

# 携帯電話の不感地帯を解消する ROF リモート基地局

Radio Over Fiber (ROF) Remote Base Station

山本 聖仁 岩谷 洋一 下平 慎一郎

■ YAMAMOTO Seiji

■ IWATANI Yoichi

■ SHIMODAIRA Shinichiro

携帯電話システムは、単なる個人と個人を結ぶ音声通信から、データ通信の適用によるインターネット接続へと発展した。国際標準方式となった第3世代では、動画像を含むマルチメディアデータへの対応が進み、個人の会話や娯楽の道具のみならず、個人認証を伴った経済社会の取引としてのアプリケーションへ展開が進んでいる。このように携帯電話システムが発展するに伴い、ビジネス拠点が増える高層ビルや地下街においても、携帯電話が安定な品質で接続できることが必要となってきている。

東芝は、このようなニーズに対するソリューションとして、光ファイバを使用して無線信号を中継し、電波不感地帯を解消するROF (Radio Over Fiber) システムを開発した。

Mobile telephone systems started to provide person-to-person voice communication in the early 1990s. In the following generation, data communications via Internet connection were offered and the number of mobile telephone subscribers increased exponentially. For enhanced mobile communication, the third-generation (3G) system has now been standardized by the International Telecommunications Union (ITU), making multimedia services including streaming video available. New application such as electronic commerce with personal identification are also currently emerging on the business scene.

In view of the importance of maintaining high-quality communications in tall buildings or underground arcades, Toshiba has developed optical distribution systems for mobile telephone systems so as to enable users to communicate anywhere and anytime.

## 1 まえがき

ROF (Radio Over Fiber)とは無線信号で光信号を強度変調し、光ファイバで伝送する技術である。光ファイバは、同軸ケーブルに比べ低損失で広帯域なため、高周波の無線信号を数km先の遠隔地まで伝送することができる。このほかに、光ファイバは細径で軽量、及び他の信号からの電磁誘導を受けないというメリットがあり、屋内の伝送にも適用される。

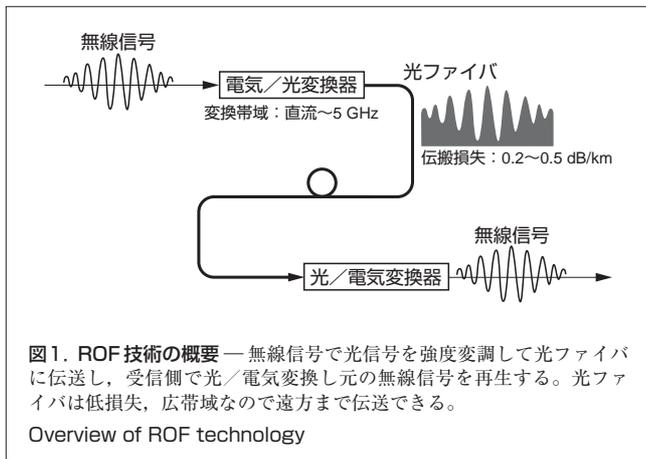
ROF技術の概要を図1に示す。ROFは1990年代の前半

から、CATV (有線テレビ) 幹線系など限られた分野でアナログ信号を伝送するために使用されていた。近年、電気/光変換器として使用するLD (レーザダイオード) の高出力化と低価格化により、伝送特性の向上とシステムコストの低減が進み、様々な分野で適用が始まっている。以下に、携帯電話システムへのROF技術の適用について述べる。

## 2 携帯電話システムへの適用

### 2.1 電波不感地帯対策

都心部には、多数の地下街や高層ビルが建設されている。これらの場所では、地上ユーザーを対象として設置された携帯電話基地局の電波は届かず、電波不感地帯を生じる。しかし、地下街や高層ビルには多くのビジネス、あるいは娯楽の拠点が集まる傾向が強く、携帯電話の必要性が高くなっているため、この対策としてROF技術が適用される。ビル内の不感地帯対策例を図2に示す。ビル内の1室に携帯電話基地局を設置し、そこから各階に設置されたアンテナまで無線信号を光ファイバで伝送し、各階へ無線電波を放射する。この場合、各階を接続する多数の配線が必要になるが、細径で軽量の光ファイバは、既存のスペースを利用して配線することができる。



### 3 第3世代へのROF技術の適用

第3世代では2GHz帯が使用されており、第2世代に対して周波数が高くなっている。無線信号は、周波数が高くなると空間で伝搬する際の損失が大きくなり、かつ直進性が強まるため、ビルが立ち並ぶ都心部では電波が遮られ不感地帯が多く発生する。屋内でも、オフィスビルの中には電波の伝搬を妨げる障害物が多く、多数のアンテナを設置する必要がある。

現実のオフィス環境を想定すると、同一階でもエレベーターホールや会議室などにより電波の伝搬が遮られるため、**図4**に示す環境では最低でも4か所にアンテナを設置する必要がある。

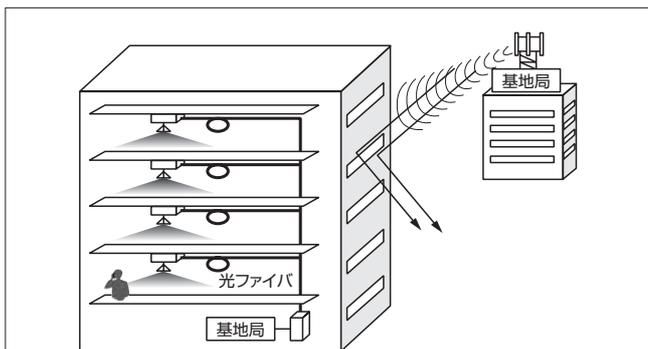


図2. ビル内の不感地対策例—光ファイバで各フロアのアンテナまで無線信号を伝送し、電波の届かないエリアをカバーする。

Distribution of radio signal in tall building

## 2.2 基地局設置条件の緩和

携帯電話インフラは、日本全国をカバーする場合、1万局以上の基地局を設置する必要があると言われている。そのほとんどは携帯電話事業者が所有する建物内に設置するのではなく、オーナー（アンテナを設置するのに適した場所を所有する）の宅内に設置するという事情がある。したがって、基地局の設置には、オーナーの事情に合わせて様々な設置形態に対応することが求められる。

ROFの適用例を**図3**に示す。携帯電話事業者が所有するセンター局に基地局を設置し、オーナー宅内に設置された子装置（リモート）局まで光ファイバで伝送する。リモート局では、再生した無線信号をアンテナからエリア内の各ユーザーへ供給する。この形態では、基地局をオーナー宅内に設置する必要がないため、設置スペースと電力消費が抑えられ、オーナー宅における設置条件を緩和できる。更に、基地局は携帯電話事業者が所有するビル内に設置できるため、保守性も向上する。

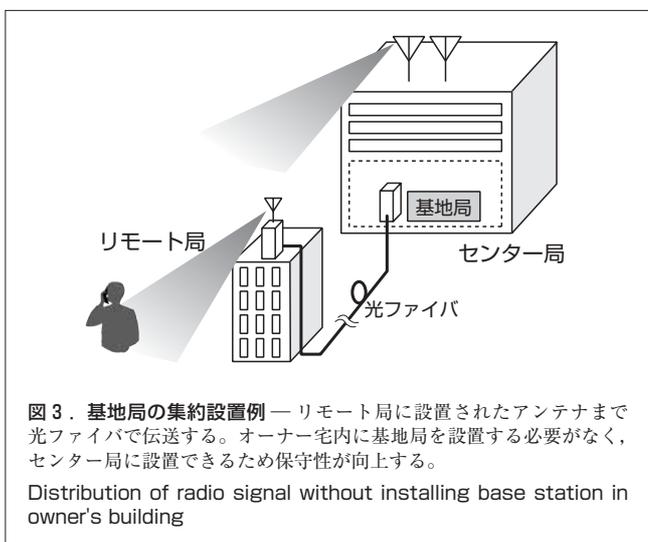


図3. 基地局の集約設置例—リモート局に設置されたアンテナまで光ファイバで伝送する。オーナー宅内に基地局を設置する必要がなく、センター局に設置できるため保守性が向上する。

Distribution of radio signal without installing base station in owner's building

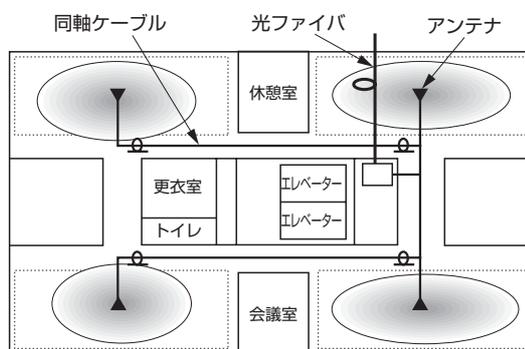


図4. フLOOR内での設置例—別のフロアからは光ファイバで伝送し、同一フロア内では同軸ケーブルを使用して無線信号を分配する。

Combination of optical and coaxial distribution

このように多数のアンテナの設置を考えた場合、必ずしもすべてのアンテナ端まで光ファイバにより分配する必要はなく、各階へは光ファイバにより分配、同一フロア内においては同軸ケーブルにより分配するというハイブリッド構成を採用する。今回開発したROFシステムは、このようなハイブリッド構成へ適用することができる。

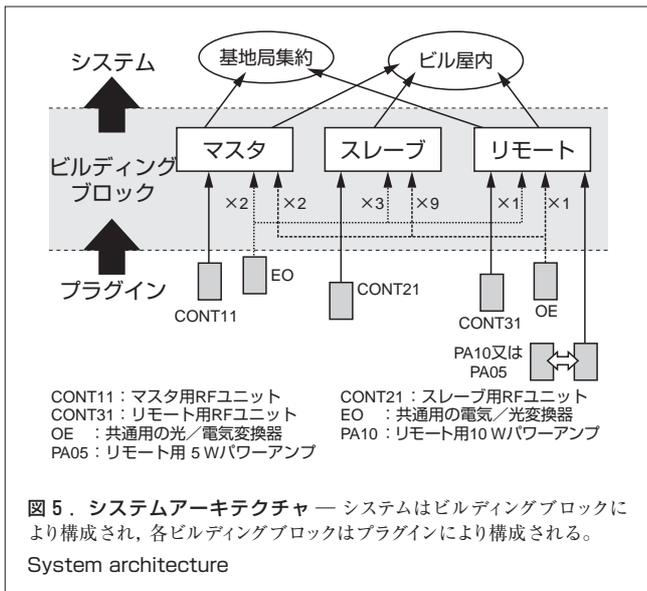
### 4 ROF リモート基地局

開発したROF リモート基地局の概要を次に述べる。

#### 4.1 システムの特長

開発したシステムは、屋内と屋外の不感地帯対策を統一のプラットフォーム上で提供することができる。

システムは、親装置（マスタ）、中継装置（スレーブ）、子装置（リモート）の三つのビルディングブロックを組み合わせることで構築し、マスタ、スレーブ、リモートに実装するプラグインの数を変更することで、様々なシステム容量の実現を可能とする。更にリモートは、無線出力の異なるパワーアンプを互換収容することで、屋内対策では同軸ケーブルで接続され



るアンテナ数を、また、屋外対策では対象エリアに応じたシステムを構築することができる(図5)。

#### 4.2 システムの構成例

システムの構成例を図6に示す。

**構成例 1** 基地局の信号をマスタからリモートへ光伝送し、屋外エリアをカバーする。基地局を集約して設置することを可能とする。

**構成例 2** ビルの不感地対策として、マスタ、スレーブ、リモートを配置する。基地局の信号を、各フロアまで光伝送した後、同軸ケーブルで複数のアンテナに分配する。

**構成例 3** ビルの不感地対策として、スレーブとリモートをビル内に設置する。マスタを遠隔地に設置された基地局と共に設置し、基地局からの信号をビル内に分配する。

#### 4.3 技術的な特長

システム特性を確保するためのポイントは、光伝送部での

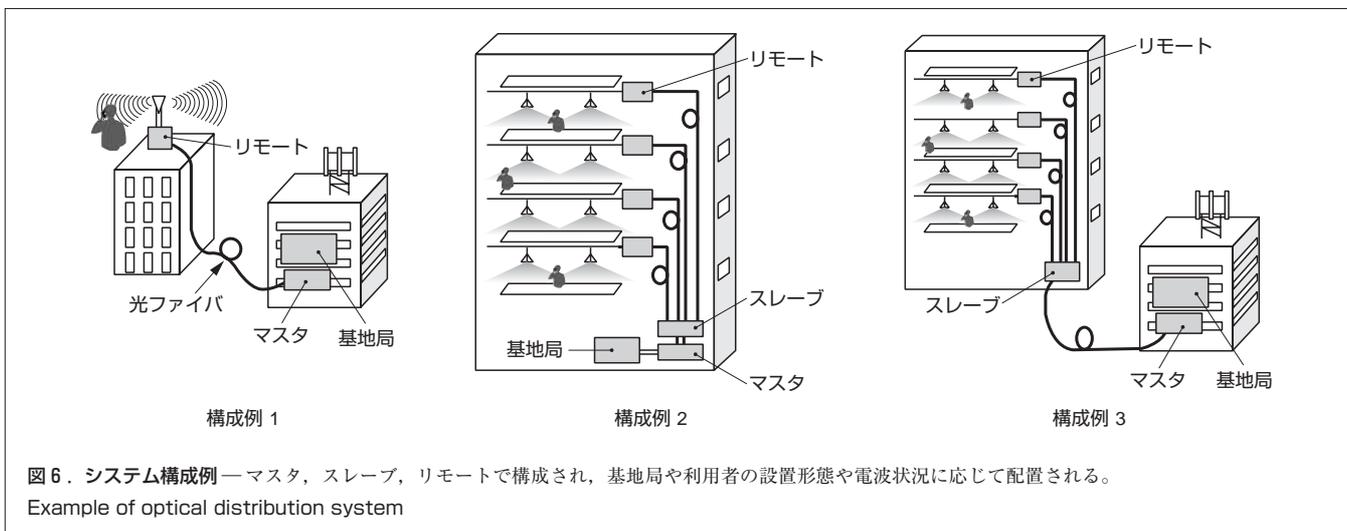
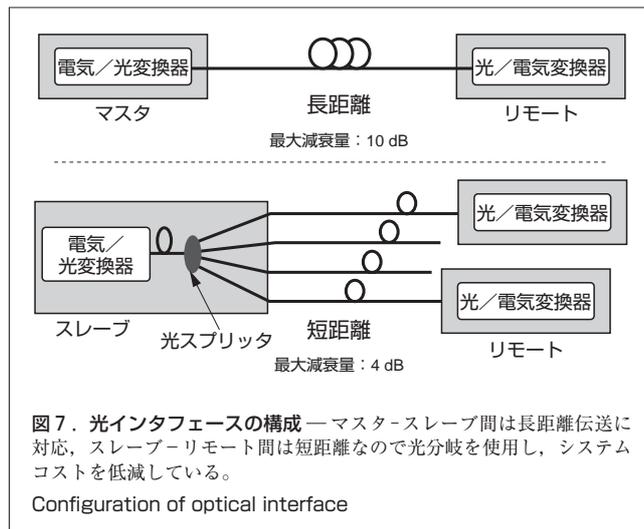
品質低下を抑えることと、アンテナから電波を出力するパワーアンプで発生するひずみを抑えることにあり、その各々について述べる。

#### 4.3.1 光伝送技術

光伝送特性は光/電気変換器の入力レベルに依存し、入力レベルが低下すると雑音特性が劣化する。今回のシステムでは、光源として高出力のDFB LD(分布帰還型レーザダイオード)を採用し、長距離伝送時も光入力レベルの低下を抑えた。更に、低ひずみ受光素子とフロントエンドを組み合わせることで、短距離時にも光減衰器などを使用せずに直結可能とした。スレーブ-リモート間についてはビル内など光伝送路の損失が小さい領域で使用するため、光スプリッタによる分岐を使用し、一つの光源で複数のリモートに信号を供給してシステムコストの低減を図った(図7)。

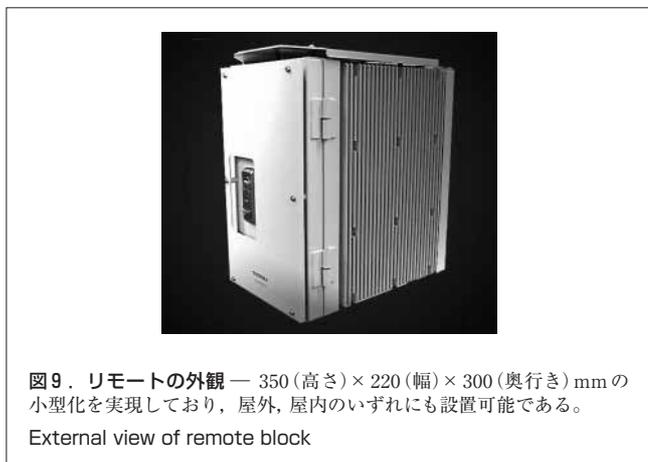
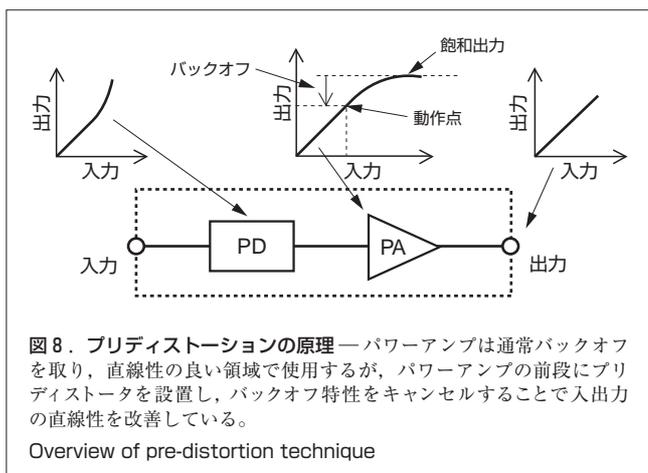
#### 4.3.2 低ひずみパワーアンプ技術

通常、増幅器(PA)はひずみ特性を考慮して、飽和出力からバックオフと



呼ぶマージンを設けて動作点を決定する。バックオフが大きいとPAの効率が低下するため、装置の消費電力が増えるだけでなく、放熱機構が必要となり装置サイズが大きくなる。

今回の装置では、プリディストーション方式を採用し、パワーアンプの効率を改善した。プリディストーション方式は、PAの前段にPAのひずみと逆特性を持ったプリディストータ(PD)を置いてひずみをキャンセルし、全体の入出力特性としてひずみ性能を改善する。この動作を図8に示す。このプリディストーションを採用することで消費電力を抑え、リモートを図9に示す小型筐体(きょうたい)に実現した。



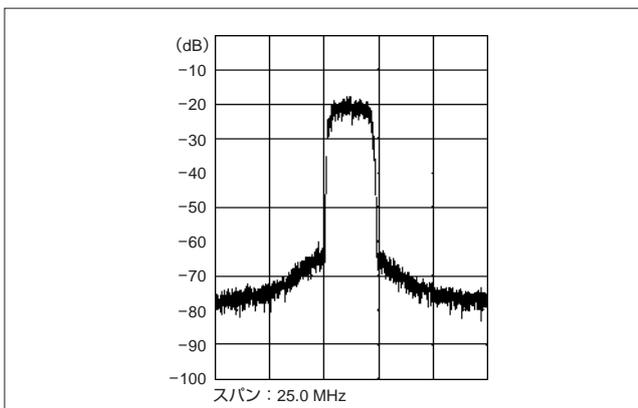
#### 4.4 システム特性

ROFシステムの主な仕様を表1に示す。システムの特性は主に隣接チャンネル漏洩(ろうえい)電力により評価され、ROFシステム伝送路のこの仕様を満足する必要がある。

ROFシステムの入力に2 GHzのW-CDMA信号を1キャリア接続し、マスタースレーブ間に10 dB、スレーブーリモート間に4 dBの光損失を加え、アンテナ出力端子で測定したスペクトラム波形を図10に示す。この条件でも隣接チャンネル漏洩電力を十分満足する特性が得られている。

表1. ROFシステムの主な仕様  
Specifications of ROF system

項目	仕様
周波数範囲	下り方向: 2,110~2,170 MHz 上り方向: 1,920~1,980 MHz
占有帯域幅	5 MHz以下
隣接チャンネル漏洩電力	±5 MHz 離調: -45 dB/3.84 MHz以下 ±10 MHz 離調: -50 dB/3.84 MHz以下
出力レベル	5 W時: 37 dBm以上 10 W時: 40 dBm以上
最小受信感度	-107 dBm以下
最大光ファイバ長	10 km
環境条件	屋内: 0℃~40℃ 屋外: -10℃~50℃



## 5 あとがき

携帯電話システムは、新たな価値を創造しながら発展を続けると考えられる。不感地対策として導入されるROFシステムにより、いつでも、どこでも使える携帯電話システムの構築に貢献していきたい。



山本 聖仁 YAMAMOTO Seiji

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 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 Operations - Social Network & Infrastructure Systems



岩谷 洋一 IWATANI Yoichi

社会ネットワークインフラ社 府中社会ネットワークインフラ工場 伝送ネットワークシステム部。無線通信システムの開発・設計に従事。  
Fuchu Operations - Social Network & Infrastructure Systems



下平 慎一郎 SHIMODAIRA Shinichiro

東芝放送ネットワークエンジニアリング(株) 伝送ネットワークエンジニアリング部 伝送技術担当。無線通信システムの開発・設計に従事。  
Toshiba Broadcasting & Network Engineering Corp.