

セルラー方式のチャネル容量に関する一検討

A Study on Channel Capacity in A Cellular System

安達 宏一[†] 安達 文幸[‡] 中川 正雄[†]
Koichi Adachi Fumiyuki Adachi Masao Nakagawa

[†]慶應義塾大学大学院理工学研究科 開放環境科学専攻 [‡]東北大学大学院工学研究科 電気・通信工学専攻

1. まえがき

セルラーシステムでは異なるセル間で同一の周波数を繰り返し利用することで限られた周波数帯を有効に利用している。しかし、クラスタサイズを小さくし過ぎると他セル干渉が強くなり、これによりチャネル容量が低下する。一方、同一周波干渉を弱くするためにクラスタサイズを大きくすると、1 基地局あたりに割り当てることができる帯域幅が狭くなるから、やはりチャネル容量が低下してしまう。このことは、チャネル容量を最大にする最適なクラスタサイズが存在することを示している。本稿では、クラスタサイズを与えたときの下りリンクチャネル容量の簡単な表示式を導出している。そして、チャネル容量を最大にする最適なクラスタサイズを明らかにしている。

2. チャネル容量の導出

希望ユーザがセル端に位置している最悪条件を考える。周辺 6 セルからの干渉が支配的な干渉リミテッド環境を仮定する。理論検討の簡単化のために、本稿では 6 干渉セルがセル端ユーザ位置から同距離に存在しているものとする(図 1)。クラスタサイズ F 、同一周波数を用いるセル間距離 D とセル半径 R は次式の関係にある[1]。

$$F = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R} \right)^2 \quad (1)$$

シャドーイング損失およびフェージングの影響を無視すると N_r アンテナ受信ダイバーシチを用いるセル端の平均受信 SIR は

$$\Gamma = \frac{S}{6I} = \frac{1}{6} \cdot \frac{N_r \cdot R^{-\alpha}}{(D-R)^{-\alpha}} = \frac{N_r}{6} \cdot \left(\frac{D}{R} - 1 \right)^\alpha \quad (2)$$

となる。 Γ は、式(1)および(2)より、 F を用いて次式のように表すことができる。

$$\Gamma = \frac{1}{6} \cdot \left(\sqrt{3F} - 1 \right)^\alpha \quad (3)$$

各セルに割り当てられる帯域幅を W (Hz)、クラスタ全体の総帯域幅を B (Hz)、クラスタの面積を A_0 (km^2)、セルの面積を A_{cell} (km^2) とする。クラスタの面積 A_0 での総チャネル容量を C_{total} とする。正規化チャネル容量 η (bps/Hz/ km^2) は次式で表せる。

$$\eta = \frac{C_{\text{total}}}{B \cdot A_0} = \frac{C \cdot F}{(W \cdot F) \cdot (A_{\text{cell}} \cdot F)} = \frac{C}{W} \cdot \frac{1}{A_{\text{cell}}} \cdot \frac{1}{F} \quad (4)$$

ここで、 $C/W = \log_2(1+\Gamma)$ (bps/Hz) である[1]。式(4)に式(3)を代入すると、式(4)は次式のようになる。

$$\eta = \frac{1}{A_{\text{cell}}} \cdot \frac{1}{F} \cdot \log_2 \left(1 + \frac{N_r}{6} \cdot \left(\sqrt{3F} - 1 \right)^\alpha \right) \quad (5)$$

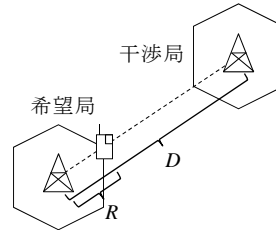


図 1 基地局と端末の位置関係.

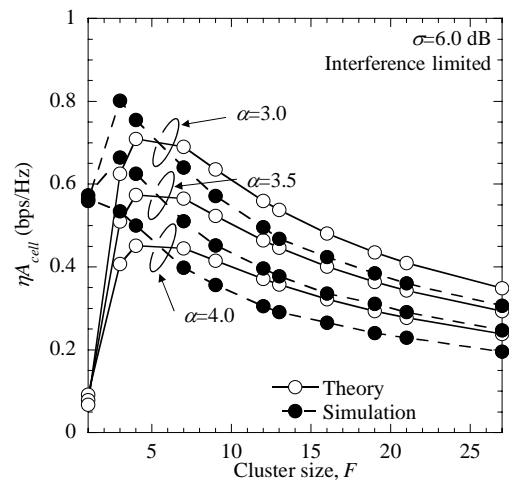


図 2 クラスタサイズ F に対する 1 セルあたりのチャネル容量 (bps/Hz).

3. 数値計算

パス損失指数 $\alpha=3.0\sim 4.0$ 、シャドーイング損失の標準偏差 $\sigma=6.0\text{dB}$ 、周波数フラットフェージングチャネルを仮定した。式(5)から計算したチャネル容量(Theory)と、モンテカルロシミュレーションにより求めたチャネル容量(Simulation)[2]を図 2 に示す。理論値とシミュレーション値の間に差が見られる。これは、理論では干渉 6 セルが同位置に存在していると仮定したが実際にはセル端と 6 干渉局との距離は異なること、また、理論検討ではシャドーイング損失およびフェージングを無視しているためである。しかし、理論とシミュレーションともに周波数利用効率を最大にするクラスタサイズ F が存在し、それが 3~4 であることを示している。

4. まとめ

本稿では、干渉リミテッド環境下のセルラ方式のチャネル容量の表示式を導出し、チャネル容量を最大にする最適なクラスタサイズ F が存在することを示した。

参考文献

- [1] J. G. Proakis, *Digital communications*, 4th ed., McGraw-Hill, 2001.
[2] K. Adachi, F. Adachi, and M. Nakagawa, *IEEE VTC'07-fall*, 2007.