

携帯電話事業者向け 屋内用通信エリア拡張システム

Distributed Antenna System for Indoor Coverage of Mobile Phone Base Transceiver Stations

山崎 泰 吉野 忠行 正木 克実

■ YAMASAKI Yutaka ■ YOSHINO Tadayuki ■ MASAKI Katsumi

携帯電話は第3世代から3.5世代へとデータの高速化が進み、サービス内容が音声を中心としたものからWebサイトの閲覧など、データ通信を中心としたものへと変化してきている。その結果、利用者のニーズは屋外での用途に加え、屋内での用途へと拡大してきた。

東芝は、従来から、携帯電話の通信エリアをショッピングセンターや地下街など屋内の電波が届きにくい場所へ拡張するシステムを携帯電話事業者向けに供給してきたが、今回、屋内通信エリアの大規模化に加え、更に安定した通信品質や小型化を実現した屋内用通信エリア拡張システムを開発した。

As mobile phone services advance from the 3rd generation to the 3.5th generation, data transmission rates are increasing and service contents are changing to predominantly data communication applications such as website browsing. Users' requirements are consequently expanding, particularly to indoor use anytime and anywhere.

Toshiba has been supplying a variety of indoor coverage systems that distribute a base transceiver station signal to antennas for mobile phone operators. We have now developed a distributed antenna system that is capable of extensively expanding indoor service areas while at the same time realizing greater stability of quality as well as downsizing.

1 まえがき

携帯電話の通信エリアは、鉄塔やビル上に設置されたアンテナに無線基地局装置（以下、基地局と略記）を接続して電波を放射することにより、面的に構築されている。しかし、電波の特性から、地下やビル内部などの屋内へは浸透しにくいいため、屋外の基地局からだけでは屋内すべてをカバーすることはできない。

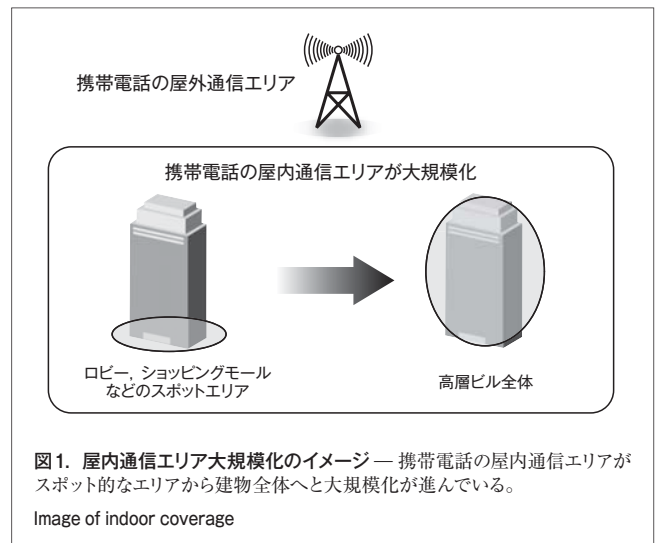
この問題を解決するため、屋内にも基地局を設置して、その基地局の信号を光ファイバに乗せて長距離伝送し、複数のアンテナへ分配するエリア拡張システムが利用されており、東芝はこれまでも、この屋内用通信エリア拡張システムを携帯電話事業者向けに提供してきている。

屋内用に通信エリアを拡張すると次のメリットが得られ、特に(2)と(3)の効果は、近年の携帯電話データ通信にとって重要な役割を果たしている。

- (1) 電波の届きにくい場所での通話・通信
- (2) 通信品質が安定することによる高速化
- (3) ビル内など局所的に集中する通信データの収容

屋内通信エリアの構築範囲は、利用者のニーズが多様化することにより、図1に示すようにロビーなどのスポット的なエリアから、オフィス階など建物全体を隅々までカバーするものへと大規模化が進んでいる。

このようなニーズに応えるため、当社は、通信エリアの拡大、



通信品質の改善、及び施工性の改善をコンセプトとした屋内用通信エリア拡張システムを開発した。

2 屋内用通信エリア拡張システムの概要

屋内通信エリアを構築するには、基地局自体をビルなどに複数台設置して屋内をカバーする方法が考えられるが、数十～数百を超える場所をカバーするには、機器コストやネットワークコストの増大を招き現実的ではない。今回開発した屋内用

通信エリア拡張システムでは、基地局の信号を長距離かつ多数に分配することで、機器コスト低減とネットワークコスト低減の両方を実現している。

屋内用通信エリア拡張システムの構成を図2に示す。

このシステムでは、屋内通信エリアの大規模化に対応するため、基地局信号の分配数を256とし、屋内に配置した256か所のアンテナから電波を放射することが可能な構成とした。

システム構成は、基地局の信号を光に変換して多数に分配する親局装置、親局装置からの信号を更に分配する中継装置、中継装置からの信号を所定の出力で送信する子局装置が基本となる(図3)。更に、基地局を屋内通信エリアではなく局舎内に設置して、遠隔から屋内をカバーする長距離光伝送装置も用意される。

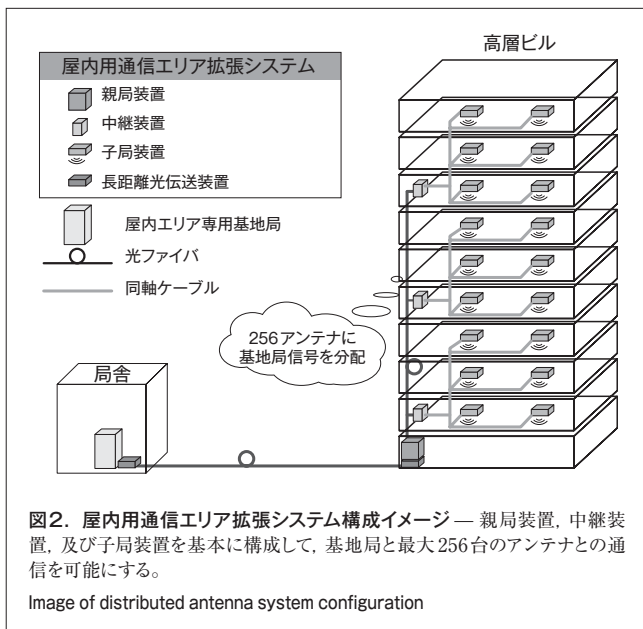


図2. 屋内用通信エリア拡張システム構成イメージ— 親局装置, 中継装置, 及び子局装置を基本に構成して, 基地局と最大256台のアンテナとの通信を可能にする。

Image of distributed antenna system configuration

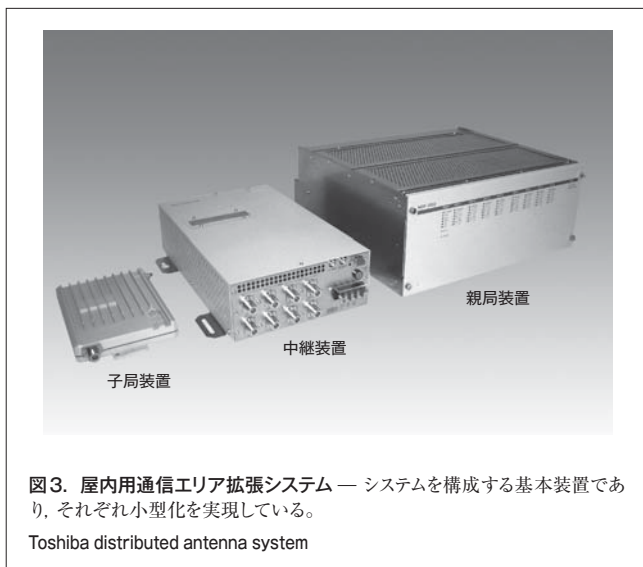


図3. 屋内用通信エリア拡張システム — システムを構成する基本装置であり、それぞれ小型化を実現している。

Toshiba distributed antenna system

このような構成とすることで、大規模な屋内でも電波が均一に届くようになり、安定した品質で通話・通信することが可能となる。

大規模な屋内用の通信エリア拡張システムを構成するためには、次のような技術課題がある。

- (1) 信号分配数の増大による上り回線の無線特性の改善
- (2) 装置数の増大による施工性の改善(装置の小型化)
- (3) 長距離伝送時の無線特性の改善

このシステムではこれらの課題解決を図っており、その技術的なポイントを以下に述べる。

3 上り回線の信号対雑音比特性の改善

複数の子局装置から成る通信エリア拡張システムの場合、子局装置の数が増えるほど、装置内で発生する雑音電力も増加する。この結果、基地局装置に入力される信号の雑音電力も増加し、信号対雑音比(CNR: Carrier to Noise Ratio)特性が悪くなる。

雑音電力が大きい場合、所望のCNR特性を得るためには、アンテナ入力における携帯端末からの受信信号レベルも大きい必要があり、結果として、アンテナがカバーするエリアが小さくなってしまいます。このため、子局装置の数が多い大規模なシステムの場合、アンテナがカバーするエリアを確保するためには、装置で発生する雑音電力をできる限り小さくする必要があります。

3.1 従来システムのCNR特性

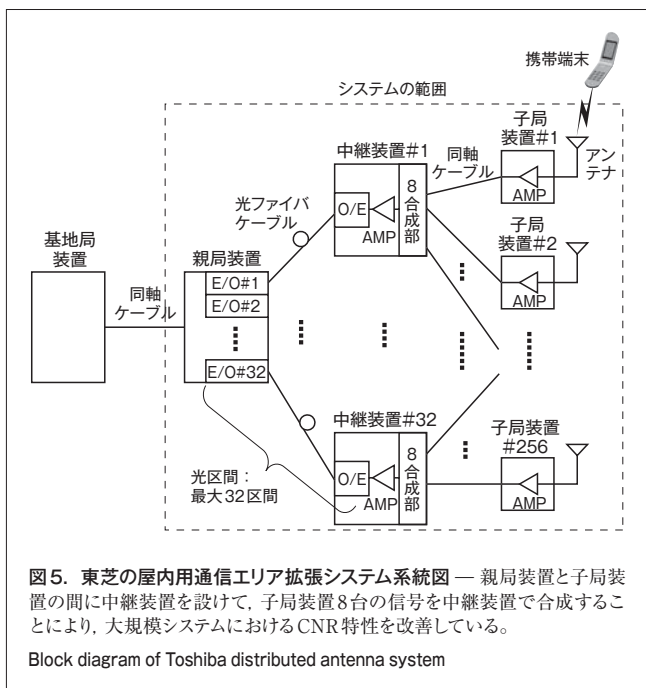
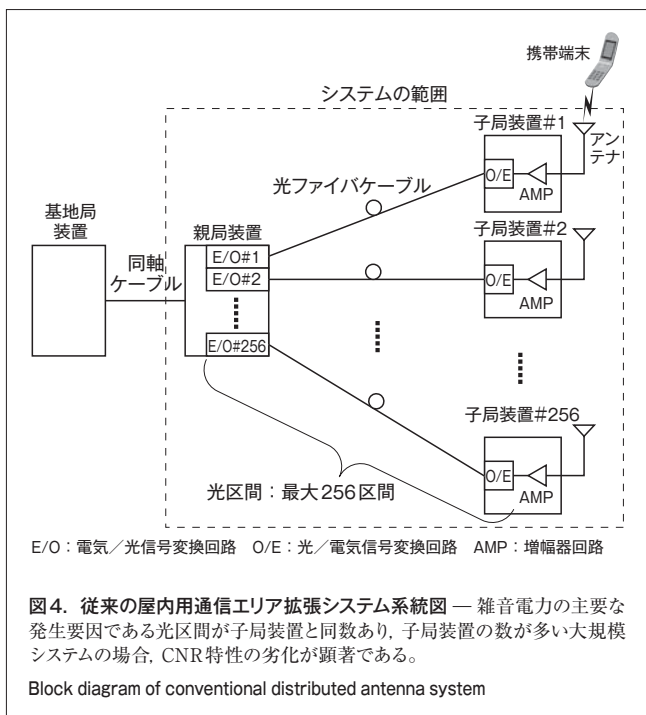
光ファイバを使用した屋内用の通信エリア拡張システムの場合、雑音電力の主な発生要因は、光区間(電気/光信号変換回路及び光/電気信号変換回路)で発生する雑音である。従来のシステムでは、親局装置と子局装置を光ファイバで接続する構成(図4)であったため、子局装置と同じ数の光区間が必要であり、大規模なシステムの場合、雑音電力の増加、すなわちCNR特性の劣化が顕著であった。

3.2 CNR特性改善のためのシステム構成

このシステムでは、CNR特性の改善を目的として、親局装置と子局装置の間に中継装置を設けた構成としている(図5)。中継装置は最大8台の子局装置と同軸ケーブルで接続され、子局装置8台の上り回線(携帯端末→基地局方向の回線)の電気信号を合成した後、電気/光信号変換回路で光信号に変換して親局装置に送出する。このため、主な雑音の発生要因である光区間の数が従来装置の1/8となり、CNR特性を大幅に改善している。

3.3 CNR特性の改善の効果

子局台数が32台の場合、従来システムに対して約6 dBの改善を実現した。また、従来のシステムで子局装置32台のCNR特性は、このシステムでは、子局装置128台のCNR特性と等しい。このため、従来装置に対してこのシステムでは4倍



の数の子局装置を接続でき、大規模なシステムでもCNR特性がよく、アンテナがカバーするエリアを確保することが可能になっている。

4 装置の小型化

従来のシステムでは、256子局の大規模構成の場合、親局装置は高さ約1,800 mmの19インチラックの約半分のスペースが必要であった。

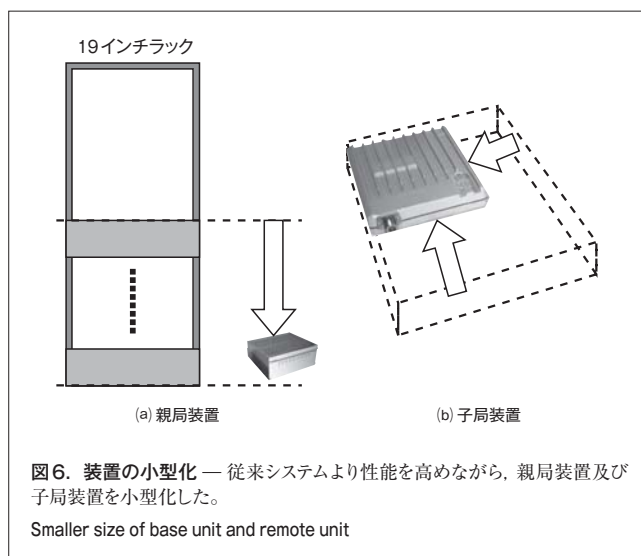
このシステムでは、光区間の数が従来装置の1/8に削減されたことで、親局装置の光インターフェース回路（電気／光変換回路及び光／電気変換回路）も従来の1/8となっている。更に、小型・高出力のレーザダイオードモジュールの採用と光ケーブルの小型化により、回路の小型化を図っている。

これにより親局装置は、256子局装置という大規模な構成を可能としながら、19インチラックの高さ4U（EIA（米国電子工業会）規格）に収容可能な、幅約430 mm、高さ約180 mmという小型化を実現している（図6(a)）。

また、光変換ユニットは4系統の光インターフェース回路を搭載し、子局の台数に応じて親局装置に最大8台実装可能であり、システムの規模に柔軟に対応することが可能である。

子局装置は、直線性が高く消費電力の低いRF（Radio Frequency）増幅器の採用と、従来必要であった光インターフェース回路の削除により、低消費電力化を図っている。更に、高密度実装技術の採用と放熱特性の向上により、質量1 kg以下（従来比約1/4）、容積0.85 l以下（従来比約1/5）という小型化を実現した（図6(b)）。

中継装置は、従来は別に設置していた光接続箱を持つ子局装置への給電機能及び信号供給機能を備えている。この装置の外形を光接続箱とほぼ同じサイズとしたため、従来と同様の施工性を確保している。



5 デジタル光伝送方式による長距離伝送

局舎などに基地局を設置し、ダークファイバ^(注1)を使用して不感地帯まで携帯電話の信号を長距離伝送する場合、アナログ伝送方式を採用した従来のシステムでは、以下の課題があった。

(注1) 敷設した光ファイバのうち使用していない空き光ファイバ。空き光ファイバは、通信事業者間で貸借される場合が多い。

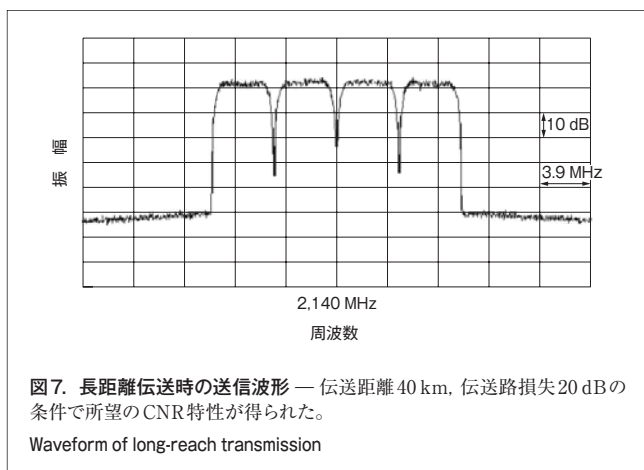
- (1) 長距離伝送時の特性劣化 光ファイバの伝送距離が長くなるほど、伝送路の損失が大きくなり、CNR特性が劣化する。
- (2) ダークファイバ伝送時の特性劣化 ダークファイバでは、主としてデジタル信号の伝送を前提としており、アナログ伝送方式で必要となる光反射特性が得られない場合がある。光反射特性が悪い場合、ひずみ特性、CNR特性が劣化する。

これらの課題を解決するため、このシステムでは、携帯電話の信号をデジタルサンプリングして光ファイバを用いて伝送する、デジタル光伝送方式を採用した。

アナログ伝送方式では、伝送路損失の増加に伴ってCNR特性が劣化するのに対して、デジタル光伝送方式ではCNR特性は一定である。社内試験の結果、伝送距離40 km、伝送路損失20 dBの条件において、アナログ伝送方式はCNR特性が大きく劣化したのに対して、デジタル伝送方式では所望の特性が得られることを確認した。4キャリア送信時の下り回線（基地局から携帯端末への回線）の波形を図7に示す。

また、アナログ伝送方式からデジタル伝送方式への変更により、伝送路（光ファイバ）に対する光反射の要求特性を満足するよう改善が図られている。

このように、デジタル光伝送方式は伝送路の特性による影響を受けにくいので、ダークファイバを有効活用したネットワークの構築が可能になる。



6 あとがき

屋内通信エリアの大規模化に対応する上り回線の信号対雑音比を改善し、装置の大幅な小型化、更にはデジタル光伝送方式による長距離伝送を実現した屋内用通信エリア拡張システムの各装置について、開発ポイントを述べた。

このような通信エリア拡張システムを導入することにより、高層ビルや、空港、展示会場、ショッピングセンターなど大規模なエリアの隅々まで、通信エリアを容易にかつ低コストで構築でき、屋内の広範囲で携帯電話が使える環境を実現できる。

今後もニーズの多様化に応えながら、通信品質の向上と設置や運用コストなどの低減効果が得られるシステムの開発を進め、より快適な通信環境を構築できるよう貢献していきたい。



山崎 泰 YAMASAKI Yutaka

社会システム社 放送・ネットワークシステム事業部 伝送ネットワーク技術部主務。無線通信システムの商品企画・開発に従事。電子情報通信学会会員。
Broadcasting & Network Systems Div.



吉野 忠行 YOSHINO Tadayuki

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



正木 克実 MASAKI Katsumi

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御・ネットワークシステム開発部主査。無線通信システムの開発・設計に従事。
Power and Industrial Systems Research and Development Center