

2GHz帯 FOMA 用屋外ブースタ装置の開発

屋外の弱電界エリアを迅速かつ経済的にエリア化するために、2GHz帯 FOMA 用屋外ブースタ装置を開発した。本ブースタ装置は比較的低価格であり、かつ伝送路が不要でランニングコストが軽減できるため、特に山間部などのトラフィックが少ない屋外エリアの弱電界対策に有効である。

いとう やすし ふじもと しゅん
伊東 悌 藤本 俊
きむら やすこ きじま まこと
木村 泰子 木島 誠

1. まえがき

FOMA屋外基地局は2006年度末で35,000局程度まで増設され、サービスエリアが順調に拡大されている。さらに、トラフィックが少ないビル内、地下街、山間部などの地域においても経済的にエリアカバー率を向上させる必要があり、その実現手段の1つとして、ブースタ装置が考えられる。ブースタ装置は、基地局と移動局間の無線信号を受信し増幅して再放射する装置であり、コンパクトで有線の伝送路が不要であるため低コストでサービスエリアを構築できる[1]~[3]。

屋外用ブースタ装置を開発する場合、屋内用と比較してカバーするエリアを広くするために、装置の高利得、高出力化が要求される。また、この装置に接続される対基地局用アンテナと対移動局用アンテナが近接するため、回り込み^{*1}による発振を防ぐための対策が必要となる[2]。

本稿では、今回開発した2GHz帯 FOMA用屋外ブースタ装置およびブースタ専用アンテナについて、装置設計と装置概要を述べる。

2. 装置設計

2.1 FOMA 屋外対策と適用領域

屋外におけるFOMAサービスエリアを構築する無線ネットワーク装置と適用領域の関係について図1に示す。トラフィックの少ない地域にエリアを拡大する場合、1キャリア1セクタ無線基地局装置（BTS：Base Transceiver Station）、1キャリア光張出し基地局装置、屋外ブースタ装置などが適用されている[4]。導入する無線装置は、カバーエリア面積やエリア拡大に伴い増加したトラフィックの収容方法、あるいは光伝送路敷設の可否を考慮し決

定する。ブースタ装置はBTSからの電波を直接増幅して再放射することによりエリア拡大が可能であり、伝送路が不要なためランニングコストを抑えて運用できる。一方で、ブースタでカバーされるエリアの容量は対向するBTSの容量の一部が共用されているため、トラフィックが多い場所にはBTSで直接エリアを構築するほうが適している。

2.2 ブースタ利用イメージ

ブースタの利用イメージを図2に示す。ブースタは対基地局用アンテナ、対移動局用アンテナ、ブースタ装置本体から構成される。電波が届きにくい

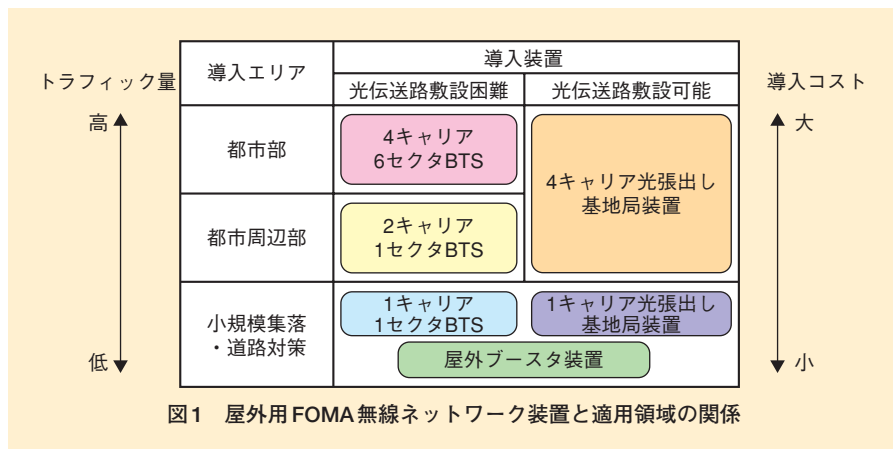


図1 屋外用FOMA無線ネットワーク装置と適用領域の関係

*1 回り込み：無線装置において、自身の送信アンテナから送信された電波が自身の受信アンテナに受信されること。

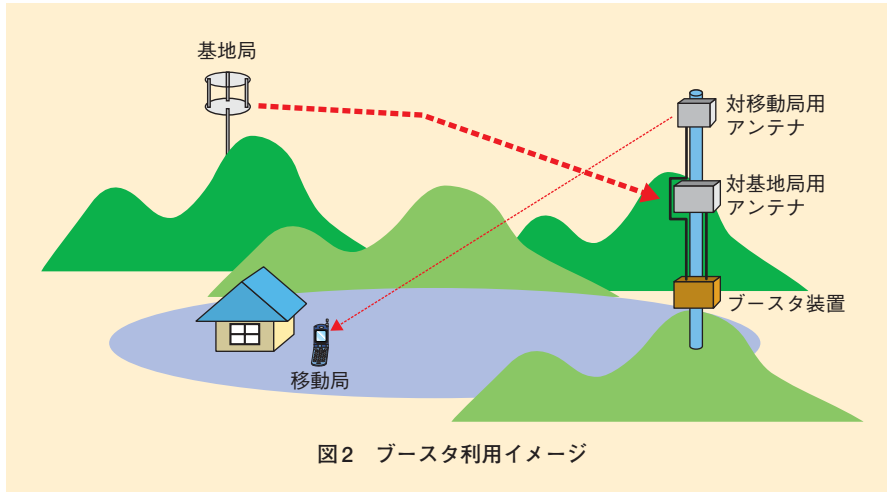


図2 ブースタ利用イメージ

山間部や郊外の盆地などは、一般にカバーエリア半径が小さくトラフィックが少ないためブースタ装置の利用が有効である。

2.3 ブースタ送信雑音と基地局上り回線容量

ブースタ装置の導入により、対向する基地局の上り回線容量は劣化する。設置前の基地局の上り回線容量C'に対して設置後の上り回線容量C'は式(1)で表される[5]。

$$C'/C = 1 - \frac{\sum N_{bk}}{(\eta - 1)N_{BTS}} \quad (1)$$

表1 ブースタ対向基地局容量の計算条件

項目	数値
ブースタ下り出力電力	30dBm/carrier
ブースタ最大利得	80dB
ブースタ対移動局用アンテナ利得	11dBi
ブースタ・移動局間伝搬モデル	奥村一秦式
ブースタ雑音指数	7dB
基地局受信機雑音電力 N_{BTS}	-103dBm/3.84MHz
基地局ロードマージン	1, 3, 6dB

ここで N_{bk} はブースタ装置からの雑音が基地局で受信される電力、 N_{BTS} は基地局受信機の雑音電力、 η は基地局ロードマージン*2である[3]。

表1に示す条件に従って、基地局とブースタ装置間のアンテナ利得を含む伝搬損(以下、伝搬損)と上り回線容量比およびブースタエリア半径の関係を図3に示す。ブースタ利得が大きく伝搬損が小さいほど、エリア半径は大きくなるが、容量劣化も大きくなる。

今回開発したブースタ装置は、伝搬損に応じてブースタ装置の利得を自動的に制御する機能が組み込まれている

[1]. 伝搬損92dB以上では伝搬損が小さいほど容量劣化が大きくなるが、利得制御が動作する伝搬損80~92dBの範囲では容量劣化を一定値に抑えながらブースタ装置によるサービスエリアの構築が可能であり、図3において例えばロードマージン3dBに対して利得制御が動作する範囲では500m前後のエリア半径が確保できることが分かる。

2.4 アンテナ間結合量

屋内ブースタ装置は、通常カバーエリア半径が100m以下と狭いため所要の利得が60dB以下であり[2]、かつ対基地局用アンテナと対移動局用アンテナは一般的に離れた場所に設置されるのでアンテナ間結合量*3が大きく、回り込みの影響は生じない。しかし屋外ブースタ装置では、カバーエリア半径が大きいため最大利得が80dBであり、2つのアンテナが同一の鉄塔上に数メートルの間隔で設置されるためアンテナ間結合量を十分に確保するのが困難である(図4)。2つのブースタ用アンテナ間における結合量を L_c 、ブースタの利得を G_{bk} 、発振しないためのマ-

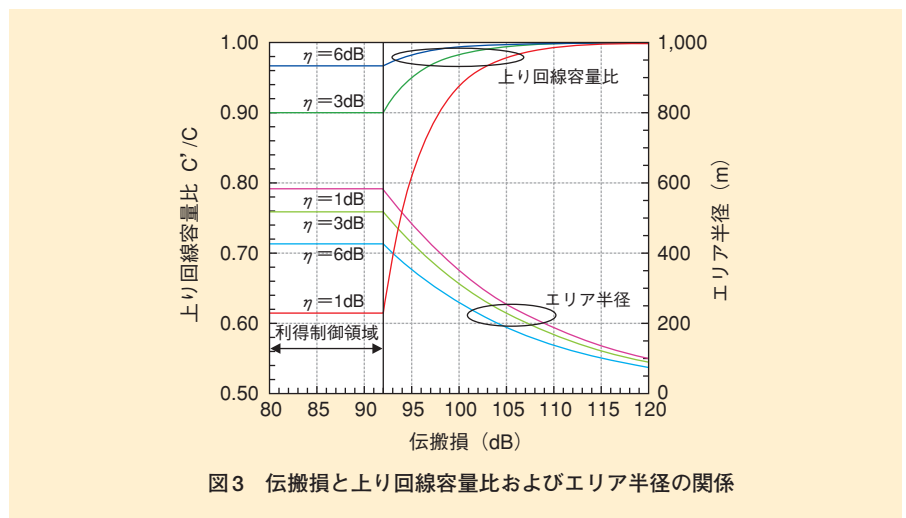


図3 伝搬損と上り回線容量比およびエリア半径の関係

*2 ロードマージン: CDMA方式を用いた多元接続においては、複数のユーザが干渉を許容しながら同じ周波数を共有する。もともと持っている受信機の熱雑音と比較して、どのくらいユーザによる干渉量の上昇を許容するかをロードマージンという。

*3 結合量: 2つのアンテナ間において1つのアンテナともう1つのアンテナとの損失(量)のこと。ブースタに用いる場合には発振しないために、結合量が大いほうがよい。

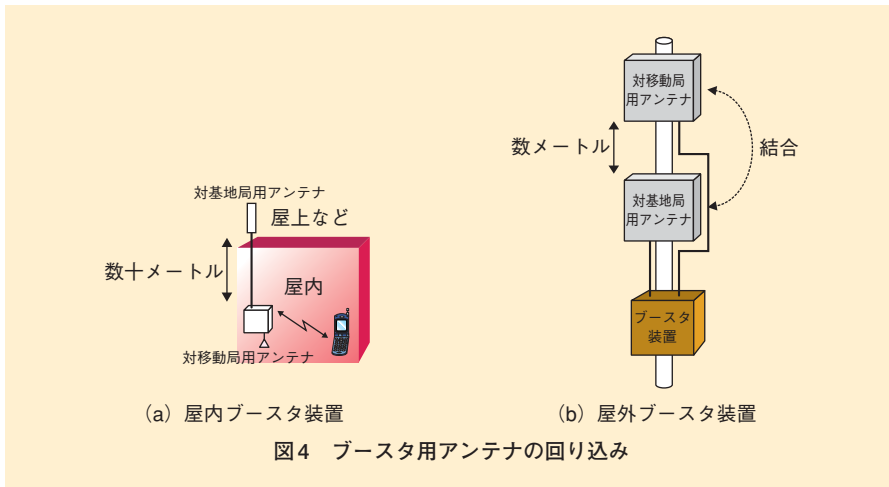


図4 ブースタ用アンテナの回り込み

ジンをMとすると式(2)の条件を満足する必要がある。

$$L_C > G_{bk} + M \quad (2)$$

カバーエリア半径が大きくなるとブースタの利得を高くする必要があるため、所望のアンテナ間結合量も大きくする必要がある。

3 装置概要

3.1 屋外ブースタ装置

今回開発した屋外ブースタ装置の外観を写真1に、基本仕様を表2に示す。下り出力電力は最大33dBm、最大利得は80dBである。また、対向する基地局の上り回線容量劣化を最小限に抑えるために、伝搬損に応じてブースタ装置の利得を変えるための自動利得制御機能を備えている[2]。利得制御の可変範囲は30dBである。

隣接チャンネル漏洩電力比 (ACLR : Adjacent Channel Leakage power Ratio)^{*4}、スプリアス^{*5}などの無線特性は下り回線においては基地局と同等[6]、上り回線においては移動局と同等[7]の特性が得られている。また、

外部環境の変化により回り込みが大きくなった場合には、装置が発振しないようにブースタの利得を抑制する機能も組み入れている。

3.2 ブースタ専用アンテナ

アンテナ間隔が狭くても結合量が確保できるアンテナとしてフロントバック (FB : Front to Back) 比^{*6}およびフロントサイド (FS : Front to Side) 比^{*7}が高い放射パターンを持つブースタ専用アンテナを開発した[2][8]。ブースタ専用アンテナの外観を写真2に、基本仕様を表3に、また対基地局用および対移動局用アンテナの水平面内指向性を図5に示す。対基地局用アンテナはブースタ装置を用いて、より高い受信電力を得るために利得が必要であり、16dBi以上となっている。対移動局用アンテナは利得のみならず、エリアを確保するため水平面内のビー



写真1 屋外ブースタ装置の外観

表2 屋外ブースタ装置基本仕様

項目	数値
帯域	下り：2,135～2,145MHz 上り：1,945～1,955MHz
キャリア数	2波
出力電力	下り：33dBm 上り：15dBm
利得	50～80dB 自動利得制御
最大エリア半径	約500m
電源電圧	AC100V
消費電力	250VA以下
サイズ	W450×H550×D250mm以下
重量	35kg以下

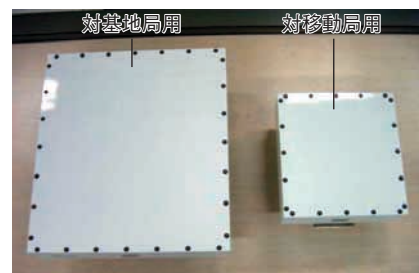


写真2 ブースタ専用アンテナの外観

表3 ブースタ専用アンテナ基本仕様

項目	対基地局用アンテナ	対移動局用アンテナ
アンテナ利得	16dBi以上	11dBi以上
水平面内ビーム幅	25°	40°
FB比	30dB以上	30dB以上
サイズ	W500×H500×D100mm以下	W320×H320×D100mm以下

*4 隣接チャンネル漏洩電力比：変調波を送信するときに、自分の信号電力と隣のチャンネルに送信された不要波との比を表す。

*5 スプリアス：信号を送信するときに自分の信号帯域以外に送信された不要波のこと。

*6 フロントバック比：本稿では、アンテナの指向方向の利得と約180°方向の利得との比を示す。

*7 フロントサイド比：本稿では、アンテナの指向方向の利得と+90°および-90°方向近傍での利得との比を示す。

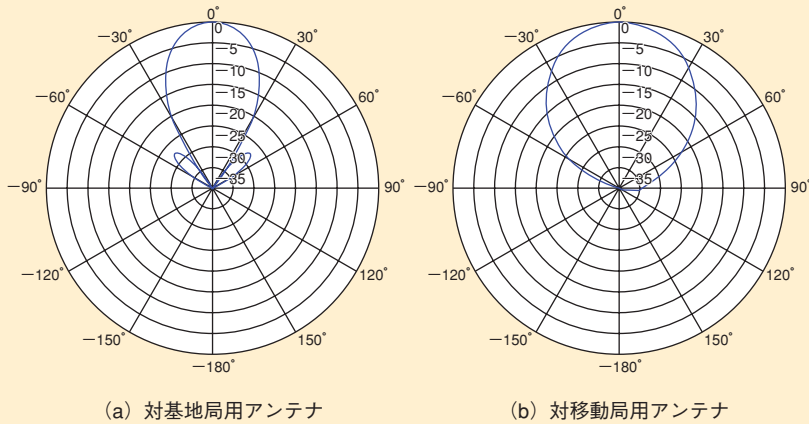


図5 ブースタ専用アンテナ水平面内指向性

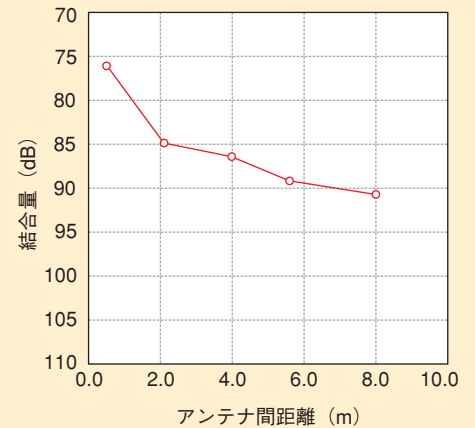


図6 アンテナ間結合量測定結果

ム幅^{*8}が40°となっている。

対基地局用および対移動局用アンテナが同方向時のアンテナ間結合量の測定結果を図6に示す。6mのアンテナ間隔で、ブースタ装置の最大利得80dBと比較して充分な約90dBの結合量が得られており、装置は発振せずに運用可能である。

4 あとがき

今回開発した2GHz帯FOMA用屋外ブースタ装置およびブースタ専用アンテナについて、装置設計および装置概要を述べた。自動利得制御による上り

回線容量劣化の軽減と、専用のアンテナを用いて回り込みによる発振を防止することで、最大利得80dBで安定して運用できることを示した。今後は、さらなる経済化や800MHz帯への適用について検討を進める予定である。

文献

- [1] 伊東 悌, 高向, 恵比根, 藤本 俊: “IMT-2000 用開空間ブースタ装置の構成,” 2003年信学会ソサイエティ大会, B-5-54, 2003-09.
- [2] 藤本 俊, 伊東 悌, 木村, 恵比根: “IMT-2000 用開空間ブースタ装置の検証,” 2004年信学会総合大会, B-5-136, 2004-03.
- [3] 藤本, ほか: “屋内用FOMAブースタ装置の開発,” 本誌, pp.25-30, Vol.13, No.3, 2005.
- [4] 引馬, ほか: “FOMAエリアの経済的拡大に向けた無線基地局装置の開発,” 本誌, pp.50-56, Vol.12, No.1, 2004.
- [5] 伊東 悌, 藤本 俊, 皆川, 木島 誠: “IMT-2000用ブースタの雑音による上り容量劣化の検討,” 2005年信学会総合大会, B-5-128, 2005-03.
- [6] 3GPP TS25.104: “BS Radio transmission and Reception (FDD)”
- [7] 3GPP TS25.101: “UE Radio transmission and Reception (FDD).”
- [8] 道下, 新井, 恵比根: “16素子パッチアレイアンテナによる中継機の相互結合特性,” 2003年信学会総合大会, B-1-78, 2003-03.

*8 ビーム幅: アンテナの最大利得から-3dB以内の利得をもつアンテナの放射角度。