

インフラシェアリングDASのオープンRAN対応技術

Development of Open RAN Technologies for Shared DAS

正木 克実 MASAKI Katsumi 杉本 雅彦 SUGIMOTO Masahiko 大國 英徳 OKUNI Hidenori

インフラシェアリングDAS (Distributed Antenna System : 分散型アンテナシステム) は、携帯電話事業者が進めるオープン化されたRAN (Radio Access Network : 無線アクセスネットワーク) のシステム(オープンRAN) への対応が求められている。業界団体のO-RAN ALLIANCEではO-RAN仕様が策定され、オープンRANは、現地設置スペース削減などにより導入・運用コスト低減のメリットがある。

東芝インフラシステムズ(株) は、携帯電話事業者のRANとオープンRANへ柔軟に対応する技術として、従来の基地局用の高周波無線(RF) インターフェースとO-RANフロントホール(FH) インターフェースが混載可能なDASを開発している。課題は、コンパクトな無線信号処理回路技術や、異なるインターフェース間のタイミング同期技術、オープンな遠隔監視機能、誤設定を防止する事業者間リソースマネジメント技術であり、その実現にめどを得た。更に開発を進めていく。

As a key element in infrastructure sharing systems, a shared distributed antenna system (DAS) is expected to support a next-generation open radio access network (Open RAN) system promoted by the O-RAN ALLIANCE, which will contribute to smaller installation space at sites and lower initial introduction and operating costs.

To flexibly accommodate technological changes from the RAN systems of individual mobile network operators to the Open RAN system, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation is developing the following technologies for a shared DAS integrating a conventional base station radio frequency (RF) interface and O-RAN fronthaul (FH) interface functions: (1) a compact wireless signal processing circuit, (2) timing synchronization technology between different interfaces, (3) remote monitoring functions compliant with open specifications, and (4) resource management technology to prevent misconfigurations among mobile network operators. We have obtained positive results with these technologies and will continue efforts to further improve them.

1. まえがき

近年、携帯電話事業者の内部(コア)ネットワークのソフトウェア化が進んでいる。現地に設置する基地局機能の一部もソフトウェア化し、携帯電話事業者の局舎に収容することにより、現地設置スペースの削減、及び運用・保守費用の削減が図られている。このような携帯電話システムの変化を背景に、RANをオープン化し、インテリジェント化して、新たな付加価値を加えたサービスを実現するため、国内外の携帯電話事業者が中心となってO-RAN ALLIANCEが設立され、O-RAN仕様が策定された。

図1に、従来のRANとO-RANでのRANの構成を示す。O-RAN ALLIANCEでは、基地局のコンポーネントが機能別にO-CU (O-RAN Centralized unit), O-DU (O-RAN Distributed Unit), O-RU (O-RAN Radio Unit) と三つに分けられ、基地局の非リアルタイム機能・リアルタイム機能と、無線部とに分離されることで、現地設置装置が小型化される。また、基地局と現地設置との伝送形式が変わり、

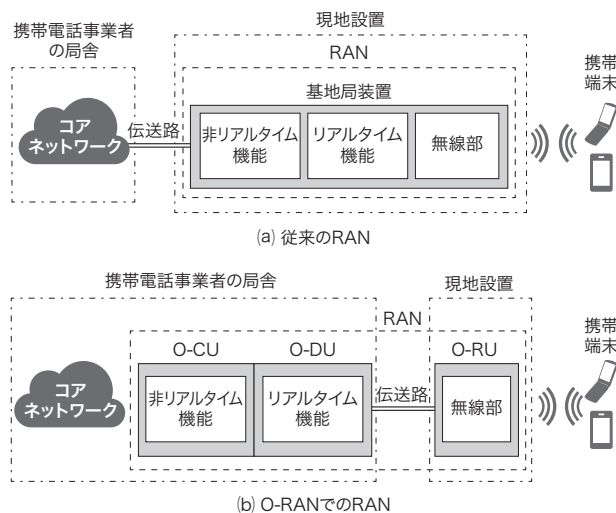


図1. 従来のRANとO-RANの構成

O-RANでは、従来のRANの基地局機能が分離され、無線部だけが現地に設置されることで、設置スペースが削減されて、運用・保守のコストが低減されている。

Configuration of RAN and Open RAN systems

伝送容量は削減される⁽¹⁾。

東芝インフラシステムズ(株)は、事業者が同時に共同利用するインフラシェアリングDASを、開発済みである。DASは、基地局からのRF信号を光ケーブルで分配して通信可能エリアを拡張するシステムで、基地局の信号を受け取る親機、アンテナを接続する子機、及び親機-子機間の信号を分配する中継機で構成される。DASの活用で、信号の不感エリアや漏えいといった問題を解決し、柔軟なエリア構築を実現できる。大容量伝送の5G(第5世代移動通信システム)向けインフラシェアリングDASは、複数の携帯電話事業者の通信を一括収容して、各携帯電話事業者の無線信号を一つのシステムで中継する分散型のアンテナシステムである。

ここでは、インフラシェアリングDASのオープンRANへの対応を実現するために当社が取り組んでいる技術の主な課題と、解決策について述べる。

2. インフラシェアリングDASのオープンRAN対応

図2に、インフラシェアリングDASのオープンRAN対応の概要を示す。携帯電話事業者が従来のRANの場合、携帯電話事業者の基地局のアンテナ入出力ポートをRFインターフェースとし、RF信号をデジタル化して親機-子機間の伝送を行い、携帯電話のRF信号を中継する⁽²⁾。携帯電話事業者がRANにO-RANを採用した場合、インフラシェアリングDASは基地局のアンテナポートの代わりに、O-RANの無線部であるO-RUのアンテナポートと接続す

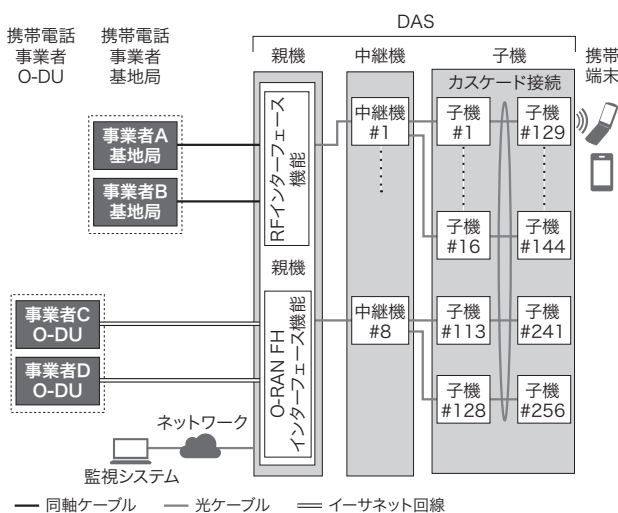


図2. インフラシェアリングDASのオープンRAN対応

RFインターフェースと、O-RAN FHインターフェースの両方を装備可能にして、携帯電話事業者のRANシステムへ柔軟に対応する。

Overview of shared DAS integrating both RF interface and O-RAN FH interface functions

ばよい。しかし、O-RUはO-DUのデジタル信号をRF信号に変換する機能を備えており、DASもRF信号をデジタル信号に変換する機能を持つため、アナログ/デジタル変換とそれに伴う周波数変換機能の重複が発生する。

そこで、O-RUの機能をインフラシェアリングDASに収容することで、機能の重複を解消する。システム全体の消費電力の低減だけでなく、O-RUの設置スペース削減も図れる。従来の基地局向けのRFインターフェースと、O-RANのO-DUとの接続インターフェースであるO-RAN FHインターフェースの両方を装備可能にすることで、携帯電話事業者ごとに異なるO-RAN対応設備への更新計画に柔軟に対応する。

3. 主な課題

オープンRAN対応技術として、インフラシェアリングDASにO-RU機能を収容するための主な課題を以下に示す。

(1) O-RU無線信号処理部のコンパクト化

O-RUの無線信号処理は、O-DUからの周波数領域の信号を無線信号に変換するOFDM(直交周波数分割多重)変調処理、スマートフォンなどの携帯端末からの無線信号を周波数領域の信号に変換するOFDM復調処理、及び携帯端末から携帯電話事業者のネットワークに接続を要求するPRACH(Physical Random Access Channel)信号のOFDM復調処理、と三つを行う必要がある。

また、5Gでは、帯域が100 MHzと広帯域であるのに加え、MIMO(Multi Input Multi Output)に対応するため、1携帯電話事業者当たり四つの無線信号を同時に処理する必要がある。このようなO-RUの機能を、従来DASの信号処理に加えてDAS親機に収容するため、O-RU無線部のコンパクト化が必要である。

(2) RFインターフェースとO-RAN FHインターフェースのタイミング同期

インフラシェアリングDASでは、隣接した周波数配置にある複数の携帯電話事業者の無線信号を同じ子機のアンテナから送信する。複信方式がTDD(Time Division Duplex)の場合は、基地局から携帯端末方向のダウンリンク信号とその逆のアップリンク信号の切り替えタイミングが事業者間で同期していないと、各事業者の無線信号が互いに干渉を起こしてしまう。このため、従来のインフラシェアリングDASは、各事業者のTDDの切り替えタイミングを同期させる機能を備えている⁽²⁾。このタイミング同期が、RFインターフェース

とO-RAN FHインターフェースの間でも必要になる。

(3) 管理機能のオープン化 従来のインフラシェアリングDASでは、機器の管理機能を独自プロトコルで提供する。O-RANでは、O-RUへのパラメーター設定や故障管理などの管理機能はM-Plane (Management Plane) 仕様として規定され、オープン化される⁽³⁾。この管理機能のオープン化(オープンな遠隔監視機能)も必要である。

(4) 携帯電話事業者間のリソース競合防止の仕組み化 O-RANでは、O-DUとO-RUが最適動作となるように、O-DUがO-RUの情報を取得して、O-RUが設定される。しかし、設定する項目によっては、インフラシェアリングDASの動作に不都合が生じる。例えば、複信方式がTDDの場合、アップリンク期間とダウンリンク期間が事業者間で異なると、事業者の無線信号が互いに干渉を起こしてしまう。このような項目は、事業者間の取り決めで防ぐことは可能である。しかし、O-RUではTDDの設定以外にも、伝送路長の違いによる遅延管理や利得設定など、設定項目が多岐にわたるため、事業者間での取り決め項目も多くなり、設定ミスが発生しやすい。また、設定項目の差異による異常発生時の原因探索も困難になる。よって、設定ミスによる異常動作を回避するために、携帯電話事業者間のリソース競合

を事前に防ぐ仕組みが必要である。

4. 実現への解決策

4.1 無線信号処理部の回路規模の削減

O-RUの無線信号処理に必要なOFDM変調・復調処理は、高速フーリエ変換(FFT)、及び、高速逆フーリエ変換(IFFT)の機能で実現する。したがって、FFT/IFFT機能のコンパクト化がO-RU無線信号処理の回路規模に大きく影響する。

FFT/IFFT機能の構成と動作周波数の最適化を行い、これにより従来回路から、レジスター数で8割、メモリー容量で9割の回路規模を削減できた。

OFDM変調・復調処理では、FFT/IFFT機能のほかに、必要に応じて周波数/位相操作の機能があると応用範囲が広がる。そこで、FFT/IFFT機能に周波数/位相操作機能をモジュール化したFFTプロセッサの開発も同時に進めている。FFTプロセッサの適用箇所を、**図3**に示す。OFDM変調・復調処理の前後の機能を包含することで、TDD検出などへの適用が可能となり、設計効率化による品質向上が期待できる。

4.2 インターフェース間のフレーム同期

図4に、インターフェース間のタイミング同期の概要を示す。TDDの切り替えタイミングを同期するためには、ダウンリンクの無線フレームの境界タイミング(無線フレーム番号 n と、無線フレーム番号 $n+1$ との境)を検出し、無線フレームの携帯電話事業者間の境界タイミングの差異を求め、この値を元にフレームの同期を行う。各事業者のダウンリンク期間とアップリンク期間はそれぞれ同じ長さに設定されている

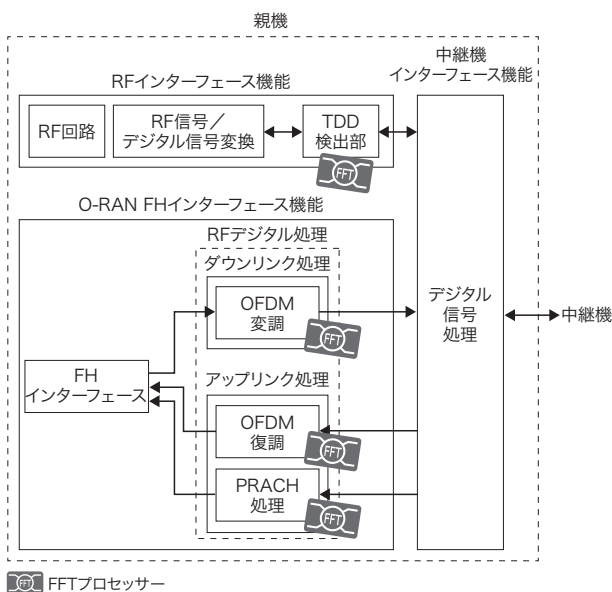


図3. FFTプロセッサの適用箇所

FFT/IFFT機能と周辺回路をモジュール化したFFTプロセッサを、各無線処理に適用し、設計品質の向上を図る。

Application of fast Fourier transform (FFT) processors in master unit

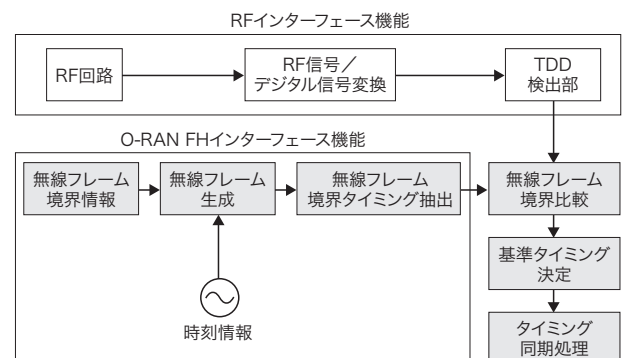


図4. RFインターフェースとO-RAN FHインターフェースのタイミング同期

各インターフェースの無線フレーム境界を比較してタイミング差を求め、各インターフェース間のフレーム同期を行う。

Synchronization of frame boundary between RF interface and O-RAN FH interface functions

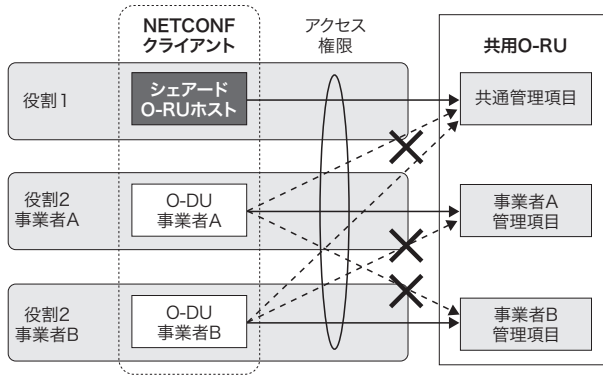


図5. O-RU 共用時の構成例

共通管理項目と事業者個別の管理項目で、アクセス権限を分離する。インフラシェアリング DAS に、この概念を取り入れる。

Example of position of shared O-RAN radio unit (O-RU) host

ので、フレーム同期により、TDDの切り替えタイミングの同期が実現できる。RF インターフェースは、同期信号を元に無線フレームの境界タイミングを推定する方法を開発済みである⁽²⁾。

O-RAN FH インターフェースに対しては、O-DUからのフレームタイミング情報を元に、各事業者の無線フレームの境界タイミングを求めることができる。これらの境界タイミングを元にして携帯電話事業者間の無線フレームの同期を行うことにより、異なるインターフェース間でもTDDの切り替えタイミングを同期させることができる。

なお、DASで二つのキャリアを束ねるキャリアアグリゲーション(CA)やデュアルコネクティビティー(DC)による伝送容量増加を実現するためには、この無線フレーム同期技術を同一事業者間に適用すればよいと考えている。

4.3 管理機能のオープン化

O-RAN ALLIANCEでは、管理機能を担うM-Planeのインターフェースに、RFC (Request for Comments)で公開されているNETCONFプロトコルが用いられる。インフラシェアリングDASの管理機能でも、NETCONFプロトコルを採用することで、オープン化に対応する。

各事業者に属するO-DUが、共用のO-RUと接続してO-RUを共用する構成に対しては、シェアードO-RUとして仕様が策定される^{(1), (3)}。図5に、共用O-RU使用時の構成例を示す。共用するO-RUの共通管理項目の設定を、携帯電話事業者のO-DUから独立して設定されるため、遠隔監視のシェアードO-RUホストが設けられる。また、遠隔操作を行うNETCONFでのクライアントの役割を七つに分類し、それぞれのアクセス権限が規定される。これにより、シェアードO-RUホスト以外からの共通管理項目の設定変更は

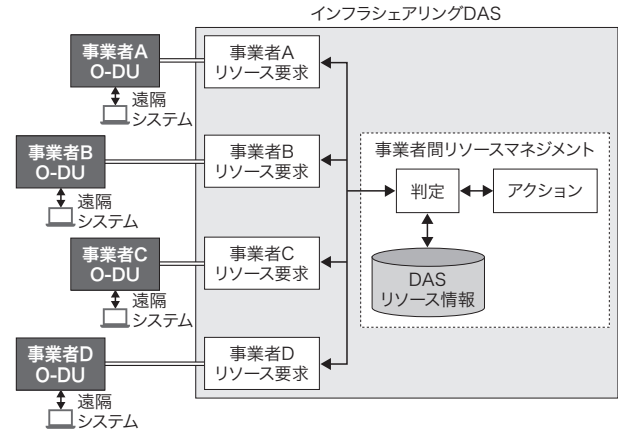


図6. 事業者間リソースマネジメント

事業者ごとの要求とDASのリソース情報から、リソースの競合を判定し、アクション(設定、ログ、通知など)を行う。

Resource management based on requirements of individual mobile network operators

防止される。

インフラシェアリングDASでも、事業者個別の項目を管理する機能と、事業者共通の項目も含めたインフラシェアリングDAS全体を管理するための機能を、各々独立に行う必要がある。シェアードO-RUの概念を取り入れ、インフラシェアリングDASへのアクセス権限を適切に付与することで、事業者個別の管理機能とインフラシェアリングDAS全体を管理する機能を分離し、DAS全体を管理する監視システム以外からの共通管理項目の設定変更を防止する。

4.4 リソース競合を防止する事業者間マネジメント

携帯電話事業者間の設定差異などによるインフラシェアリングDASの異常動作を防ぐために、事業者別の設定値に対して、設定の結果DASで起こり得る事象の推定を行い、推定結果を元に設定の制限、通知などを行う、リソースマネジメント機能の開発を進めている。この概要を図6に示す。携帯電話事業者からの要求とDASのリソース情報を比較し、必要により演算を行い、リソース競合の有無を判定する。判定結果により、ログの記録や、設定制限、設定値の変更を要請する事業者への通知などのアクションを行う。これにより、DAS上のリソース競合を事前に防ぎ、インフラシェアリングDASを運用するインフラシェアリング事業者や各携帯電話事業者の負担の軽減が図れる。

5. あとがき

インフラシェアリングDASのオープンRAN対応技術として、無線信号処理部の回路規模の削減、インターフェース間のフレーム同期、管理機能のオープン化、及び事業者間

リソースマネジメント機能の開発について述べた。

FFT/IFFT機能のコンパクト化によるDASへの収容と、異なるインターフェース間のフレーム同期により、TDDタイミング同期のめどを得た。O-RU共用時のアクセス機能を適用し、リソース競合防止の仕組みにより、事業者間の管理機能を安全、かつ適切に運用できる見通しを得た。今後も、社会インフラとしての通信ネットワークを支えるための開発を進めていく。

文 献

- (1) O-RAN.WG4.CUS.0-R003-v15.00:2024. Control, User and Synchronization Plane Specification. WG4 (Open Fronthaul Interfaces Workgroup), O-RAN ALLIANCE e.V.
- (2) 丹後俊宏, ほか. 5G対応分散アンテナシステム, 東芝レビュー, 2023, **78**, 3, p.44-47. <<https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/jp/technology/corporate/review/2023/03/f02.pdf>>, (参照 2024-09-24).
- (3) O-RAN.WG4.MP.0-R003-v15.00:2024. Management Plane Specification. WG4 (Open Fronthaul Interfaces Workgroup), O-RAN ALLIANCE e.V.

・O-RAN ALLIANCE, O-RANは、O-RAN ALLIANCE e.V.の登録商標又は商標。



正木 克実 MASAKI Katsumi
東芝インフラシステムズ(株) インフラシステム技術開発センター
システム制御・ネットワーク開発部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



杉本 雅彦 SUGIMOTO Masahiko
東芝インフラシステムズ(株) インフラシステム技術開発センター
システム制御・ネットワーク開発部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.



大國 英徳 OKUNI Hidenori
東芝インフラシステムズ(株)
社会システム事業部 放送・ネットワークシステム部
Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corp.