

携帯電話事業者向け マルチバンド対応アンテナ分配システム

Multiband Distributed Antenna System for Indoor Coverage of Base Transceiver Stations

本田 直大 中尾 徹 山崎 泰

■ HONDA Naohiro ■ NAKAO Toru ■ YAMASAKI Yutaka

携帯電話は、音声やデータ通信、電子決済など様々なサービスで日常生活には欠かせないものとなっており、屋内や屋外を意識することなく使用できる場所が広がってきている。

東芝は従来から、高層ビルや展示会場など電波が届きにくい場所へ携帯電話の信号を分配するシステムを携帯電話事業者向けに供給してきた。今回、携帯電話の通信容量拡張のためにマルチバンド化に対応するとともに、将来的な通信エリアの拡張、遠隔からの容易なネットワーク監視にも対応したマルチバンド対応アンテナ分配システムを開発した。

As mobile phones have become an indispensable part of daily life, used anywhere and anytime, mobile phone operators are expanding service areas to both indoors and outdoors for various applications such as voice and data communications, electronic payments, and so on.

Toshiba has been supplying a variety of indoor coverage systems that distribute mobile phone signals in high-rise buildings, exhibition halls, and other locations that are difficult for signals from base transceiver stations to reach. We have now developed a multiband distributed antenna system that is capable of significantly enlarging communication capacity and expanding indoor service areas, while at the same time supporting remote network management.

1 まえがき

携帯電話は、電波の特性から屋外の基地局だけでは地下やビル内部などの屋内すべてをカバーすることはできない。東芝はこれまでも、基地局の信号を多数のアンテナへ分配して屋内を通信エリア化するアンテナ分配システムを携帯電話事業者向けに提供してきた。

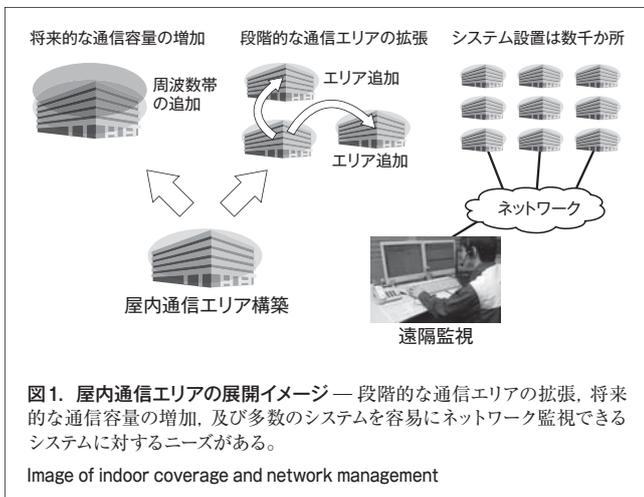
屋内通信エリアの展開イメージを図1に示す。通信エリア化の最初の段階で屋内の隅々までを一括してカバーするのではなく、比較的用户数の多いロビーやショッピングエリアなどをまずカバーしておき、必要に応じて通信エリアを広げる

ケースが多く見受けられる。このようにして通信エリアを広げていくことで、携帯電話事業者にとっては段階的な設備投資が可能になり、効率のよい通信エリアの構築が実現できる。

更に、近年の携帯電話サービスの多様化やムービーダウンロードなど大容量化に対応するためには、一つの周波数帯(シングルバンド)でサービスを開始した後、必要に応じて周波数帯を重ねて(マルチバンド)通信容量を増加させることで、ユーザーにとってより快適な通信環境を提供することができる。

また、屋内の通信エリアは都市部を中心に展開され、システムは数千か所を超えてきており、多数のシステムをいかに効率よく監視するかが重要になってきている。

このような通信エリアの構築や監視に対するニーズに応えるために、マルチバンド対応アンテナ分配システムを開発した。



2 システムの概要

マルチバンド対応アンテナ分配システムの構成を図2に示す。このシステムは、親機と子機の2種類の装置から構成される(図3)。

親機は、図2に示すように、周波数帯A(Aは携帯事業者の周波数帯域)の基地局と周波数帯B(Bは携帯事業者のAとは異なる周波数帯域)の基地局が接続され、周波数帯AとBの各信号を一括して光信号に変換し、複数の子機へ分配する機能を持つ。子機は、親機からの光信号を電気信号へ変換し、該当する周波数帯(ここでは、周波数帯A又はB)を抽出

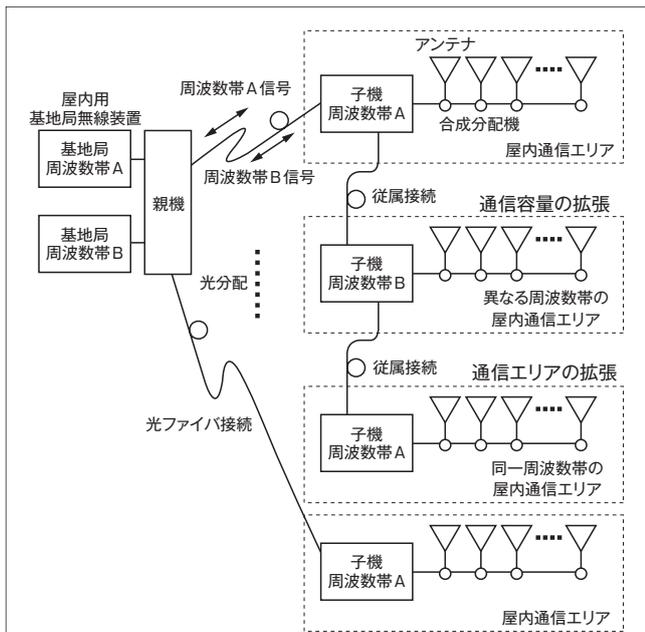


図2. マルチバンド アンテナ分配システムの構成 — 1台の親機から多数のアンテナへ信号を分配する構成で、子機従属接続による通信エリアの拡張や通信容量の増加を可能にする。

Configuration of multiband distributed antenna system



図3. マルチバンド アンテナ分配システム — 親機と子機の組合せにより様々なシステム構成が可能になる。

Multiband distributed antenna system

して、アンテナへ送信する。更に、親機からの光信号を中継して別の子機へ受け渡す従属接続の機能を持つことにした。

子機を異なる周波数帯（図2の周波数帯B）で従属接続する場合は通信容量の拡張機能を実現し、同一の周波数（図2の周波数帯A）で従属接続する場合は通信エリアの拡張機能を実現する。また、子機の送信出力を数十W以上にすることで、基地局信号を一つの子機から複数のアンテナへ同軸ケーブルや合成分配器を介して分配することが可能になり、1台の親機で多数のアンテナへの分配を実現する。

次に、マルチバンド対応アンテナ分配システムの監視システムの構成を図4に示す。携帯事業者のセンター内に監視制御サーバを設け、監視用のデータ収集機能や設定データの配信機能を一括して集中管理する。多数の屋内エリア化に

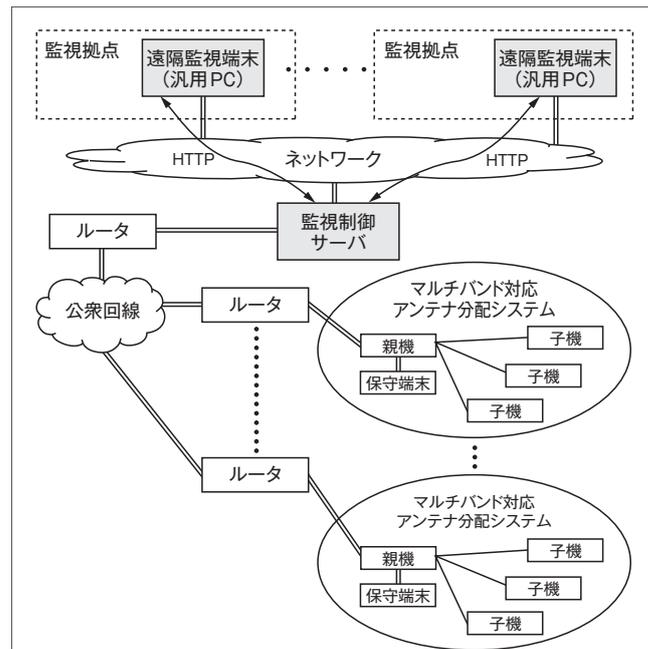


図4. 遠隔監視制御システムの構成 — 数千か所のアンテナ分配システムについて遠隔からの監視を可能にする。

Configuration of remote network management system

対応するため、単一サーバでの管理数を数千システムとして、公衆回線を通じて監視制御サーバへ接続される。遠隔監視端末から監視制御サーバへはHTTP (Hypertext Transfer Protocol) (注1) によるネットワーク接続を可能にし、各アンテナ分配システムの遠隔からの監視を実現した。汎用パソコン(PC)を遠隔監視端末として使用できるので、専用ソフトウェアを搭載した専用の端末を特定の場所に設ける必要がなく、遠隔監視の容易性が向上している。

このようなシステムを実現する技術的なポイントを以下に述べる。

3 マルチバンドを実現する信号処理部の効率化

今回開発したシステムは、光ファイバのランニングコストを削減するために、1本の光ファイバで任意の二つの周波数帯を同時に伝送する方式を採用した。この方式を実現するには、デジタル信号処理部の回路効率の向上がポイントとなる。

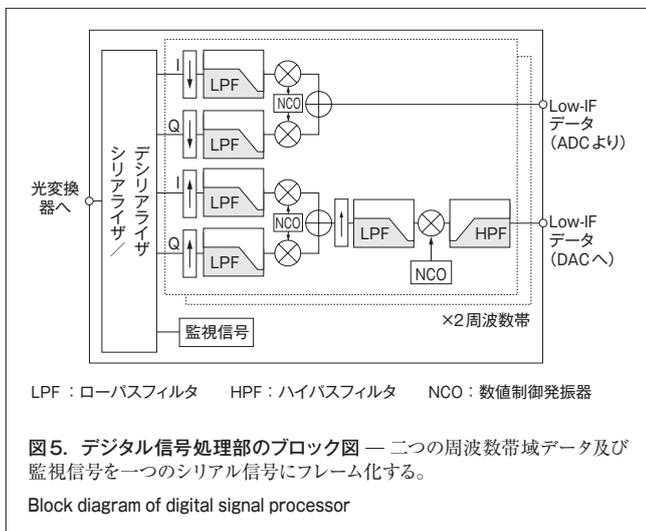
通常、二つの周波数帯を一つのデジタル信号にフレーム化するには回路を並列化する構成が考えられるが、コストの上昇や消費電力の増加を招く。これに対し、一つの周波数帯に割り当てる回路規模を約半分に削減してデジタル信号処理部の効率化を図ることで、従来と同等の回路規模で二つの周波数帯をデジタル伝送する技術を開発した。

(注1) WebブラウザとWebサーバ間の送受信に用いられる通信プロトコル。

開発したデジタル信号処理部のブロック図を図5に示す。アナログ デジタル変換器 (ADC) 及びデジタル アナログ変換器 (DAC) とのインタフェースは、低IF (Low-IF: Low Intermediate Frequency) 方式を採用した。ダイレクトコンバージョン方式 (Zero-IF方式) と比較して、アナログ回路で発生する振幅や位相のばらつきなどに対して、特性の劣化が生じないメリットがある。

また、ビットレート低減のため伝送路上ではベースバンドIQ (In-phase signal/Quadrature-phase signal) に変換する直交復調デジタル方式を採用し、2周波数帯分のIQを一つのシリアルデータにフレーム化する構成とした。

このような構成にすることで、デジタル信号処理部のコスト上昇及び消費電力の増加を抑えることができた。



4 システム構築の最適化

当社の従来システムは、親機を中心に子機を放射線状に接続するスター型の構成を採用していた。しかし、屋内通信エリアの増加や、一つの屋内通信エリアで多くの子機を設置する大規模なシステム構築が必要となっており、スター型の構成だけで新規に通信エリアの追加や大規模システムを実現するには、親機から子機へ1本ずつ光ファイバを敷設する必要があり、施工性や光ファイバのランニングコストに影響が生じる。

今回開発したシステムでは、通信方式にデジタル光伝送方式を採用し、スター型+従属接続構成を実現している。アナログ光伝送方式と比較してデジタル光伝送方式では、図6に示すように光損失が大きくなっても、また分配や従属接続を繰り返しても回線品質の劣化が生じない。これにより、回線品質を確保しつつ、施工性、拡張性、及び保守性を格段に高めたシステム構築が可能になった。

システム構築例を図7に示す。

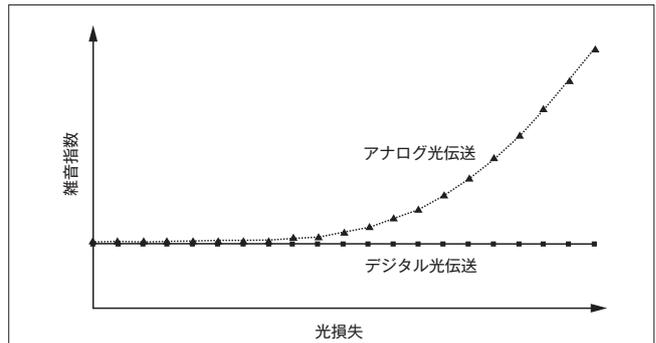
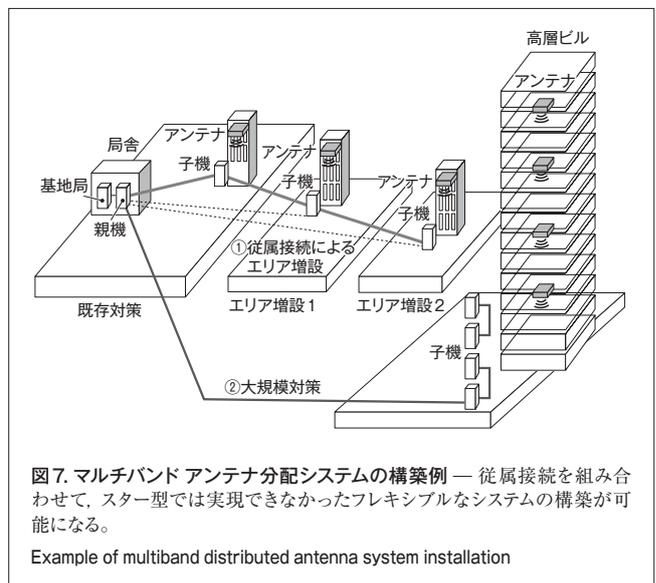


図6. 光損失と雑音指数との関係 — デジタル伝送は、光損失によらず雑音指数が一定で回線品質が劣化しない。

Relation between noise figure and optical link loss



新規に屋内通信エリアを構築する場合、近くにある既設の子機から従属接続することで、エリア増設を容易にした例が①である。点線で示す従来のスター型の接続に対し、隣接する既設の子機から光ファイバを接続するだけで構築できるため、通信エリア増設時に新たに遠方の親機から光ファイバを敷設する必要がなく、従来に比べて施工性が向上する。

また、1か所で4台の子機を使って大規模な屋内通信エリアを構築する例を②に示す。従来、子機に対して遠方の親機から光ファイバを4本接続する必要があったが、子機の従属接続機能により、屋内通信エリアまで1本の光ファイバで接続することでシステムが構築できる。これにより、光ファイバのランニングコストが従来に比べて1/4になり、大幅なコスト削減効果になる。

今回採用したデジタル光伝送方式では、親機と子機間の伝送距離を飛躍的に延ばすことができるため、局舎内に多数の基地局と親機を設置して、子機だけを遠方の多数のエリアに設置するといった集約構成をとることも可能になる。

5 ネットワーク監視の信頼性向上

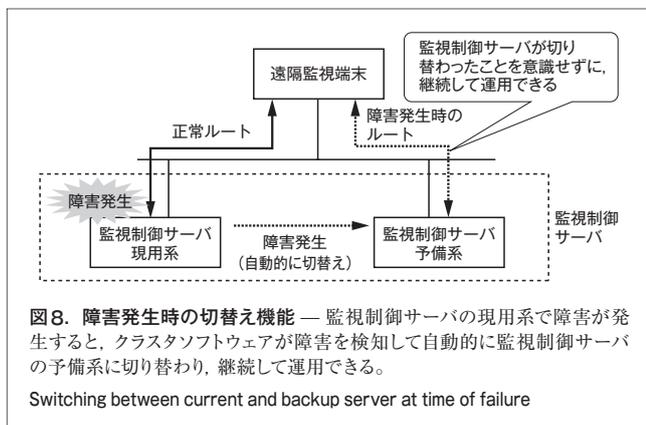
今回開発した監視制御システムの監視制御サーバは、専用のハードウェア及びソフトウェアから構成される。監視制御サーバは、図4に示すように、監視対象となるアンテナ分配システムと公衆回線を介して接続され、設定、制御、及び状態の収集を行う。遠隔監視端末は、ネットワークを介して監視制御サーバに接続され、提供されるデータを基に監視と制御を実現している。

監視の対象となるアンテナ分配システムの設置数を数千システムとすることで、携帯電話システムの大規模化に対応可能とした。監視制御サーバは、これらのシステムを安定かつ一元管理することが重要であり、また大規模なシステム運用でも混乱することのないヒューマンマシンインタフェースが要求される。

このような要求に応える監視システムについて以下に述べる。

5.1 安定的サービスの向上

ハードウェアプラットフォームとしてサーバPCにMAGNIA™を採用し、サービスが途絶えることのない安定した監視制御システムを構築するためのクラスタソフトウェアにDNCWARE ClusterPerfect™ EXを採用することで、低コストで信頼性の向上が図れるディスクミラータイプのフェイルオーバークラスタを実現した。これにより図8に示すように、サーバPCで障害が発生しても最短の時間でサービスを復旧でき、監視制御システムの安定性を向上させることができた。



5.2 混乱のないシステム運用

同一システムに対して、同時に、複数のオペレーターがアクセスすることにより、混乱が引き起こされることが懸念される。このような混乱を避けるために、オペレーターごとに、監視だけ、あるいは監視のほか制御もできるなど、アクセスできるレベルを設定できるほか、そのオペレーターがアクセスできるアンテナ分配システムをオペレーター登録の時点で指定することができるようにしている。

オペレーターが遠隔監視端末を操作するための認証を取得

するとアクセスできるアンテナ分配システムが特定されるため、アクセス権限のないシステムにまちがってアクセスすることを防止できる。このような二つのアクセス権限を実装して混乱を招かないようにすることで、システム運用上の安全性を高めた。

5.3 マルチバンド対応アンテナ分配システムの保守

マルチバンド対応アンテナ分配システムは、全国の屋内通信エリア構築箇所に多数設置される。設置後の仕様変更などで、アンテナ分配システムのソフトウェアのアップデートが必要となる場合、保守員がそれぞれの設置場所に行きソフトウェアのアップデートを行っていたのでは、時間とコストが掛かるうえ、オペレーションミスが起こることもありうる。

この問題を解決するために、監視制御サーバからアンテナ分配システムへのソフトウェアダウンロード機能を持たせることにした。これにより、ソフトウェアのアップデートが、必要なときに短時間で、多数のアンテナ分配システムに確実にできる。

6 あとがき

屋内の通信エリアや通信容量の拡張が容易で、遠隔からのネットワーク監視が容易なマルチバンド対応アンテナ分配システムの開発上のポイントについて述べた。

今後も、通信品質の向上と、設置や運用などでのコスト低減がより容易で安全に得られるシステムの開発を進め、より快適な携帯電話サービスの環境構築に貢献していく。



本田 直大 HONDA Naohiro

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・設計業務に従事。
Fuchu complex



中尾 徹 NAKAO 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主務。
無線通信ソフトウェアの開発・設計業務に従事。
Fuchu complex



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及び開発業務に従事。電子情報通信学会会員。
Broadcasting and Network Systems Div.