

論文

5Gに向けた無線機一体型基地局アンテナ
に関する取り組み

佐藤 啓介* 高橋 行隆* 三浦 進**
 佐々木 希*** 高橋 久枝*** 宍戸 洸太**
 大島 一郎*

Work on Radio Integrated Base Station Antennas for 5G

Keisuke Sato, Yukitaka Takahashi, Susumu Miura, Nozomu Sasaki,
 Hisae Takahashi, Kota Shishido and Ichiro Oshima

本稿では、5Gに向けて当社が取り組んできた無線機一体型基地局アンテナについて述べる。28GHz帯ビームフォーミングアンテナの開発を行い、実機にて $\pm 30^\circ$ の範囲でのビームステアリングを実現した。無線機一体型アンテナを用いた、OTA^{*1}測定に関する検討を行った。EIRP^{*2}・受信電力パターンとアンテナ指向性はほぼ一致しており、無線機一体型でのアンテナ指向性の推定が可能であることを示した。

This paper describes a radio integrated base station antenna that we have been working on for 5G. We have developed a 28 GHz band beamforming antenna and realized beam steering in the range of $\pm 30^\circ$ on an actual machine. A study on OTA measurement using a radio integrated antenna was conducted. EIRP, the receiver gain and the antenna directivity are almost the same and it shows that the antenna directivity of the radio integrated antennas can be estimated.

1. はじめに

5G(第5世代移動通信システム)に向けて、Sub-6帯とよばれる3.7GHz帯/4.5GHz帯と、準ミリ波帯である28GHz帯が新たに割り当てられた。高速大容量通信の実現、周波数利用効率の向上、高周波数帯の減衰補償、干渉除去等の実現のためには、アンテナを含む無線基地局の高度化が避けられない⁽¹⁾。その高度化を実現する方法として、無線機一体型基地局アンテナがある⁽²⁾⁽³⁾。

図1に、無線機一体型基地局アンテナの構成例を示す。図1(a)のアナログ方式では、単一の無線機と基地局アンテナを内部で接続している。アンテナ直下に配置されたフロントエンドによって、各素子の振幅・位相をアナログ領域でコントロールし、自由なビームフォーミングを実現する。アナログ方式は、RF^{*3}領域でのビームフォーミングを実現しており、

消費電力が少ないというメリットがある。一方、図1(b)で示すデジタル方式では、複数無線機を内蔵し、多値MIMO^{*4}に対応した構成となっている。アナログ方式と比較して、消費電力が大きいものの、周波数利用効率向上による、通信容量の増大化が望める。

図1で示すいずれの構成においても、アンテナと無線機の接点は内包されており、従来の基地局アンテナのインタフェースである同軸コネクタは、外部に存在しない。そのため、一般的なアンテナ指向性測定システムによる指向性・利得特性などの評価や、直接的に無線装置性能の測定を適用することができない。この問題について、3GPPにおけるシナリオでは、少なくとも28GHz帯については、携帯電話端末の性能評価で用いられてきたOTA測定での無線装置性能評価のみを想定している⁽⁴⁾。

* ワイヤレス研究所
 ** 機器統括部 移動通信技術開発部
 *** 機器統括部 固定通信技術開発部

*1 OTA : Over The Air
 *2 EIRP : Equivalent Isotropic Radiation Power
 *3 RF : Radio Frequency
 *4 MIMO : Multi Input Multi Output

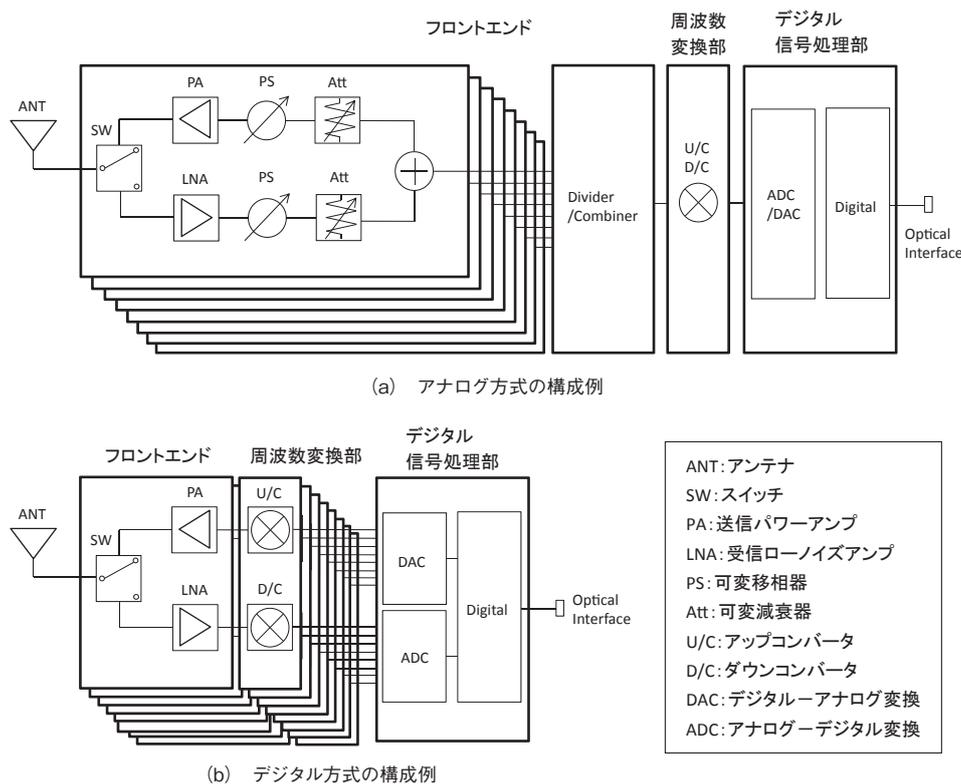


図1 無線機一体型基地局アンテナの構成

2. 28GHz 帯ビームフォーミングアンテナ

5G用として割り当てられた28GHz帯は、従来の移動通信用の周波数帯と比較して、減衰が大きい。その減衰を補償するために、アンテナ利得を増強する方法がある。しかしながら、アンテナ利得の増加は、同時に指向性も強めるため、携帯電話のような移動端末との通信には、常に端末を狙うためのビームフォーミング機能を持つ必要がある。また、28GHz帯では、従来の周波数帯と比較して直進性が増すため、ビル影等の不感地が増加する懸念がある。その

対策として、当社では、ドナーアンテナを主となる基地局と接続し、サービスアンテナにより、ビル影などの不感地をエリア化するレピータシステムについて検討している。

図2に、検討中の28GHz帯レピータシステムの概要を示す。主基地局・移動端末との接続を容易にするため、ドナー/サービスアンテナともに、ビームフォーミングアンテナの利用を想定している。ドナーアンテナ-サービスアンテナ間は、同軸ケーブルで接続し、IF^{*5}帯での通信を行う。

*5 IF : Intermediate Frequency

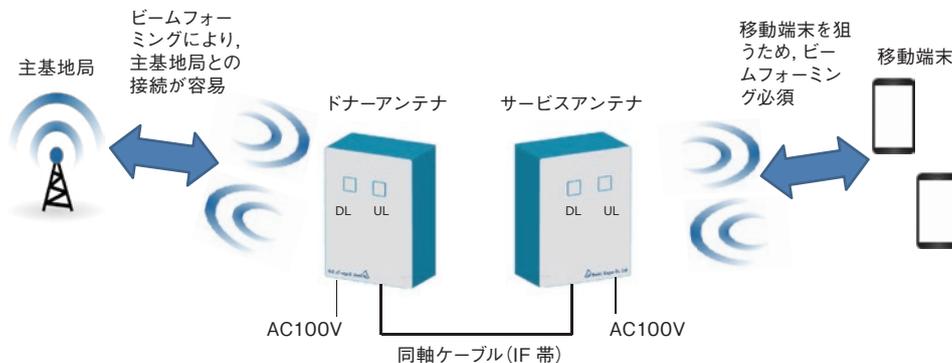


図2 28GHz 帯レピータシステムの概要

写真1に28GHz帯ビームフォーミングアンテナの外観を示す。本アンテナのコンセプトは、図1(a)のアナログ方式を採用しており、省電力・ビームフォーミングの機能を両立できる。但し、本論文では、図1(a)の構成の内、アンテナとフロントエンド部のみとして検討している。また、外観中央部に、8×8の正方配列による64素子アレーアンテナを配置している。

表1に、28GHz帯ビームフォーミングアンテナの諸元を示す。使用周波数範囲は27.5GHz～29.5GHzとし、送受信スキームはTDD^{*6}とする。ビームフォーミングはアナログ方式を採用している。ブランチ数は1で、垂直または水平偏波での利用が可能である。水平面・垂直面内指向性ともに、ビーム幅は10°～80°、ステアリング範囲は±30°の範囲で実現可能である。最大アンテナ利得は23dBi、EIRPは送信アンプのP1dBで、+49dBmに設計している。消費電力は25Wとなる。本アンテナは、W×D×H=180mm×120mm×60mmと、小形の構造で実現できる。

図3にアンテナ部の構造を示す。素子にはパッチ



写真1 28GHz帯ビームフォーミングアンテナの外観

表1 28GHz帯ビームフォーミングアンテナの諸元

項目	仕様値
周波数範囲	27.5GHz～29.5GHz
アンテナ素子数	64素子
送受信スキーム	TDD
ビームフォーミングの方法	アナログ方式
ブランチ数	1
3dBビーム幅	10°～80°可変
ステアリング範囲	±30°
アンテナ利得	23dBi
EIRP (P1dBにて)	+49dBm

*6 TDD : Time Division Duplex

アンテナを用いており、素子間隔は5.3mm≒0.5λ@28.5GHzで設計している。また、図1(a)で示す構成のとおり、各素子の直下に、アンプ・可変移相器・可変減衰器を含むフロントエンドを配置しており、素子ごとに振幅・位相の調整が可能である。

図4に、28GHz帯ビームフォーミングアンテナの機能により実現可能な指向性の解析値を示す。素子振幅・位相を調整することにより、ペンシルビームやビームステアリングの他に、2ビーム、セクタビームなど、自由なビームフォーミングを実現できる。

図5に、実測によるフロントエンド部の振幅・位相の周波数特性を示す。振幅は1dB、位相は11.25°ごとに設定できるため、その範囲内で自由なビームフォーミングを実現できる。

図6に、各面で正規化した場合の、28GHzにおける受信パターンの実測値を示す。ここで、受信パターンには、フロントエンド含んだ性能となっている。全素子等振幅とし、位相のみを変化させたビームス

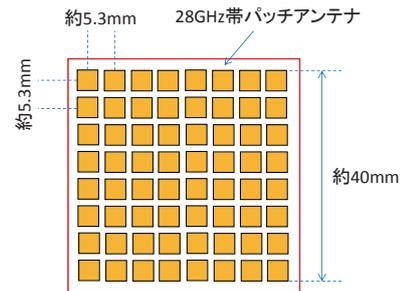


図3 アンテナ部の構造

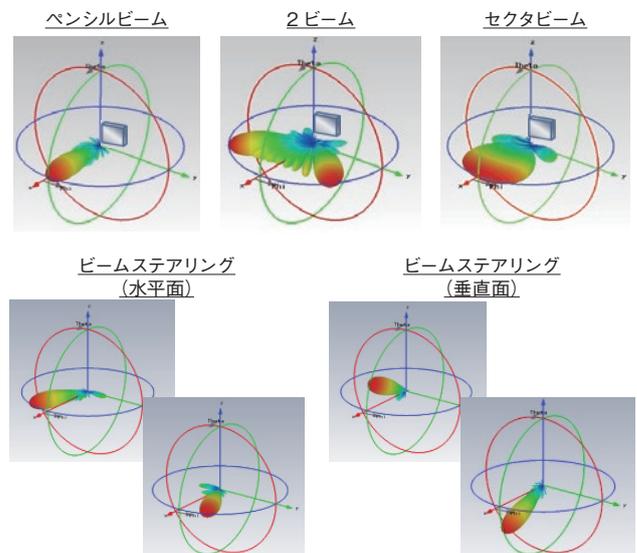


図4 28GHzにおける指向性の解析値

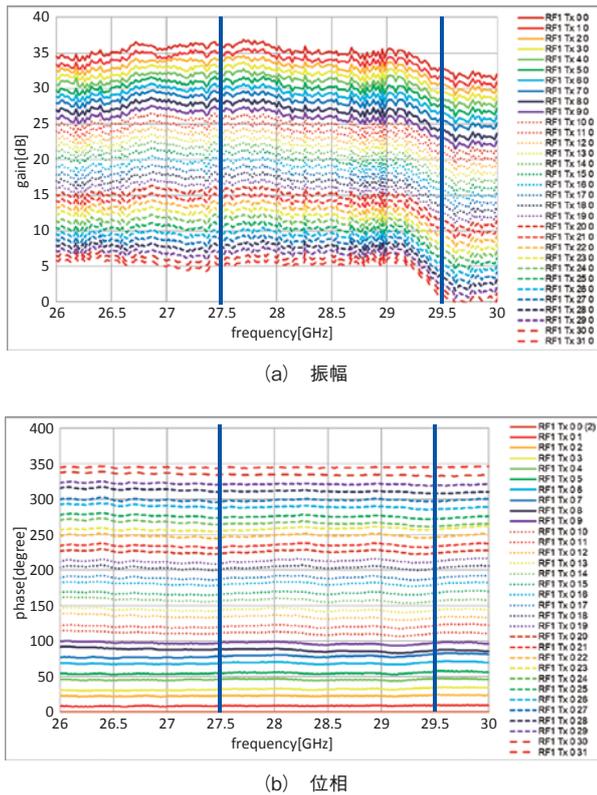


図5 フロントエンド部の振幅・位相の周波数特性

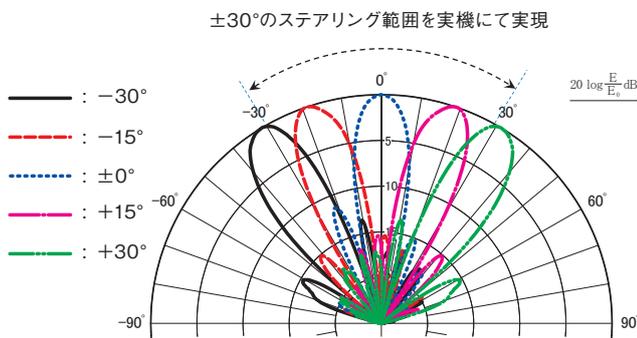


図6 28GHzにおける受信パターンの実測値

テアリングを検討した。図5より、本アンテナのフロントエンドの機能を用いることで、 $\pm 30^\circ$ のビームステアリングパターンを実現できる。また、28GHzにおいて、受信アンプのゲイン分等を差し引くことによって得られるアンテナ利得の推定値は、いずれのビームステアリングパターンにおいても23dBi以上となる。

本論文ではアンテナとフロントエンドのRF部のみの構成で検討したが、今後、周波数変換部およびデジタル信号処理部を含めた検討を行う予定である。

3. 無線機一体型アンテナのOTA測定に関する検討

無線機一体型アンテナでは、外部インタフェースとして光インタフェースが考えられている。その場合、従来の同軸コネクタによる指向性・利得測定ができないため、携帯電話端末と同様に、OTA測定による評価が必要となる。当社においても、OTA測定に関する検討を3.5GHz帯アクティブアンテナシステムを用いて行っており、その結果を本章にて述べる。

図7に、測定した3.5GHz帯アクティブアンテナシステムの構造を示す。本アンテナは、図1(b)の構成を適用しており、CPRI^{*7}、デジタル信号処理部、周波数変換部、フロントエンドおよびアンテナを内包する。

表2に、3.5GHz帯アクティブアンテナシステムの諸元を示す。本アンテナは、偏波共用素子を用いた8ブランチ構成としている。アンテナ利得は11dBi以上、最大EIRPは+41dBm以上に設計している。本アンテナのサイズはW×D×H = 420mm×350mm×120mmである。

図8にパターン測定システムを示す。図8(a)より、送

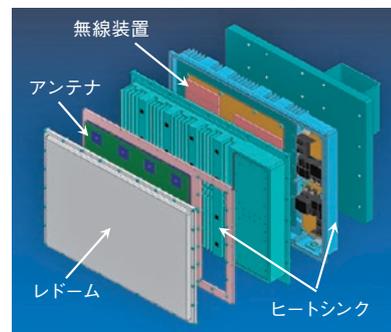


図7 3.5GHz帯アクティブアンテナシステムの構造

表2 3.5GHz帯アクティブアンテナシステムの諸元

項目	仕様値
周波数範囲	3.5GHz帯
アンテナ素子数×ブランチ数	4素子×8ブランチ(偏波共用)
送受信スキーム	TDD
ビームフォーミングの方法	デジタル方式(水平方向)
出力電力	+30dBm/ブランチ
アンテナ利得	11dBi/ブランチ以上
EIRP	+41dBm/ブランチ以上

*7 CPRI : Common Public Radio Interface

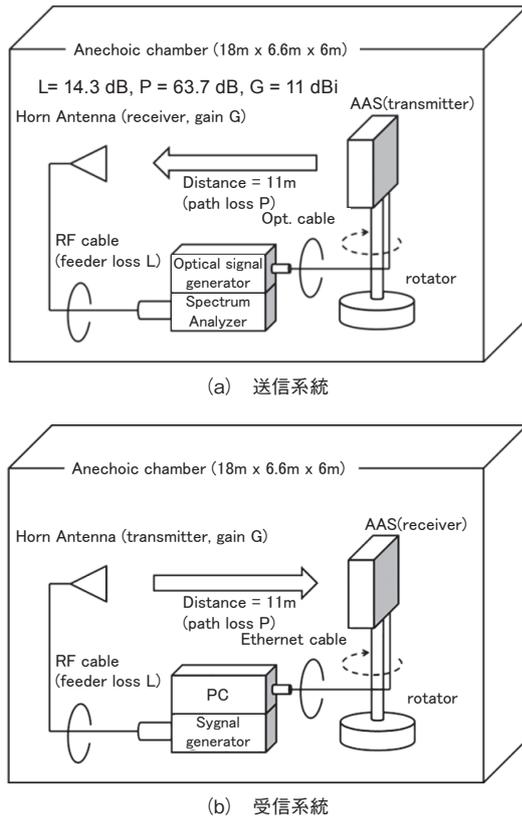


図8 測定系統

信測定系は、光信号発生器により発生させた信号をアンテナに入力し、出力される送信波を受信ホーンアンテナで受け、その受信電力をスペクトラムアナライザで測定し、プロットしていく。また、図8(b)より、受信測定系では、信号発生器にて発生させたCW^{*8}波を、送信ホーンアンテナに入力し、出力波を本アンテナにて受信する。受信アンプ後の、受信電力値をプロットする。図9にEIRP・受信電力およびアンテナ指向性パターンを示す。図において、実線は、無線装置を外しアンテナ単体とした場合の測定値を示す。また、各面内・条件で正規化を行っている。EIRP・受信電力およびアンテナ指向性パターンは良く一致している。したがって、無線装置を分離せず、EIRP・受信電力パターンでのアンテナ指向性の推定は可能である。

3GPPのシナリオにより、28GHz帯はOTA測定が必須であるため、本章での知見をもとに、今後、28GHz帯無線機一体型アンテナを用いた場合の測定についても検討していく。

*8 CW : Continuous Wave

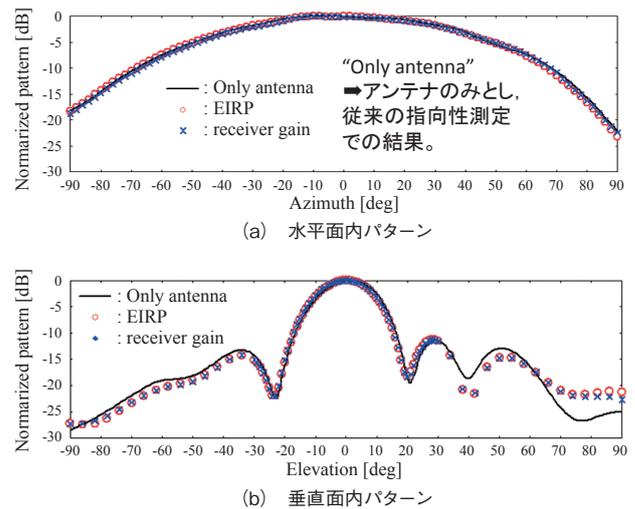


図9 EIRP・受信電力およびアンテナ指向性パターン

4. む す び

5Gに向けた無線機一体型基地局アンテナについて、当社での取り組みについて述べた。28GHz帯でのビームフォーミング実現を目的とした、無線機一体化のビームフォーミングアンテナを実現した。実機により、 $\pm 30^\circ$ の範囲でのビームステアリングを実現した。また、28GHzにおいて、23dBi以上のアンテナ利得を得た。無線機一体型基地局アンテナのOTA測定に関する検討を行った。3.5GHz帯アクティブアンテナシステムを用いた検討では、EIRP・受信電力およびアンテナ指向性パターンは良く一致しており、アンテナ指向性の推定が可能であることを示した。今後28GHz帯無線機一体型アンテナを用いたOTA測定についても検討していく。

参考文献

- (1) T. Nakamura, A. Benjebbour, Y. Kishiyama, S. Suyama, T. Imai, "5G Radio Access: Requirements, Concept and Experimental Trial," IEICE Trans. Commun., vol. E98-B, no. 8, pp. 1397-1406, Aug. 2015.
- (2) K.Sato, Y.Takahashi, I.Oshima, "9 GHz Band Active Antenna System for Cellular Base Station," 2016 ISAP, pp. 152-153, Oct. 2016.
- (3) K.Sato, N.Sasaki, S.Morinaga, S. Miura, K.Shishido, Y.Takahashi, K.Sasaki, I.Oshima, "Study of Radiation Characteristic Measurement System of 3.5 GHz Active Antenna System," 2017 IEEE

