

5G 対応分散アンテナシステム

Distributed Antenna System for 5G Mobile Phone Services

丹後 俊宏 TANGO Toshihiro 吉野 忠行 YOSHINO Tadayuki 千見寺 隆光 CHIKENJI Takamitsu

携帯システムの通信方式は、従来の4G（第4世代）から高速・大容量伝送の5G（第5世代）へと移行が本格化している。東芝インフラシステムズ(株)は、基地局からの電波を光ケーブルで分配して通信エリアを拡張するための分散型アンテナシステム(DAS : Distributed Antenna System)を開発してきたが、今回4G・5G対応のDAS装置及び運用・保守を行うDAS監視システムを開発した。DAS装置では、親機のスロット構造化と機能分割した実装ボード、及び汎用性の高いRF (Radio Frequency) トランシーバー ICの採用により、ハードウェア(HW)の設計プラットフォーム化を実現した。また、新開発の5G TDD (Time Division Duplex) 信号のタイミング検出機能と、子機パワーアンプ特性の最適化で、無線特性が標準化規格に十分準拠することを確認した。DAS監視システムでは、OSS (Open Source Software)を中心に構成することで、ランニングコスト低減と品質を両立させた。

A recent trend in mobile communication systems has been an acceleration in the transition from current fourth-generation (4G) to fifth-generation (5G) mobile communications, thereby realizing high-speed, large-capacity data transmission.

Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation has been developing and supplying a variety of distributed antenna systems (DAS) that make it possible to expand a communication area through the relay transmission of radio waves from the base station. We have now developed a DAS system applicable to both 4G and 5G mobile communications comprising DAS equipment and a DAS management system. The DAS equipment incorporates (1) a hardware platform design for the master unit featuring the use of expansion slots, printed circuit boards divided according to each functional block, and a highly versatile radio frequency (RF) transceiver integrated circuit (IC); and (2) standardization of wireless performance compliant with the Third Generation Partnership Project (3GPP) standards through the use of a newly developed timing detection function for time division duplexing (TDD) signals and optimization of the power amplifier characteristics in the remote units. The DAS management system incorporates open-source software (OSS) in order to achieve a balance between running cost reduction and quality assurance.

1. まえがき

携帯電話システムは、従来の4Gから、高速・大容量伝送を特長とする5Gへ本格的に移行しつつある。これに伴い、携帯基地局の電波が届かない不感地帯に無線信号を中継伝送し、サービスエリア化するDASシステムにも、4Gと5Gの両方式に対応した装置が求められている。

今回、東芝インフラシステムズ(株)は、4Gと5Gの両方式に対応したDAS装置(以下、5G対応DASと略記)、及びDASシステムの運用保守を行うためのDAS監視システムを開発した。ここでは、5G対応DAS及びDAS監視システムの技術的特長と性能評価の結果について述べる。

2. DASシステムの構成

2.1 5G対応DAS

DAS装置は、顧客設備である携帯基地局と接続される親機、光伝送された無線信号を合成・分配する中継機、不

感地帯側に設置され、携帯端末との間でRF信号を送受信する子機から構成される。更に各子機には、もう1台の子機を光ケーブルでカスケード接続することができる(図1)。

基地局から親機に入力されたRF信号は、デジタル信号に変換され、機器間を接続している光ケーブルにより中継機、子機へと伝送される。伝送されたデジタル信号は子機で再度RF信号に変換され、携帯端末へ送信される。逆方向の端末から基地局への無線信号伝送も同様の処理で伝送され、DAS装置を介して基地局と端末間で通信が可能となる。

親機には監視制御用ソフトウェアを実装し、光ケーブルで接続された中継機と子機の監視制御、及びDAS監視システムとの監視制御通信を行う。

5G対応DASは、TDD方式の3.4 GHz帯と3.5 GHz帯、及びFDD (Frequency Division Duplex) 方式の1.7 GHz帯と2.1 GHz帯といった複数の周波数帯での信号伝送が可能である。また、1台のDAS親機に接続可能な子機の台数

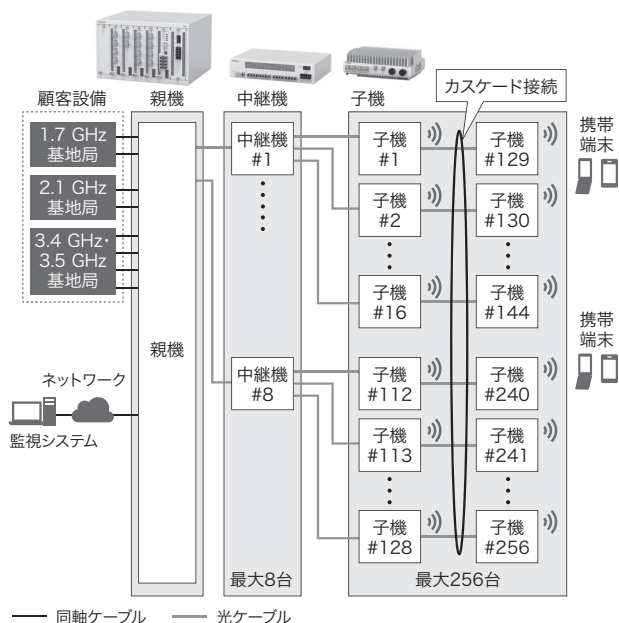


図1. DASシステムの構成

1台のDAS親機には、最大で中継機8台、子機256台を接続できる。DAS監視システムは、最大2,000局のDAS監視を行う。

Configuration of DAS system

は最大256台であり、大規模ビルや、ショッピングモール、空港など、広範囲なエリアの構築を必要とするケースにも適したシステム構成を可能としている。

2.2 DAS監視システム

DAS監視システムは、主要機能として、DAS装置の警報監視機能、DAS主信号状態モニター値の定期収集機能、及びDASファームウェアの更新機能を備えており、最大2,000局のDAS装置の監視を行うことができる。図2に示すように、OSS (Open Source Software) を中心とした構成によって冗長化を図ることで、ランニングコスト低減と品質の確保を両立させている。システム構成の特長は、以下のとおりである。

- (1) 監視機能 Javaは監視アプリケーションの実装、PostgreSQLはデータベース機能、ApacheHTTPServerはWebサーバー機能、ApacheTomcatはWebコンテナ機能を担うことを目的として採用している。
- (2) 2重化 Pacemakerはリソース制御、crosyncはクラスター制御、DRBD (Distributed Replicated Block Device)は複製制御を目的として採用し、クラウドシステム上のOS (基本ソフトウェア)を含め、運用系と待機系とで監視機能の2重化を図っており、運用系の監視機能が停止した際には、待機系への切り替えにより監視を継続できる。

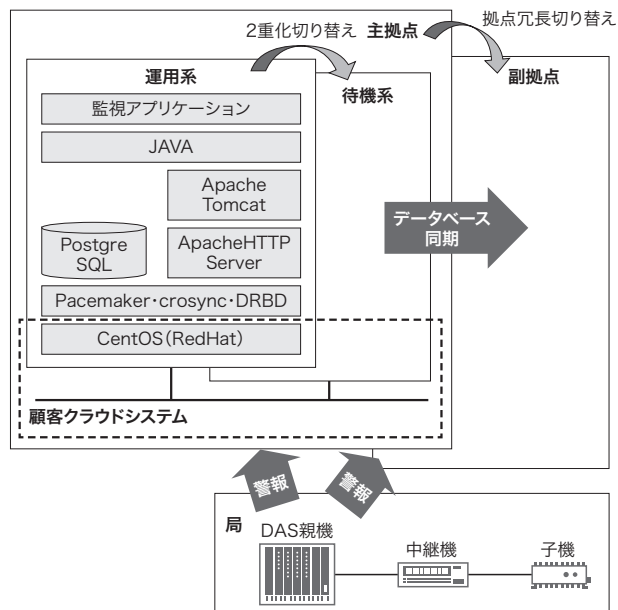


図2. DAS監視システムの構成

拠点間でデータベース同期を行い、DAS装置からの警報発報を主拠点と副拠点の両拠点宛てとすることにより、シンプルな構成で、拠点冗長を実現している。OSSを中心とした構成で冗長化を図ることで、ランニングコスト低減と品質の確保を両立させている。

Configuration of DAS management system

- (3) 拠点冗長 主拠点と副拠点の2拠点に、同じ構成のDAS監視システムを構築し、拠点間でデータベース同期を行い、DAS装置からの警報発報を主拠点と副拠点の両拠点宛てとすることにより、シンプルな構成で、拠点冗長を実現している。

以上で述べたように、このシステムはクラウドシステムとなるが、オンプレミスでも可能であり、構築基盤によらない共通的なシステムの構成を行っている。

3. HWプラットフォームの共通化設計

DAS装置は通信事業者の基地局と組み合わせて使用されることから、DAS装置に求められる無線仕様(周波数、伝送帯域幅、複信方式)は顧客ごとに異なる。このため、顧客ごとに特化した設計が必要となり、設計の流用性の観点で問題があった。今回の開発では、設計の流用化を目的として、HWの共通化に配慮した設計を行った。

3.1 DAS親機

親機は、複数のボードを実装するスロット構造を採用し、デジタルボード、最大4枚のRFボード、及び電源ボードから構成される(図3)。今回の開発では、1.7 GHz帯及び2.1 GHz帯用と、3.4 GHz帯及び3.5 GHz帯用の2種類のRFボードを開発した。今後、新たな周波数帯の要望があっ

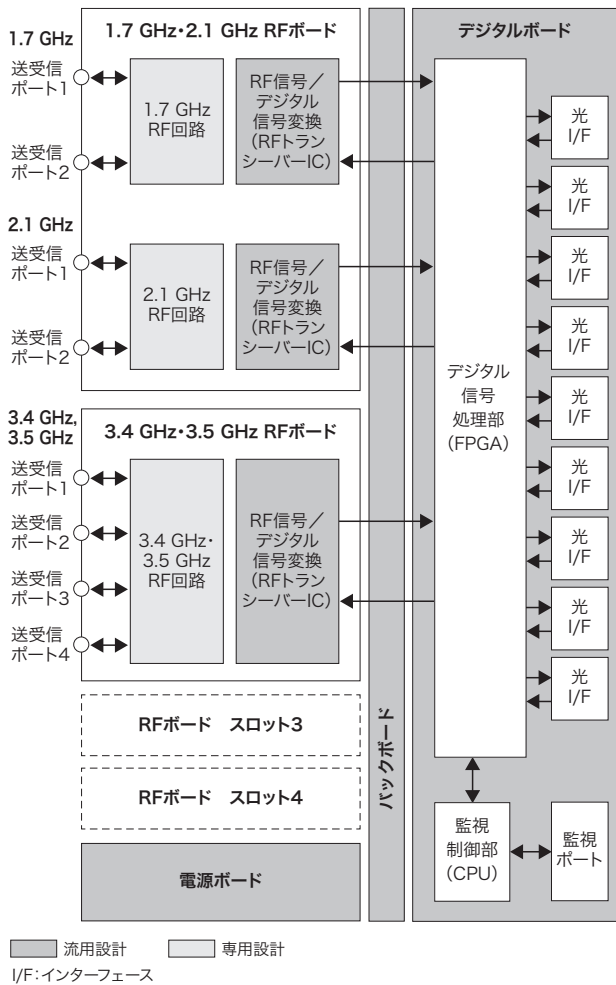


図3. DAS親機の構成

顧客ごとに異なる無線仕様に柔軟性を持たせるため、デジタルボードとRFボードの機能分割と、汎用性の高いRFトランシーバーICの採用により、HW設計の流用度を向上させた。

Configuration of master unit of DAS system

た場合には、RFボードを追加開発し、これを空きスロットに実装することで、サポート可能な周波数帯のバリエーションを拡張できる。

親機については、デジタル信号処理を行うデジタルボードとRF信号の送受信を行うRFボードに機能を分割し、無線仕様に依存するRFボードを顧客ごとの専用設計とした。デジタルボードの主要機能は、FPGA (Field Programmable Gate Array) によるデジタル信号処理、CPU (Central Processing Unit) による監視制御機能、及び光モジュールによる光伝送機能となる。FPGAとCPUはプログラマブルに機能を実装でき、光モジュールは無線仕様に依存しないため、HWの流用設計が可能となる。

RFボードには、RF信号からデジタル信号への変換に必要な複数の機能を統合したRFトランシーバーICを採

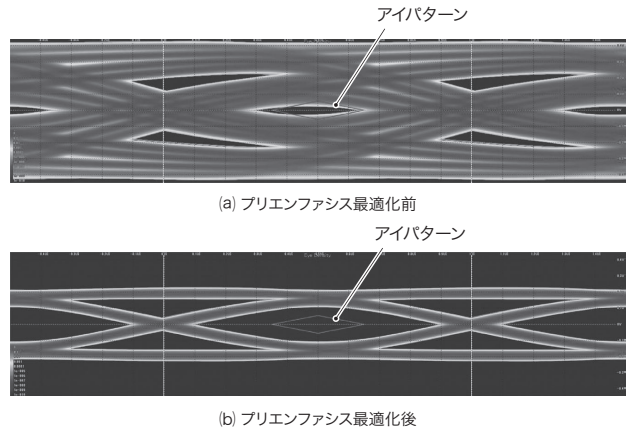


図4. 親機のボード間伝送アイパターン

設計段階で伝送シミュレーションによるパラメータの最適化を行い、高速データ伝送の信頼性を向上させた。

Eye pattern of board-to-board transmission of high-speed data in master unit before and after optimization of pre-emphasis parameters

用した。このICは、設定により4G及び5Gの周波数帯 (700 MHz ~ 6 GHz) に対応できるため、RFアンプ、RFフィルターなど、周波数に依存する回路を専用設計することにより、顧客ごとの仕様に対応することが可能となる。

RFトランシーバーICとデジタルボード上のFPGAは、親機のバックボードを介して接続され、最大16 Gビット/sの速度でデータ伝送を行う。データ伝送速度が高く、伝送線路長が長い場合、設計段階で伝送シミュレーションによるパラメータの最適化を行い、データ伝送の信頼性を向上させた。図4に、伝送信号のアイパターン波形を示す。下側の波形は、FPGAのプリエンファシスを最適化した後のシミュレーション波形であり、規格⁽¹⁾で定義されたアイパターンマスクに対して十分余裕のある結果が得られていることを示している。

3.2 DAS子機

子機については、既設置装置を更新・置き換える場合に、設置スペースや荷重に制約が生じることがあるため、小型・軽量化設計を図った。親機と同じく、FPGA-RFトランシーバーICの構成により設計プラットフォーム化を図り、実装スペース削減、窒化ガリウム (GaN) パワーアンプによるRF性能向上・消費電力削減により、容積7 L、質量6.2 kgを実現した。

4. 無線特性

TDD方式は、携帯基地局から端末方向の下り通信と、端末から携帯基地局方向の上り通信を時間的に切り替える方式である。4G方式の規格ではフレームの特定の時間に信

号が存在することが決まっており、その信号を検出していたが、5G方式では規格が変更になり、従来と同じ方式を使用できなくなった。今回、基地局の下りRF信号に周期的に存在する同期信号ブロック⁽¹⁾を検出し、そのタイミング情報を元にDAS装置の送受信を切り替える方式を開発した。

5Gの同期信号ブロックの配置の一例を図5に示す。この図では横軸が時間、縦軸が周波数を表している。実際の運用では同期信号の配置・ビットパターンは任意に設定することができる。この装置ではこのような配置をサーチすることにより、どのような基地局設定であっても同期信号ブロックを検出できることを確認した。

5G対応DASの3.4 GHz帯、3.5 GHz帯のTDD方式下り送信信号特性について、図6に無線特性の代表的指標であるEVM (Error Vector Magnitude : 変調精度) 特性を示す。

送受信切り替えの際、子機RFパワーアンプのON/OFF制御を行うが、パワーアンプのOFF/ON特性の最適化を行

い、3GPP (Third Generation Partnership Project : 携帯電話システムの標準化プロジェクト) の規格である3.5 %以下に対して2 %以下と良好な結果が得られた。

5. あとがき

今回、4G及び5Gの両方式に対応した5G対応DAS、及びDASシステムの運用保守を行うためのDAS監視システムを開発した。

5G対応DASは、5G信号の高速データ伝送、TDD切り替えタイミング検出機能を実現した。また、顧客ごとに異なる無線仕様に柔軟性を持たせるため、親機デジタルボードとRFボードの機能分割と、汎用性の高いRFトランシーバー ICの採用により、HW設計の流用度を向上させた。

監視システムについては、商用ソフトウェアによる構成に比べ、コストを低減した上で、監視機能及び、運用・待機系の2重化・拠点冗長を実現した。

今後は、このプラットフォームをベースに、ほかの周波数帯に対応したDASシステムの開発を進める。

文 献

- (1) 3GPP TS38.211 V17.4.0 : 2022. NR; Physical channels and modulation (Release 17).

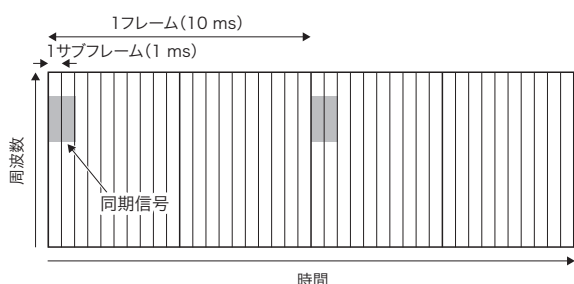
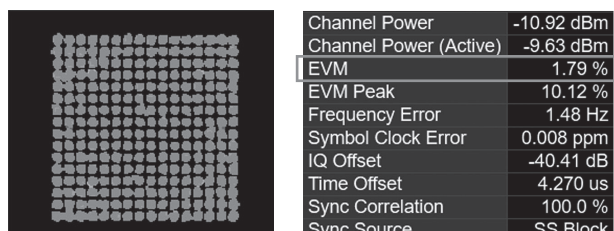


図5. 同期信号ブロック配置の例

基地局の下りRF信号に周期的に存在する同期信号ブロックを検出し、このタイミング情報を元に送受信の切り替えを行う。同期信号の配置・ビットパターンは任意に設定することができる。この図はビットマップが11111111の例である。

Example of allocation of synchronization signal block in downlink signal of base station



(a) IQコンスタレーション

(b) 信号品質・精度測定結果画面の一例

IQ: 同相/直交位相

図6. TDD方式下り送信信号のEVM特性の測定結果

3GPPの規格である3.5 %以下に対して2 %以下と良好な結果を得られた。

Result of measurement of error vector magnitude (EVM) of downlink signal using TDD



丹後 俊宏 TANGO Toshihiro
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 放送・ネットワークシステム部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



吉野 忠行 YOSHINO Tadayuki
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 放送・ネットワークシステム部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



千見寺 隆光 CHIKENJI Takamitsu
東芝インフラシステムズ(株)
府中事業所 放送・ネットワークシステム部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.