

マルチバンド対応RoF装置および屋内アンテナの開発実用化

中小規模施設への屋内エリア拡大および通信速度の向上を目的としたMIMO対応RoF装置および屋内アンテナを開発し、提供を開始した。本装置は、昨今のスマートフォン利用者増によるトラフィック量の増加に対応すべく、複数周波数帯（1.5、1.7、2GHz帯）の同時伝送に対応したマルチバンド対応RoF装置となっている。本装置の適用により、迅速・経済的に屋内エリアが構築でき、また、マルチバンド伝送への対応によりユーザーはLTEサービスを最大限に享受する事が可能となる。

無線アクセス開発部
 伊東 倜 武田 康宏
 よしはら たつひこ まつむら なおき
 吉原 龍彦 松村 直樹
 ふ け ゆたか
 福家 裕

1. まえがき

ドコモは2000年よりビル内、地下街などの弱電界エリアに第3世代携帯電話（3G）方式のサービスを提供するために、無線信号を光ファイバで伝送するRoF（Radio over Fiber）装置を開発してきた。その後LTE方式のサービス開始に合わせて、MIMO（Multiple Input Multiple Output）^{*1}対応の2GHz帯RoF装置を開発した[1]。

ドコモにおけるLTEユーザは、年々増加してきており、さらなる通信速度の向上が要求されている。

ユーザが屋内で実感するLTEの通信速度を向上させるには、占有する帯域幅を拡大する必要がある。今回2GHz帯とともにさらに1.5、1.7GHz帯を加えた3周波数帯のマルチバンド対応RoF装置を開発した。

1.5、1.7GHz帯の占有帯域幅はそれぞれ15、20MHzを有する。それにより、最大150Mbpsの通信速度が屋内で提供可能となる。

本稿では、開発したマルチバンド対応RoF装置と屋内アンテナについて解説し、実際に商用サービスとして適用した場合の結果について述べる。

2. 装置の特徴

2.1 装置の概要

本装置の構成図を図1に示す。本装置は、親局、集約装置、子局からなり、無線信号をデジタル信号に変換し、デジタル信号を光伝送する方式を採用している。本方式は1.5、1.7、2GHz帯の3G方式およびLTE方式に対応しており、3G方式の送信ダイバーシチ^{*2}、LTE方式のMIMO伝送が可能となっている。本構成により

基地局変復調装置、親局を1カ所に設置し、長距離離れた場所に集約装置、子局を複数の対策ビルに設置することが可能となり、中小規模のエリアに対する通信速度向上を、コストを抑えて対応することが可能となる。

①親局は、下り無線信号を合成分配部で電力モニタおよびレベル調整を行った後、IF（Intermediate Frequency）^{*3}帯に周波数変換し、それらをA/D変換することで各周波数帯のデジタル信号を合成し光信号に変換する。また、子局からの光信号をデジタル信号に変換後、周波数帯ごとに分配し、D/A変換部、周波数変換部で上り無線信号に変換する。下り回線、上り回線の光信号をE/O、O/E変換部^{*4}で波長多重することにより、少ない光ファイバ数で装置を構成する

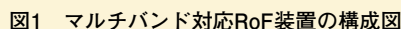
©2014 NTT DOCOMO, INC.
 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

^{*1} MIMO：送受信に複数のアンテナを配備し、マルチパスによって生じる空間的な伝搬の性質の違いを利用することで、アンテナ数に比例して無線リンクの容量を増大させる無線技術。

^{*2} 送信ダイバーシチ：送信アンテナ間のチャネルの変動の違いを利用してダイバーシチ利得を得る技術。

^{*3} IF：中間周波数。

^{*4} E/O、O/E変換部：電気／光変換部、光／電気変換部のこと。



集約装置は、親局からの光信号を一度、電気信号に変換し、子局に分配するとともに、子局からの光信号を電気信号に変換後、合成する機能を有する。1親局に対して最大8台の集約装置が接続可能であり、1集約装置に対しては、最大16台の子局が接続可能である。したがって親局1台に対して最大128台の子局が接続可能である。

各周波数帯のD/A変換部、周波数変換部により3周波数帯の無線信号を生成する。また、上り無線信号を周波数変換部によりIF帯に変換後、A/D変換部でデジタル信号に変換、その後E/O、O/E変換部で光信号に変換して、集約装置、親局側に伝送する。

これにより1アンテナでマルチバンド対応のエリアが効率的に構築可能である。

将来、LTE-Advanced *6 方式の CA (Carrier Aggregation) *7 により、1台の携帯電話で複数周波数帯を用いた通信が可能となり、RoF装置配下エリアのさらなる通信速度の向上が期待できる。

本装置の諸元を表1に示す. 下り信号は5MHz帯域幅・1ブランチあた

***7 CA：1 ユーザの信号を複数のキャリアを用いて同時に送受信することにより、既存のLTEとのバックワードコンパチビリティを保ちながら広帯域化を行い、高速伝送を実現する技術。**

り+10dBm^{*8}の出力電力であり、1.5GHz帯は占有帯域幅が15MHzなので+14.8dBm／ブランチ、1.7GHzおよび2GHz帯は占有帯域幅が20MHzなので+16dBm／ブランチの出力電力となっており、1.5、1.7、2GHz帯の無線信号を送受信することが可能である。出力電力の偏差、隣接チャネル漏洩電力比（ACLR：Adjacent Channel Leakage power Ratio）^{*9}、スプリアス^{*10}などは各方式（3G、LTE）に求められる技術基準を満足する[2] [3]。本装置の子局における3周波数帯の下り回線の出力スペクトル^{*11}を図2に示す。子局の出力端子から3周波数帯の下り回線の信号が同時に送信されており、信号を送信する周波数帯以外での不要波のレベルが低く抑えられている。

親局～集約装置間の光ファイバの最大伝送距離は20kmであり、集約装置～子局間の光ファイバの最大伝送距離は4kmである。

本装置の外観を写真1に示す。親局の容積は18ℓ以下、質量は8kg以下、集約装置の容積は6ℓ以下、質量5kg以下、子局の容積は14ℓ以下、質量は9kg以下である。

3. マルチバンド対応屋内アンテナ

2GHz帯に加え1.5、1.7GHz帯の屋内サービス開始にあたっては、実際に電波を放射する屋内アンテナの開発も必要となる。しかし、周波数帯ごとにアンテナを開発すると、設置スペースや景観などの点で必要な場所に設置できない可能性がある。

表1 本装置の諸元

項 目	下り回線	上り回線
無線周波数	1.5GHz帯：1,495.9～1,510.9MHz 1.7GHz帯：1,859.9～1,879.9MHz 2GHz帯：2,130～2,150MHz	1.5GHz帯：1,447.9～1,462.9MHz 1.7GHz帯：1,764.9～1,784.9MHz 2GHz帯：1,940～1,960MHz
入力電力	-9dBm／5MHz／ブランチ	-20dBm／ブランチ
出力電力	1.5GHz帯：+14.8dBm／ブランチ 1.7GHz帯：+16dBm／ブランチ 2GHz帯：+16dBm／ブランチ	-20dBm／ブランチ
出力電力偏差	±1.0dB以内	±2.0dB以内
隣接チャネル漏洩電力比（ACLR）	-45.8dBc以下	
雑音指数		26.3dB以下（1子局の場合） 47.4dB以下（128子局の場合）
接続集約装置数	最大8台	
接続子局数	集約装置～子局間：最大16台、装置全体：最大128台	
給電方式	親局：-48V 集約装置：-48VまたはAC100V 子局：DC -163.8～-110VまたはAC100V	
光伝送距離	親局～集約装置間：最大20km、集約装置～子局間：最大4km	

dBc（decibels relative to the carrier）：キャリアに対する相対レベル

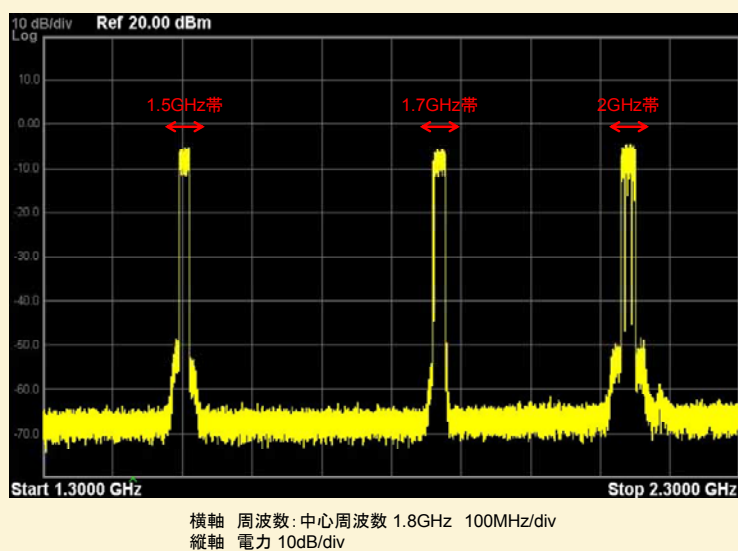


図2 3帯域の下り回線の出力スペクトル

（1.5GHz帯：LTE15MHz、1.7GHz帯：LTE20MHz、2GHz帯：3G 5MHz4波）

^{*8} dBm：電力P [mW] とすると $10\log(P)$ とした時の値。1mWを基準としたときの相対値（1mW=0dBm）。

^{*9} 隣接チャネル漏洩電力比（ACLR）：変調波を送信するときに、本来の送信帯域の信号電力と、それに隣接するチャンネルに発生

した不要波電力との比。

^{*10} スプリアス：信号を送信するときに自分の信号周波数帯以外に送信された不要波のこと。

^{*11} 出力スペクトル：出力ポートにおいて、横軸周波数、縦軸電力の関係を示したもの。

そこで、図3に示すように、従来の2GHz帯屋内アンテナと同等程度の大きさで1.5, 1.7, 2GHz帯の3つの周波数帯に対応し、かつ、1台で2ブランチのMIMO対応が可能なアンテナを開発した。

一般的に、性能を維持するためにはアンテナサイズは周波数に反比例して大きくなるという性質がある。また、マルチバンド化を行うことで

内部構造が複雑になるため、電波特性への影響が懸念される。本アンテナは、容量装荷型モノポールアンテナなどの小型化技術[4]を採用しつつ、独自のパラメータ設計を行うことで、既存の2GHz帯屋内用アンテナと同等の電波特性を維持しつつ、小型化を実現した。

以上より、本アンテナを設置済みの従来アンテナと置き換えるだけで、

追加の設置スペースや見た目、エリアの変更もほとんどなく、より高品質かつ高速な通信を実現可能とした。さらに、従来アンテナと取付け位置・方法も同じにしているため、施工も容易である。写真2に実際の設置イメージを示す。なお、本アンテナはLTE-Advanced方式におけるCAにも対応するため、将来的にアンテナは取り替える必要がなくさらなる



(a)親局外観



(b)集約装置外観



(c)子局外観

写真1 装置外観図

	マルチバンド屋内アンテナ	従来の屋内アンテナ
外観		
対応周波数	1.5/1.7/2GHz帯	2GHz帯
サイズ	150×150×40mm	130×130×40mm
重量	約320g	約230g
MIMO対応	○ (2アンテナ)	○ (2アンテナ)
CA対応	○	×

図3 屋内アンテナスペック



写真2 屋内用アンテナ通路への設置例

通信速度の向上が実現可能である。

4. 本装置を適用した場合のスループット

本装置および屋内アンテナを用いて弱電界エリアを商用サービスした場合のエリアの概要とLTEスループット*12の結果をそれぞれ図4、表2に示す。本エリアは1.5、2GHz帯の2周波数帯をサービスしており、ダウンリンク（DL：Down Link）の理論上の最大スループットは1.5GHz帯（LTE帯域幅15MHz）では112.5Mbps、2GHz帯（LTE帯域幅10MHz）では75Mbpsに対して、実際のスループットはそれぞれ最大98.9、53.5Mbpsであった。

5. あとがき

ビル内弱電界地域のエリア化とともに、さらなる通信速度の向上を行うための3周波数帯（1.5、1.7、2GHz帯）のマルチバンド対応RoF装置およびマルチバンド対応屋内アンテナを開発した。スループットは各理論値に対し、1.5GHz帯で88%、2GHz帯で71%となっており、商用の環境においても大容量伝送可能なシス

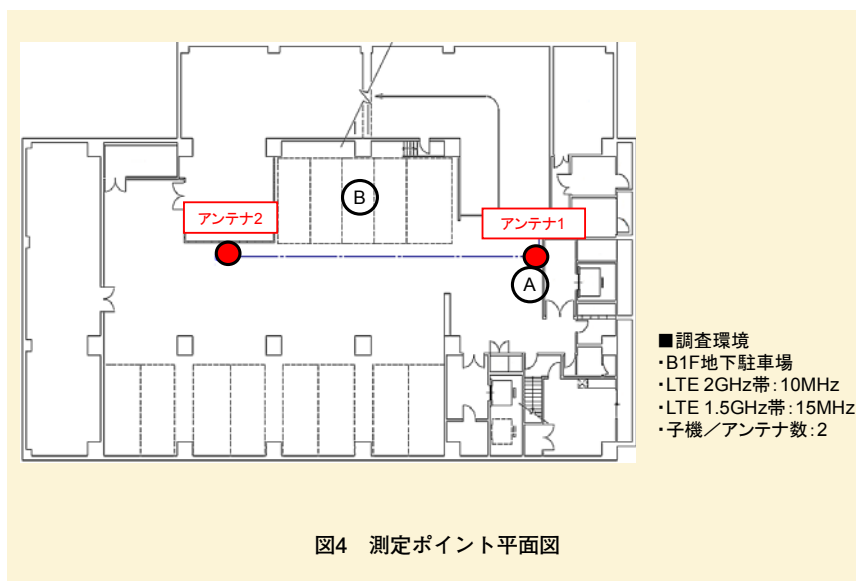


表2 LTEスループット調査結果

	1.5GHz帯	2GHz帯
ポイントAのDL (Mbps)	98.9	53.5
ポイントBのDL (Mbps)	95.7	48.2

テムであることが確認できた。

今後は子局のさらなる小型化、軽量化と、対応する周波数帯の拡大の検討を実施していく。

文 献

- [1] 伊東，ほか：“小規模な弱電界エリア対策用RoF装置の開発実用化，”本誌，Vol.21，No. 2，pp. 46-51，Jul. 2013.
- [2] TELEC T-112：“DS-CDMA/T-

HCDMA携帯無線通信基地局等の特性試験方法。”

- [3] TELEC T-146：“SC-FDMA携帯無線通信基地局等の特性試験方法。”
- [4] 王 珅，新井 宏之，蔣 惠玲，長 敬三：“室内基地局用低姿勢直交偏波共用MIMOアンテナ，”信学論，Vol. J96-B，No.6，pp. 641-647，Jun. 2013.

*12 スループット：単位時間当りに、誤りなく伝送される実効的なデータ量。