

モバイルネットワークにおけるビームフォーミングアンテナの適用効果

B-5 Channel capacity enhancement by beam forming antenna in mobile networks

野澤 拓也[†] 小川 雄斗^{††} 梅比良正弘[†]

Takuya NOZAWA[†] Yuto OGAWA^{††} Masahiro UMEHIRA[†]

[†] 茨城大学工学部 ^{††} 茨城大学大学院理工学研究科

[†] Faculty of Engineering, Ibaraki University ^{††} Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University

1. はじめに

第 5 世代移動通信では広帯域を利用可能な 6GHz 以上の高マイクロ・ミリ波帯の利用が検討されており、ビームフォーミングアンテナを用いた周波数繰返し利用による周波数利用効率の向上が期待されている。本研究では、基地局と端末にビームフォーミングアンテナを用いる場合の周波数利用効率を評価し、従来のセクタアンテナ構成の場合と比較した。

2. システムモデル

ビームフォーミングにより指向方向制御を行う場合、基地局と端末は指向方向を正対させることが可能であり、端末の位置、すなわち指向方向が異なれば複数端末と同時通信が可能になる。ビームフォーミングアンテナ利用時に、同時通信する端末数が 1、2 の場合をシングルユーザ BF、マルチユーザ BF1 と呼ぶ。また、同時通信端末数 2 で、指向方向が半値幅以下にならないよう制御する方法をマルチユーザ BF2 と呼ぶ。これは同時接続端末数 2 のマルチユーザ MIMO に相当する。

一方、セクタアンテナを用いる場合、ビーム半値幅 α (deg) とするとセクタ数 $N=360/\alpha$ 、1 セクタで利用可能な周波数帯域は $1/N$ となる。 α が小さければ、マルチユーザ MIMO と同様に 180 度異なる指向方向で周波数繰返し利用ができる。周波数繰返しなしを FR(Frequency Reuse)=1 セクタ、周波数繰返し 2 を FR=2 セクタと呼ぶ。

以上の 5 種類のシステムモデルにおいて、 $\alpha=60, 30, 15$ (deg) の場合の、下りリンクにおける周波数利用効率を比較評価した。システムモデルのビーム当たりの帯域幅を表 1 に示す。

3. シミュレーション方法

周波数利用効率を評価するため ITU-R SM. 2028 に記載の SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool) [1] を用いてモンテカルロシミュレーションを行った。19 のマルチセル環境でセルは六角形として、各セルに端末をランダムで配置し、中心セルにおける端末の希望波対干渉波比 γ の確率密度を評価した [2]。干渉が支配的と仮定し、熱雑音は無視して、 γ とその確率密度 $p(\gamma)$ により周波数利用効率 C [bit/s/Hz/cell] を次式により評価した。

$$C = \sum_{\gamma} 1/N \times \log_2(1 + \gamma) p(\gamma) \quad (1)$$

距離減衰特性とシャドーイングは、ITU-R M. 2135 モデルの郊外環境を用い、このモデルを SEAMCAT に実装した。周波数は 6GHz、基地局アンテナの指向性は IEEE802. 11ad モデル [3] を用い、端末は 180 度の半値幅である 2 素子アンテナ [4] と無指向性とした。送信電力を 46 [dBm]、基地局高を 35 [m]、端末高を 1.5 [m]、基地局間距離を 1 [km] とした。

4. シミュレーション結果

基地局アンテナの半値幅とセル構成に対する周波数利用効率を図 2 に示す。図より α が小さくなると周波数利用効率が改善されることがわかる。これは周囲の基地局からの干渉が低減されるためと考えられる。ビームフォーミングの方がセクタアンテナより γ の中央値は 4dB 改善さ

れており、周波数利用効率も大きいとその差は小さい。マルチユーザ BF は、シングルユーザ BF より周波数利用効率が大きくなるが、セル間のビーム間干渉のため改善効果は 2 倍よりかなり小さくなった。端末にビームフォーミングを適用すると、マルチユーザ BF1, BF2 で γ の中央値は 3dB 程度改善し、シングルユーザ BF より改善効果が大きい。

5. まとめ

基地局と端末にビームフォーミングアンテナを用いる場合とセクタアンテナ構成の場合の周波数利用効率を比較し、ビームフォーミングアンテナの適用効果を明らかにした。

<参考文献>

- [1] SEAMCAT version4.1.0 <http://www.seamcat.org/>
- [2] 岩井誠人 移動通信における電波伝搬 7 章 コロナ社, 2012
- [3] Alexander Maltsev et al., "Channel Models for 60 GHz WLAN Systems," IEEE P802.11-09-0334-04, <http://iee802.org/11/>
- [4] 大友 ほか, "無指向性・指向性アンテナの混在環境下における無線 LAN ネットワークのスループット特性" 電子情報通信学会信学技報, RCS2009-263, pp.35-40, 2009

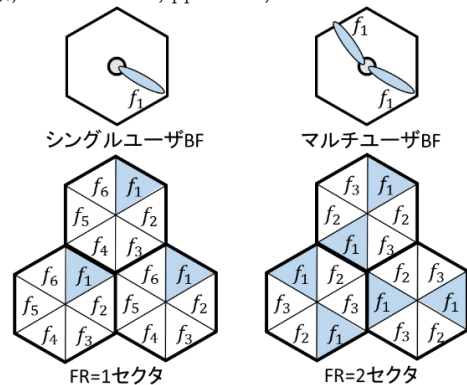


図 1 システムモデル

表 1 各システムモデルのビーム当たりの帯域幅

	シングルユーザBF	マルチユーザBF1,2	FR=1セクタ	FR=2セクタ
15deg	1	1	1/24	1/12
30deg	1	1	1/12	1/6
60deg	1	1	1/6	1/3

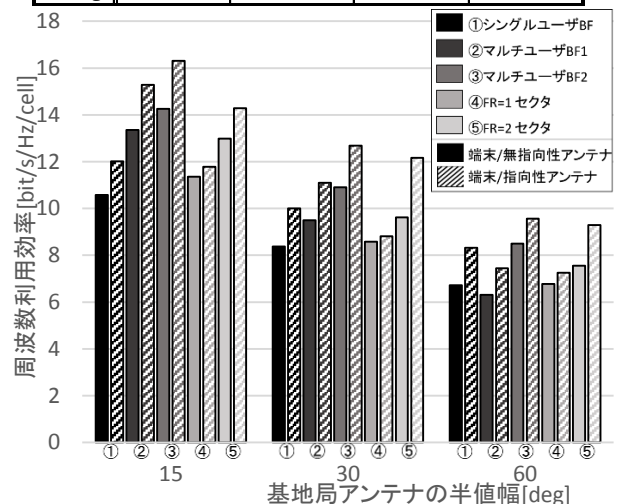


図 2 シミュレーション結果