

# 携帯電話事業者向け 通信エリア拡大システム

Cellular Phone Head End System to Increase Coverage Area

井元 則行 来島 徹 土井 敏則

■ IMOTO Noriyuki

■ KIJIMA Toru

■ DOI Toshinori

東芝は従来、2 GHz帯携帯電話システムの通信エリア拡大を目的として、ROF (Radio Over Fiber) システムやブースタアンプを供給してきた。一方、総務省は2005年11月に、携帯電話市場の活性化を目的として、12年ぶりに新たに3事業者の参入を認定した。新規参入の1事業者に対して2 GHz帯を、2事業者について新たな1.7 GHz帯の割当てが決定された。

これに応じて当社は、新規周波数帯のエリア拡大をサポートするために、従来の2 GHz帯に加え、ROFシステムやLPA (Linear Power Amplifier), TMA (Tower Mounted Amplifier) などの1.7 GHz帯に対応したRF (Radio Frequency) ヘッドエンドシステムを開発した。

Toshiba has supplied a radio over fiber (ROF) system and booster amplifiers so that the communication area can be expanded for the 2 GHz-band cellular phone system. On the other hand, the Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications newly approved three mobile communication carriers in November 2005 after an interval of 12 years, to activate the cellular phone market. The ministry decided to additionally allocate the 2 GHz band to one of the newly entering carriers, and a new 1.7 GHz band to the other two new entrants.

To support expansion of the coverage of the new and existing frequency bands, we have developed a radio frequency (RF) head end system corresponding to the 1.7 GHz band including such devices as a linear power amplifier (LPA) and tower mounted amplifier (TMA) in addition to the ROF system for the 2 GHz band.

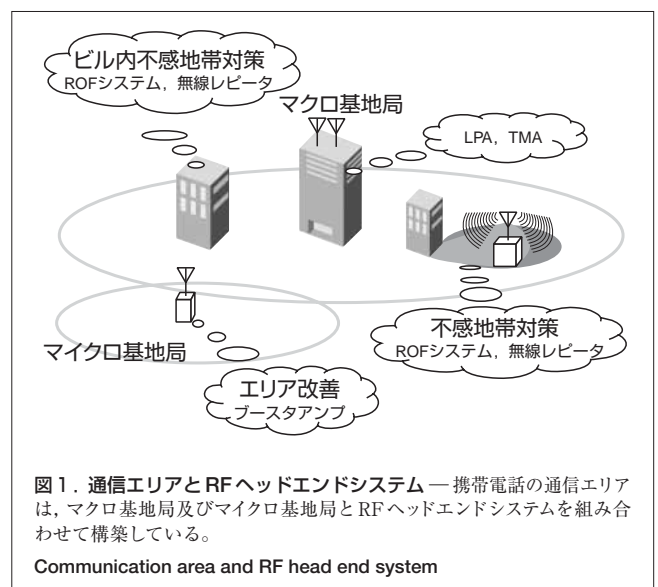
## 1 まえがき

東芝は、既存の2 GHz帯の携帯電話事業者向けに、ROF (Radio Over Fiber) システムを提供している。屋内などの不感地帯、あるいは郊外地域などのエリアを基地局だけで構築すると、膨大な設備コストや運用コストが必要になってしまう。このため、ショッピングセンター、地下街及び高層ビルなどの屋内の不感地帯を解消することを目的として、基地局のアンテナフィードを延伸し、RF (Radio Frequency) 信号を増幅して複数のアンテナに分配するROFシステムが用いられてきた。また、トラフィックが少ない郊外エリアでは、基地局にブースタアンプを併用し、効率よくエリア拡大を図っている。

当社は、既にこれらの2 GHz帯のROFシステムやブースタアンプを納入しており、ここで得た携帯電話システムのエリア拡大のノウハウをもとに、新規に割り当てられた1.7 GHz帯に対応したRFヘッドエンドシステムを開発した。

## 2 RFヘッドエンドシステムの概要

携帯電話システムの無線基地局は、通話チャンネル容量が多くカバーするエリアが広いマクロ基地局と、通話チャンネル容



量が少なくカバーするエリアは狭いものの小型で設置が容易なマイクロ基地局に分類される。携帯電話の通信エリアは、図1に示すように、これらの基地局を使い、必要なトラフィック量やカバーするエリアの大きさに合わせて構築されている。

RFヘッドエンドシステムは、ROFシステム、ブースタアンプ、無線レピータ、送信増幅部(LPA: Linear Power Amplifier),

及び塔頂増幅部 (TMA : Tower Mounted Amplifier) から構成される。これらの装置を基地局と組み合わせることで、コストパフォーマンスの良い、エリア拡大が可能となる。

ROFシステムは、基地局のアンテナ端子のRF信号を低損失な光ファイバで伝送するシステムで、屋内のエリアカバーや屋外の不感地対策に使用されている。

ブースタンプは、基地局の信号を増幅する装置で、ROFシステムのように長距離の伝送を必要としない場合や、マイクロ基地局と組み合わせて、マイクロ基地局のエリア拡大に使用されることもある。

無線レピータは、無線信号を増幅して相手装置に送信する装置で、基地局から信号を端末に、端末から信号を基地局に送信している。干渉のため出力をあまり大きくできないため、大きなエリアは構成できないが、ROFシステムやブースタンプのように基地局と有線で接続する必要がないため、経済的な運用が可能である。

LPAは、基地局から端末へ送信するダウンリンク信号を増幅する装置であり、マイクロ基地局に使用されている。LPAは、少ない消費電力で信号をひずみなく伝送するために、高い電源効率とリニアリティが要求される。このLPAに使用されている技術は、ブースタンプ、無線レピータ、ROFのリモート装置(高出力タイプ)にも適用されている。

TMAは、端末が送信し、基地局のアンテナで受信したアップリンク信号を増幅する装置である。アンテナフィードの損失が大きくなると、受信レベルが低下し、エリアが狭くなるが、TMAをアンテナの近くに設置することで、エリアを

改善することができる。

マクロ基地局の構成を図2に示す。携帯電話の基地局は、コアネットワーク(CN : Core Network)と接続され、データの変復調をする変復調部(MD : Moduration Demoduration equipment), LPA及びTMAから構成される。都市部では、早く広いエリアをカバーするため、マクロ基地局が最初に設置される。

そこで、まず、マクロ基地局のエリア拡大に必要なキーコンポーネントであるLPAとTMAを開発した。

### 3 LPA

第3世代の携帯電話の変調方式として使用されるCDMA (Code Division Multiple Access)方式は、平均電力とピーク電力の比が大きく通常8 dB以上ある。この信号を増幅するためには、増幅器の出力レベルを飽和レベルからバックオフと呼ばれるレベルだけ余裕を持たせて使用する必要があるが、増幅器の効率低下や、装置の消費電力増大、装置サイズが大きくなるという問題があった。

今回開発したLPAは、ひずみ補償方式にフィードフォワードを使用し、フィードフォワードのメインアンプ部分に効率改善のためドハティアンプを使用し、バックオフを確保した動作点において効率を高めている。

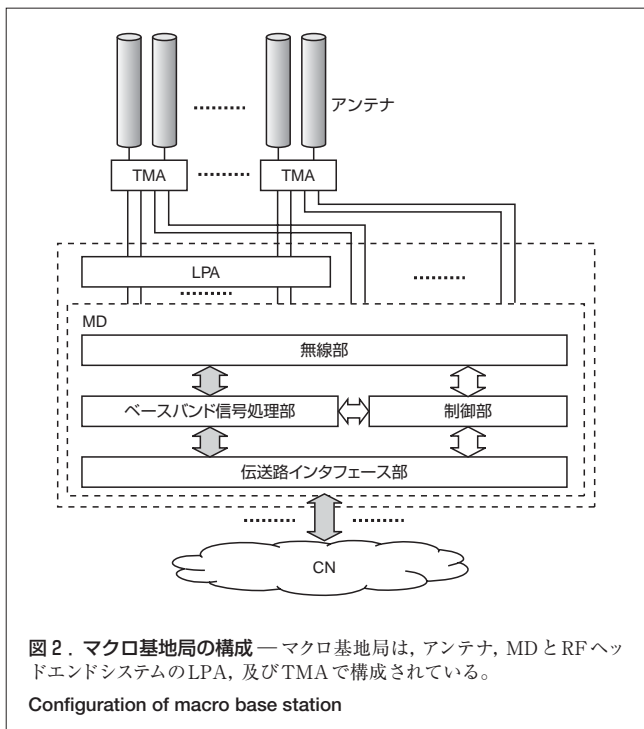
ドハティアンプとフィードフォワードアンプの詳細を、以下に述べる。

#### 3.1 ドハティアンプ

ドハティアンプの構成と動作例を図3に示す。ドハティアンプはキャリアアンプとピークアンプと呼ばれる2個のFETを並列に接続して構成される。通常の並列増幅器は、2個のFETのゲートバイアス条件を同じにして使用するが、ドハティアンプでは、キャリアアンプはAB級又はB級にバイアス設定し、ピークアンプはC級にバイアス設定する。

入力レベルが低いとき、ピークアンプはC級にバイアス設定しているのでオフ状態で電力を消費せず、キャリアアンプにより入力信号が増幅される。入力レベルが一定値以上になると、キャリアアンプは飽和し始めるが、ピークアンプがオン状態となり、キャリアアンプの飽和による利得低下分を補うように動作する。このように、ドハティアンプは平均電力とピーク電力の比が大きな信号に対して、信号レベルが高くなったときだけピークアンプが動作するので、高効率に動作することができる。

1.7 GHz帯で動作させたドハティアンプの特性例を図4に示す。W-CDMA (Wideband CDMA) 信号1波を入力したとき、出力電力60 W (47.8 dBm)において36%のドレイン効率を得ている。同一のFETをドハティアンプとしないときの効率は22%であり、ドレイン効率を約1.6倍に改善している。



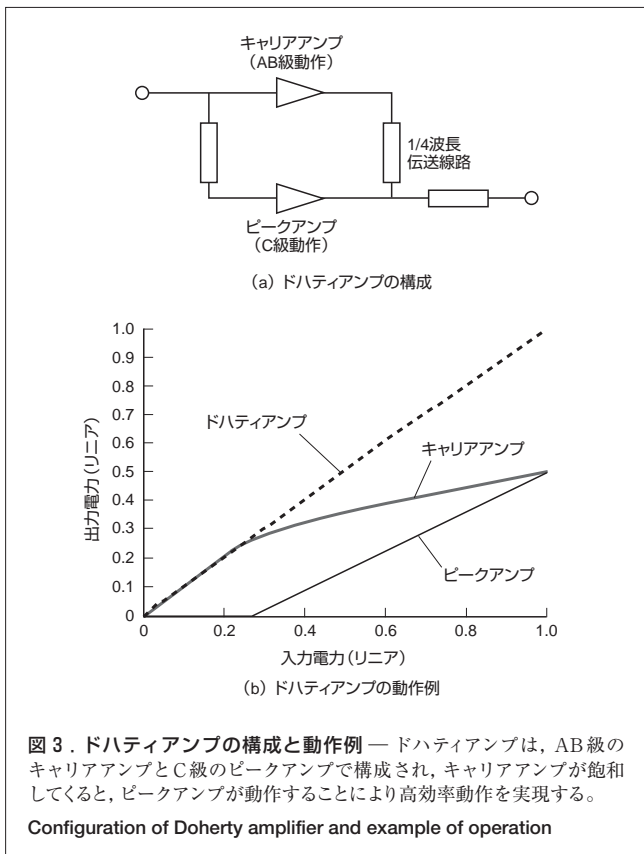


図3. ドハティアンプの構成と動作例 — ドハティアンプは、AB級のキャリアアンプとC級のピークアンプで構成され、キャリアアンプが飽和してくると、ピークアンプが動作することにより高効率動作を実現する。

Configuration of Doherty amplifier and example of operation

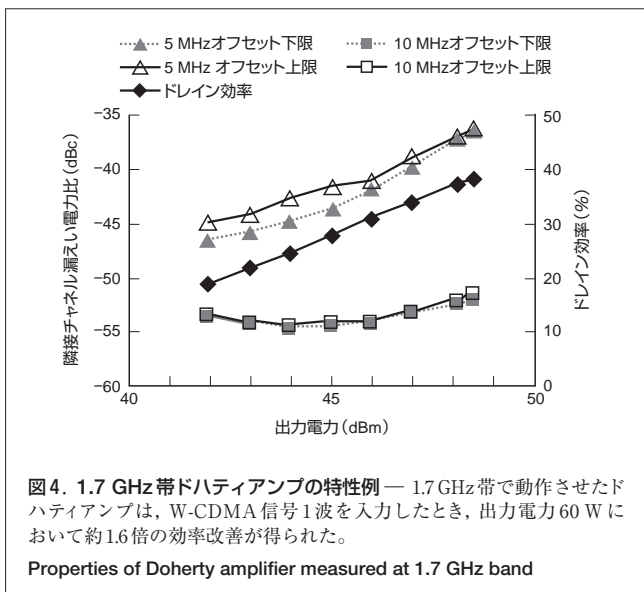


図4. 1.7 GHz帯ドハティアンプの特性例 — 1.7 GHz帯で動作させたドハティアンプは、W-CDMA信号1波を入力したとき、出力電力60 Wにおいて約1.6倍の効率改善が得られた。

Properties of Doherty amplifier measured at 1.7 GHz band

### 3.2 フィードフォワードアンプ

フィードフォワードアンプの構成を図5に示す。

入力信号は方向性結合器で2分配され、一方はメインアンプ側に、もう一方は遅延回路に入力される。メインアンプ出力では増幅器の非線形性により、信号成分以外にひずみ成分が発生する。この一部を方向性結合器で抽出し、遅延回路を通ったひずみのない入力信号を使用して、ひずみ成分

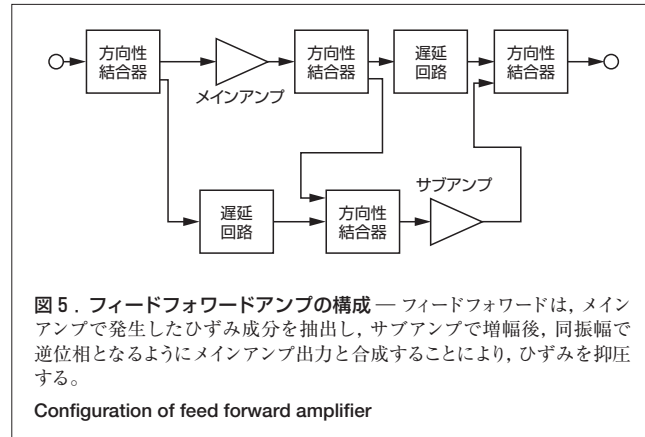


図5. フィードフォワードアンプの構成 — フィードフォワードは、メインアンプで発生したひずみ成分を抽出し、サブアンプで増幅後、同振幅で逆位相となるようにメインアンプ出力と合成することにより、ひずみを抑圧する。

Configuration of feed forward amplifier

だけ抽出する。このひずみ成分の振幅と位相を調整した後、サブアンプで増幅し、出力側の方向性結合でメインアンプの出力とひずみ成分が同振幅で逆位相となるように合成して、ひずみ成分を抑圧する。このようにフィードフォワードアンプは、メインアンプから発生した自分自身のひずみを利用してメインアンプのひずみを抑圧するので、大きなひずみ減衰量を得ることができる

W-CDMA信号2波を入力したときの、ドハティアンプを用いたフィードフォワードアンプのひずみ特性例を図6に示す。

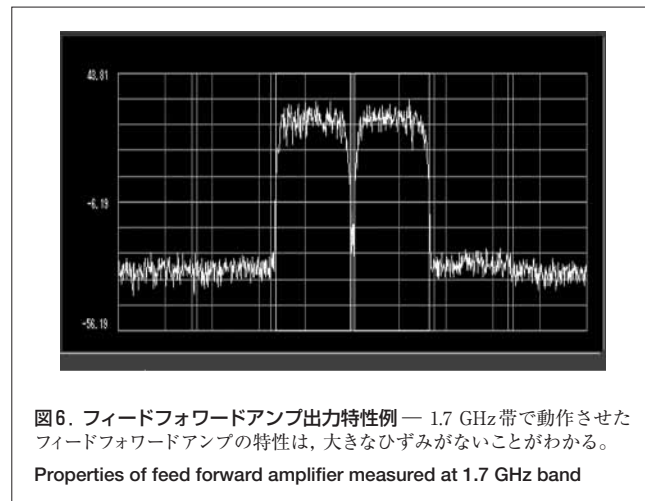


図6. フィードフォワードアンプ出力特性例 — 1.7 GHz帯で動作させたフィードフォワードアンプの特性は、大きなひずみがないことがわかる。

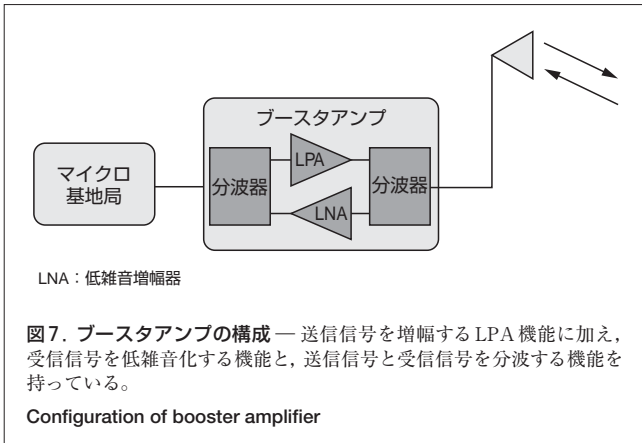
Properties of feed forward amplifier measured at 1.7 GHz band

### 3.3 ブースタアンプ

トラフィックが少ない地域では経済的な観点からマイクロ基地局が用いられているが、同時に送信出力レベルを高くして基地局の通信エリアを拡大したいという要求もある。このソリューションとして、前記のドハティアンプを用いたフィードフォワードアンプを応用したブースタアンプを開発した。

この装置の構成を図7に示す。送信信号を電力増幅するLPA機能に加え、受信信号を低雑音で増幅する機能と、送信信号と受信信号を分波する機能を持っている。

送信出力20 Wのブースタアンプの外観を図8に示す。



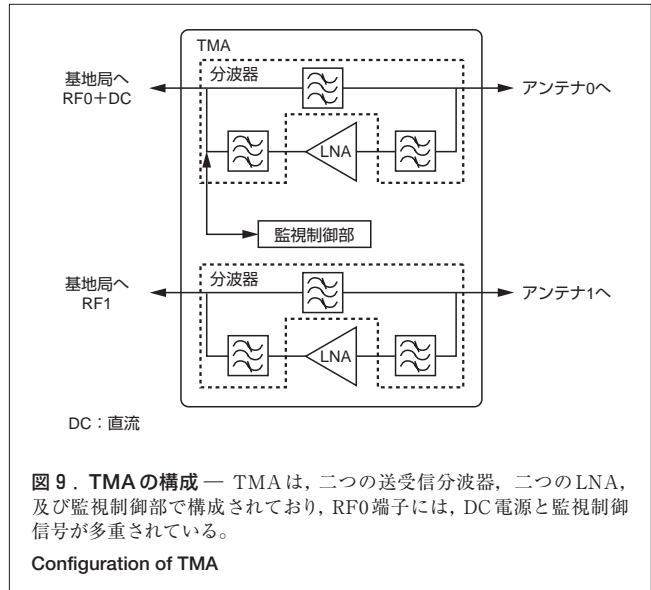
装置は、小型化するためにファンを用いた強制空冷方式を採用し、寸法380×230×420mm(突起部は含まず)を実現している。

## 4 TMA

TMAの構成を図9に示す。TMAは、受信ダイバシティに対応するために、二つの送受信分波器と二つのLNAから構成されている。

TMAは、アンテナ近辺のポールに設置されることから、施工性と信頼性が要求される。そこで、施工性や信頼性を改善するために、できる限り小型化を図った。

また、電源の給電や装置警報をRFケーブルに重畳することで、マクロ基地局との接続ケーブルを減らし、施工性を改善した。



## 5 あとがき

携帯電話システムは、快適で質の高い生活を実現するためのインフラの一つとして期待されており、今回、携帯電話事業者に対する新規周波数帯の割当てによる通信エリア拡大のサポートとして、1.7GHzに対応したRFヘッドエンドシステムを開発した。

今後もシステムの構築が続いていくものと思われるが、当社は、これまでのノウハウを生かして、携帯電話のインフラを効率よく構築する機器を供給していく。



井元 則行 IMOTO Noriyuki

社会システム社 府中事業所 伝送ネットワークシステム部 主務。無線通信システムの開発・設計に従事。  
Fuchu Complex



来島 徹 KIJIMA Toru

社会システム社 府中事業所 伝送ネットワークシステム部 参事。無線通信装置の開発・設計に従事。  
Fuchu Complex



土井 敏則 DOI Toshinori

社会システム社 府中事業所 伝送ネットワークシステム部 主務。無線通信装置の開発・設計に従事。  
Fuchu Complex