

# 市街地伝搬環境における SINR 変動特性

桑原 肇\*      堀 俊和\*      藤元 美俊\*      西森 健太郎\*\*  
\*福井大学 工学部      \*\*NTT 未来ねっと研究所  
〒910-8507 福井市文京 3-9-1      〒239-0847 横須賀市光の丘 1-1  
E-mail:kuwahara@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

**あらまし** 近年、チャネルの利用効率を向上させるため、SDMA(Space Division Multiple Access)方式が提案されている。本報告では市街地などの多重波伝搬空間におけるSDMAの周波数利用効率特性を把握するために、市街地伝搬環境においてSINRを指標とし、基地局アンテナ高・建物高の不均一さを変化させシミュレーションを行った。このとき所望端末を固定とし、干渉端末が移動したときのSINR変動特性について示す。基地局アンテナ高をパラメータとしたとき、基地局アンテナ高100m以上においてSINRが10dB以下となる範囲がほぼ一定であり、基地局アンテナ高が150mにおいて建物の分布に影響されないことがわかった。また、建物高の不均一さをパラメータとしたとき、建物高が3m~57mまで大きく変動する市街地伝搬環境モデルに対しても、干渉端末が基準端末付近250m以外にいる場合には、SINRが10dB以上を確保できることがわかった。

**キーワード** SDMA, SINR, 市街地伝搬環境

## The SINR Change Characteristics in Urban Area Propagation Environment

Hajime KUWAHARA\*      Toshikazu HORI\*      Mitoshi FUJIMOTO\*      Kentaro NISHIMORI\*\*

\*Faculty of Engineering, University of Fukui,      \*\*NTT Network Innovation Labs,  
3-9-1, Bunkyo, Fukui, 910-8507 Japan      1-1, Hikari-no-oka, Yokosuka, 239-0847 Japan

E-mail:kuwahara@wireless.fuis.fukui-u.ac.jp

**Abstract** The SDMA system is proposed in order to raise the use efficiency of a channel in recent years. In this report, in order to grasp the frequency use efficiency characteristic of SDMA in multiplex wave propagation space, such as a urban area SINR was made into the index in city area propagation environment, the unevenness of base station antenna quantity and building quantity was changed, and the simulation was performed. At this time, a request terminal is considered as fixation and the SINR change characteristic when an interference terminal move is shown. When base station antenna quantity is made into a parameter, the range from which SINR is set to 10dB or less in 100m or more of base station antenna quantities is almost fixed, and it turns out that base station antenna quantity is not influenced by distribution of a building in 150m. Moreover, when the unevenness of building quantity is made into a parameter and an interference terminal is also to the city area propagation environmental model to which building quantity is sharply changed to 3m-57m in addition to 250m near a standard terminal, it turns out that SINR can secure 10dB or more.

**Keyword** SDMA, SINR, Urban Area Propagation Environment

### 1. まえがき

近年のマルチメディア通信及び移動通信の普及に伴って、広帯域で高品質かつ大容量な無線アクセス技術の確立が期待されている。しかしながら無線通信において周波数は有限であるため、周波数の有効利用が必

須であり、周波数・時間・符号による多元接続技術が確立され運用されている。さらに周波数利用効率を改善する技術としてSDMA(Space Division Multiple Access)技術が注目されている。SDMAでは基地局にスマートアンテナを適用し、ユーザごとに所望信号を強調するととも

にはほかのユーザ信号を抑圧する指向性を形成する。このようにして各ユーザを空間的に分離することで、同一周波数、同一時間で帯域を増加させることなく複数のユーザがネットワークにアクセスすることが可能になる。

しかし、SDMAにおける周波数利用効率はユーザが接近すると大きく劣化する。これは、ユーザが接近することによって空間的にユーザを分離できなくなるからである。また市街地のような多重波到来空間においては建物の分布に各ユーザが影響を受けるため、建物を考慮しないセクタセルにおけるシミュレーションとは異なった周波数利用効率特性を示す。本報告では、市街地などの多重波伝搬空間におけるSDMAの周波数利用効率特性を把握するために、市街地伝搬環境を模したシミュレーションモデルを作成した。作成したモデルに対し、SINR (Single to Interference and Noise Ratio=信号対干渉雑音比)を指標として、基地局アンテナ高・建物高の不均一さをパラメータとし、各パラメータに対するSINR変動特性を求めた。

以下、2章で市街地伝搬環境モデル、3章で市街地伝搬路特性の計算、4章でシミュレーション結果を示す。

## 2 市街地伝搬環境モデル

図1に市街地伝搬環境モデルを示す。所望端末を基地局アンテナからの見通し内に配置し固定とした。このとき干渉端末がX軸方向(横方向)に移動する場合のSINR変動特性について考えた。基準端末、干渉端末の高さは1.5mとした。図1の小さい四角はそれぞれ、建物の高さが $30 \pm h \times 30$ (hは建物高の不均一さを決めるものである)、建物の幅が $20 \pm 0.5 \times 20$ の範囲内でランダム

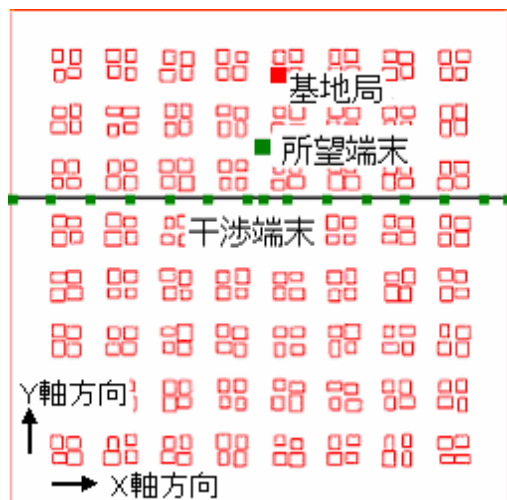


図1 市街地伝搬環境モデル

に作られる建物である。このランダムに設定される建物4個を1ブロックとし、縦・横8ブロックずつ、合計64ブロックからなる市街地伝搬環境モデルを作成した。基地局アンテナ高に対するSINR変動特性を考える場合は $h=0.7$ とした。つまり、建物高が9m~51mまでランダムに変動する市街地伝搬環境モデルに対してシミュレーションを行ったことに相当する。建物高の不均一さに対するSINR変動特性を考える場合は基地局アンテナ高を50mとし、各モデルにおいて道路幅は20m、建物及び地面はともに、比誘電率を5、導電率を $0.01[S/m]$ とした。

## 3 市街地伝搬路特性の計算

計算機によるシミュレーションでは2で示した市街地伝搬環境モデルに対して、所望端末・干渉端末それぞれの伝搬路特性(到来方向・電力・遅延時間)を計算し、雑音を加えることで、SINRを求めた。SINRとは信号対干渉雑音比のことであり、所望端末の電力と干渉端末の電力及び雑音電力の和の比であり、

$$SINR = \frac{\text{所望端末電力}}{\text{干渉端末電力} + \text{雑音電力}} [dB]$$

で表される。ランダムに作成する建物の高さ・幅の異なる20種類の市街地伝搬環境モデルに対して、このシミュレーションを行い、SINRによる評価を行った。

## 4. シミュレーション結果

### 4.1 基地局アンテナ高への依存性

2で示した市街地伝搬環境モデルにおいて、基地局アンテナ高を50m, 75m, 100m, 125m, 150mと変化させ、アンテナ高の違いによるSINR特性の変化についてシミュレーションを行った。このとき基地局アンテナのビーム幅を180度とした。図2は基地局アンテナ高を100mとしたときのSINR特性の推移である。

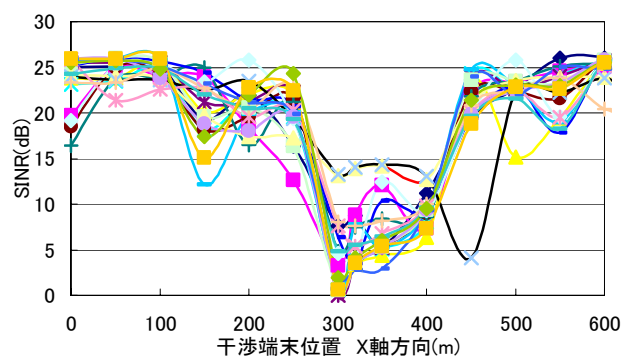


図2 基地局アンテナ高100mにおけるSINR特性

グラフ中の横軸は干渉端末の位置であり、320m で所望端末と干渉端末は Y 軸上(縦方向)にならぶ。縦軸は SINR である。また、グラフ中にある多数のデータ線は、各市街地伝搬環境モデルに対する SINR 特性であり、本報告では 20 種類の市街地伝搬環境モデルに対してシミュレーションを行ったので、グラフ中に 20 本のデータ線が見えていることになる。図2より本報告で行ったシミュレーションによって、SDMA において一般的に言われている特性、すなわちユーザの接近による SINR の低下が確認された。各アンテナ高において、SINR が 10dB 以下となる範囲をグラフにしたものを図3に示す。

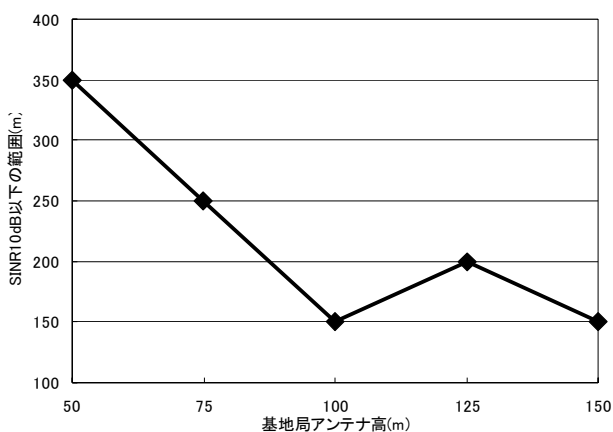


図3 基地局高による SINR10dB 以下の範囲

グラフ中の横軸は基地局アンテナ高であり、縦軸は SINR が 10dB 以下となる干渉端末の範囲を表している。

図3のグラフより、SINR が 10dB 以下となる干渉端末の範囲は基地局アンテナ高が高くなるにつれ狭くなっていることがわかる。基地局アンテナ高 125m において一時 10dB 以下となる範囲が上昇するが、アンテナ高 100m 以上において SINR10dB 以下となる干渉ユーザ範囲はほぼ一定であるといえる。

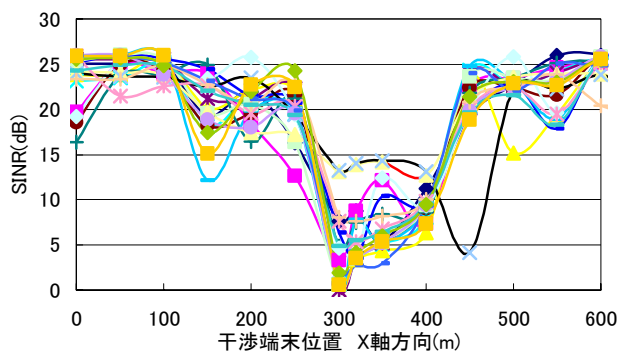


図4 基地局アンテナ高 100m での SINR 特性

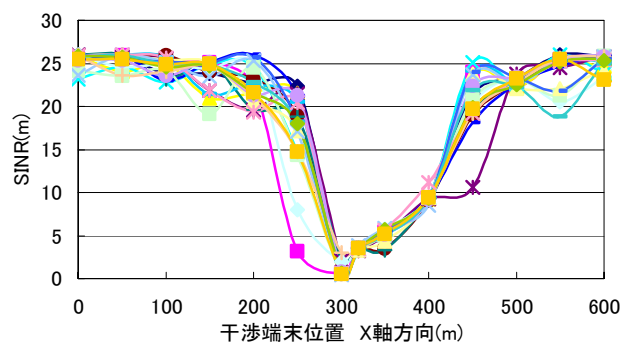


図5 基地局アンテナ高 150m における SINR 特性

図4, 5は基地局アンテナ高 100m, 150m における SINR 特性のグラフである。アンテナ高 100m 及び 150m において、図3にあるように SINR10dB 以下となる範囲は同じであったが、図4, 5 のグラフより SINR 特性は大きく異なっていることがわかる。アンテナ高 150m における SINR 特性を示した図5のグラフでは、今回シミュレーションで用いた20種類の市街地伝搬環境モデルに対してほぼ同じ特性を示しており、建物の分布に影響されにくいことがわかる。

#### 4.2 建物高の不均一さへの依存性

2で示した市街地伝搬環境モデルにおいて、建物の平均高を 30m とおき、この平均高から  $\pm$  (平均高  $\times$  h) の範囲でランダムに建物高が決まるとし、建物高の不均一さを決定する h を 0.1 (建物高は 27m ~ 33m の範囲でランダムに決定する)  $\cdot$  0.5 (建物高は 15m ~ 45m の範囲でランダムに決定する)  $\cdot$  0.9 (建物高は 3m ~ 57m の範囲でランダムに決定する) としシミュレーションを行った。このとき基地局アンテナのビーム幅を 90 度とした。h は 0 に近づくほど不均一さが小さくなり、1 に近づくほどランダムになる数である。図6は h=0.1 における SINR 特性の推移である。

図2と同様に、グラフ中の横軸は干渉端末の位置であり、320m で所望端末と干渉端末は Y 軸上(縦方向)にならぶ。縦軸は SINR である。グラフ中にある多数のデータ線は、各市街地伝搬環境モデルに対する SINR 特性である。図6においても、SDMA において一般的に言われている特性、すなわちユーザの接近による SINR の低下が確認された。

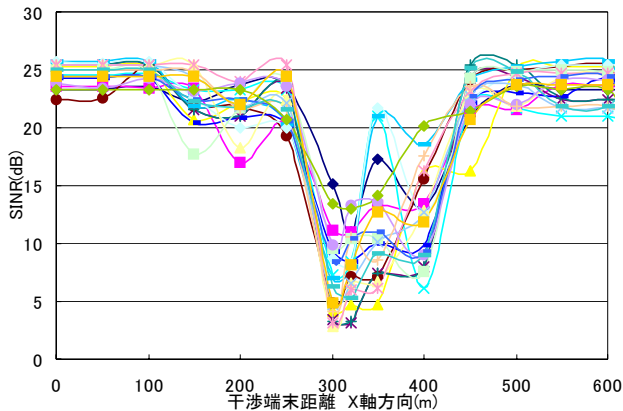


図6 h=0.1における各モデルのSINR特性

各hに対して、SINRが10dB以下となる範囲をグラフにしたものを図7に示す。

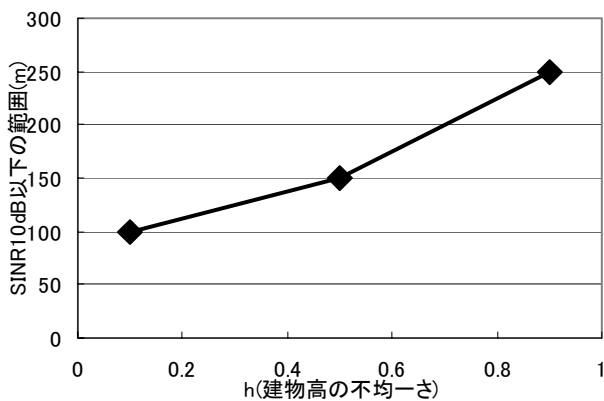


図7 不均一さによるSINR10dB以下の範囲

グラフ中の横軸はhすなわち建物高の不均一さであり、縦軸はSINRが10dB以下となる干渉端末の範囲を表している。hが大きくなるにつれ、建物高がランダムになり、SINRの低下が起こる確率が高くなるため、10dB以下となる干渉端末の範囲が広がっている。図7は建物高の不均一さがSINR低下範囲にどれだけ影響を与えるのか示したものであり、一例として建物高の不均一さh=0.9においてSINR10dB以下となるのは干渉端末が所望端末付近250m以内にあるときである。いいかえれば、図7で表される範囲以外においてはSINR=10dB以上であり、建物高の不均一さによる変化に対してSINR=10dB以上を確保できる範囲を把握することができる。

## 5. むすび

シミュレーションにより市街地伝搬環境におけるSINR変動特性について、基地局アンテナ高・建物の不均一さへの依存性を明らかにした。

基地局アンテナ高をパラメータとしたシミュレーション結果より、基地局アンテナ高100m以上においてSINRが10dB以下となる範囲がほぼ一定であり、基地局アンテナ高が150mにおいて建物の分布に影響されず、ランダムに決まる市街地伝搬環境モデルに対してほぼ同じ特性であることがわかった。

建物の不均一さをパラメータとしたシミュレーション結果より、建物高が3m~57mまで大きく変動する市街地伝搬環境モデルに対しても、干渉端末が所望端末付近250m以外にいる場合には、SINRが10dB以上を確保できることがわかった。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なご助言を頂いた、長 敬三博士(現 NTTドコモ)に感謝する。

## 参考文献

- [1]K. Cho and T. Hori, "Smart Antenna System Actualizing SDMA for Future Wireless Communications," Proc. of ISAP2000, pp.1485-1488, Fukuoka, Japan, Aug. 2000.
- [2]鈴木 達, 大鐘武雄, 小川恭考, "アダプティブアレーを用いたSDMA方式におけるチャンネル利用率の検討," 信学論 B, Vol. J85-B, No. 3, pp.346-353, Mar. 2002.
- [3]鷹取泰司, 長 敬三, 堀 俊和, "複数固有ビームと送信電力制御を用いたSDMA指向性制御法," 信学論 B, Vol. J86-B, No. 9, pp.1941-1949, Sep. 2003.
- [4]小宮一公, 西森健太郎, 長敬三, 水野秀樹, "セルラ移動環境における空間・偏波制御型SDMAのチャンネル容量改善効果," 信学技報 AP 2002-24, May 2002.
- [5]鷹取泰司, 長 敬三, "複数固有ベクトルビームを用いたSDMA用初期ビーム形成法の基礎実験評価," 進学技報 AP2002-91, Oct. 2002.
- [6]西森健太郎, 長 敬三, "垂直面指向性と偏波を制御するスマートアンテナを用いたSDMAの提案," 信学技報 AP2002-92, Oct. 2002.