、これまで屋内エリア側に設置する必要があった基地局設備は子局装置・アンテナだけになり、BTSを含む多くの基地局設備はノードビルなどに集約設置することが可能となった。その結果、複数の屋内エリアに分散設置された基地局設備を集約利用することによって導入コストが削減できた。また、長距離化に伴う伝送路損失の増大に対応することにより、安価にサービス提供されているダークファイバを利用することが可能となり、ランニングコストを大幅に削減した。

5.4 拡張型MOFによるWDM技術による 心数削減

複数のアンテナを使用する商業ビルなどの大規模な屋内エリアに対しても基地局設備集約によるコスト削減を図るため、これまで同軸ケーブルで接続していたBTSと親局装置の光ファイバ接続を可能とする光拡張ユニットを併せて開発した。光拡張ユニットはBTS、親局装置それぞれに設置し、光拡張ユニット間は1本の光ファイバ伝送路により接続する。この伝送路には、波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）技術を用い、移動局と基

表2 MOF主要諸元

	下り回線（基地局→移動機）	上り回線（移動機→基地局）
伝送周波数帯域	810～818MHz 1487～1491MHz 2130～2150MHz	940～948MHz 1439～1443MHz 1940～1960MHz
伝送波数	W-CDMA：4波 PDC：16波（800MHz帯）+8波（1.5GHz帯）	
回線利得	W-CDMA：25dB PDC：3dB	0dB
信号対雑音比	W-CDMA：45dB／4MHz以上 PDC：60dB／21kHz以上	W-CDMA：40dB／4MHz以上 PDC：60dB／21kHz以上
歪	-45dBc以下	-56dBc以下
光ファイバ伝送距離	最大20km（長距離MOF、拡張型MOF光拡張ユニット間） 最大2km（高出力MOF、拡張型MOF親局装置～子局装置）	
光ファイバ種別	1.3μm零分散シングルモードファイバ	
電源電圧	DC-57V～40.5V, AC100V±10%	



写真5 高出力MOF (例)

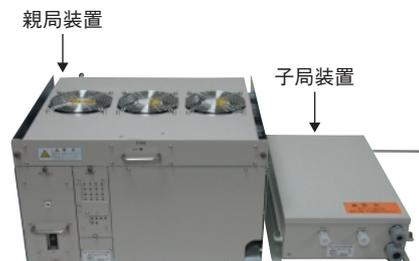


写真6 長距離MOF (例)



写真7 拡張型MOF (光拡張ユニット+高出力MOF) (例)

地局間の上下回線のRF信号の他に監視制御信号も重畳している。子局装置ごとに伝送路を個別に用意する場合に比べて、伝送路本数は数十分の一となり、ランニングコストの削減が図られている。

6. あとがき

FOMAエリアを早期・経済的に構築するために開発した無線基地局関連装置について、その導入エリアと各装置の特長について述べた。今回紹介したBTSは、2002年より、都市部向けの4キャリア6セクタBTS、郊外エリア対応の2キャリア1セクタBTS、ルーラルエリア対応の高出力1キャリア1セクタBTSと順次導入されており、導入エリアのトラヒックに応じた装置選択を可能としている。また、屋内エリアの充実を図るため、2003年から低出力1キャリア1セクタBTS、高出力MOF、長距離MOF、拡張型MOFと順次導入されており、屋内エリア設備構築コスト、ランニングコストを削減している。今後も、トラヒック需要、新サー

ビスに対応しながら、さらなるコスト削減を目指して無線基地局関連装置の開発を進めていく。

文 献

- [1] 尾上, ほか: “IMT-2000サービス特集(2) 無線アクセスネットワーク技術,” 本誌, Vol. 9, No. 3, pp.6-15, Oct. 2001.
- [2] 3GPP TS25.212 V3.11.0, Sep. 2002.
- [3] H. Girard and K.Feher: “A New Baseband Linearizer for More Efficient Utilization of Earth Station Amplifiers Used for QPSK Transmission,” IEEE Jour. on Selected Areas in Communi., Vol.SAC-1, No. 1, pp. 46-56, 1983.
- [4] Y. Ito et al: “Radio on Fiber System for Triple Band Transmission in Cellular Mobile Communication,” MWP 2000, TU1.2., pp. 35-38, 2000.

用 語 一 覧

AMP : AMPlifier (送信電力増幅部)	LNA : Low Noise Amplifier (低雑音増幅器)
ATM : Asynchronous Transfer Mode	LSI : Large Scale Integration circuit (大規模集積回路)
BB : Base Band (ベースバンド信号処理部)	MDE : Modulation and Demodulation Equipment (変復調装置)
BPF : Band Pass Filter (受信用周波数帯域フィルタ)	MOF : Multi-drop Optical Feeder (RF光伝送装置)
BTS : Base Transceiver Station (無線基地局装置)	MTBF : Mean Time Between Failure (平均故障間隔)
DC : Direct Current (直流)	OA-RA : Open Air Receiver Amplifier (屋外受信増幅器)
DSP : Digital Signal Processor	OA-RA-SC : Open Air Receiver Amplifier Supervisory Controller (屋外受信増幅器監視制御装置)
DUP : DUplexer (送受信周波数共用器)	PCMCIA : Personal Computer Memory Card International Association
FLD-MT : File LoaDer Maintenance Tool (ファイル操作メンテナンスツール)	PDC : Personal Digital Cellular (デジタル携帯電話方式)
FOMA : Freedom Of Mobile multimedia Access	RF : Radio Frequency (無線周波数)
HWY-INT : HighWaY-INTerface (有線伝送路インタフェース部)	RNC : Radio Network Controller (無線ネットワーク制御装置)
IMCS : Inbuilding Mobile Communication System	VP : Virtual Pass (仮想パス)
I-MTT : IMT-2000 Multiprotocol Turn up Test (IMT-2000方式折り返し試験装置)	W-CDMA : Wideband Code Division Multiple Access (広帯域符号分割多元接続方式)
LAN : Local Area Network	WDM : Wavelength Division Multiplexing (波長分割多重)