

DS-CDMA を用いる分散アンテナネットワーク上りリンク容量に関する一検討

A Study of Uplink Capacity of DS-CDMA Distributed Antenna Network

井下 翔平¹ 宮崎 寛之² 小原 辰徳² 安達 文幸²
 Shohei INOSHITA Hiroyuki MIYAZAKI Tatsunori OBARA Fumiyuki ADACHI

¹東北大学 工学部 情報知能システム総合学科 ²東北大学 大学院工学研究科 通信工学専攻

¹Department of Information and Intelligent Systems, School of Engineering, Tohoku University

²Department of Communications Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

分散アンテナネットワーク(DAN)[1]は低送信電力で所要の通信品質を達成できるため、同一チャネル干渉を大幅に低減できる。本論文では、直接拡散符号分割マルチアクセス(DS-CDMA)[2]を用いる DAN の上りリンク容量について検討し、シングルキャリア周波数分割マルチアクセス(SC-FDMA)[3]を用いる DAN より大きなリンク容量が得られることを示している。

2. DAN上りリンクモデル

図1に DAN 上りリンクモデルを示す。シングル周波数繰り返しを用いるマルチセル環境を仮定している。中央のセル($c=0$)を測定対象とし、その周辺6セルからの干渉を考慮する。セル内には7本の分散アンテナが等間隔に配置されており、隣接するアンテナ間の距離はセル半径 R の $2/3$ 倍としている。各セル内には単一送信アンテナ($N_r=1$)を有する U 個のユーザ端末が存在するものとし、端末ごとに最近接の N_r (≤ 7)本の分散アンテナを選択して通信を行う。

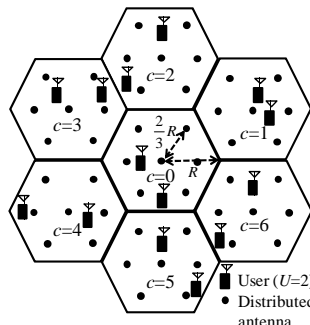


図1 DAN上りリンクモデル

3. DS-CDMA DAN 送受信系

図2に DS-CDMA DAN の送受信機構成を示す。端末送信機ではデータシンボル系列を拡散率 SF の拡散系列を用いて拡散し、 N_c チップからなるチップブロックを生成する。そしてブロックの先頭のガード区間にサイクリックプレフィックス(CP)を挿入し送信する。

ネットワーク側では、 N_r 本の分散アンテナで受信された受信ブロック信号からそれぞれ CP を除去した後、 N_r ポイント高速フーリエ変換(FFT)を適用して周波数領域信号に変換する。そして、最小平均二乗誤差(MMSE)規範に基づく周波数領域等化(FDE)とダイバーシチ合成[2]を行う。最後にダイバーシチ合成後の周波数領域受信信号に N_c ポイント逆 FFT(IFFT)を適用して時間領域信号に変換した後、時間領域で逆拡散およびデータ復調を行う。

なお本論文では、ダイバーシチ合成後の平均受信ビットエネルギー対片側雑音電力スペクトル密度比を目標値 $(E_b/N_0)_{\text{target}}$ に合わせる低速送信電力制御(TPC)[4]を仮定している。

4. 計算機シミュレーション

QPSK データ変調を用い、FFT ブロックサイズ、CP 長、および拡散率をそれぞれ $N_c=256$, $N_g=32$, および $SF=16$ とする。一様電力遅延プロファイルを有する $L=16$ パスの周波数選択性ブロックレイリーフェージングチャネルを仮定し、伝搬損失指数 α およびシャドウイング損失の標準偏差 σ をそれぞれ $\alpha=3.5$ および $\sigma=7.0$ (dB) とする。低速 TPC の目標

値 $(E_b/N_0)_{\text{target}}$ を 20dB とする。また、比較の対象とする SC-FDMA では、DS-CDMA と等しい帯域幅と伝送レートになるよう、総サブキャリア数を N_c 個とし、 N_c/SF 個のサブキャリアブロックを各ユーザに割り当てるものとする。局所平均ビット誤り率(BER)が $\text{BER}=10^{-2}$ を上回る確率(アウテージ確率)と正規化ユーザ数 U/SF との結果を図3に示す。図3より DS-CDMA は SC-FDMA より常に低いアウテージ確率を達成できることが分かる。また、アウテージ確率が10%を下回る最大の正規化ユーザ数をリンク容量と定義する。 $N_r=2$ のときのリンク容量は、DS-CDMA で 0.25、SC-FDMA で 0.125 となり、DS-CDMA は SC-FDMA の 2 倍のリンク容量を達成できる。

5. まとめ

本論文では、DS-CDMA を用いる DAN 上りリンク容量を明らかにした。計算機シミュレーション結果により、DS-CDMA を用いる DAN は SC-FDMA を用いる DAN より高いリンク容量を達成できることを示した。

[1]F. Adachi, et. al., IEICE Trans. Commun., Vol. E93-A, No. 11, pp.2201-2211, Nov. 2010. [2]F. Adachi, et. al., IEICE Trans. Commun., Vol. E87-B, No. 10, pp.2991-3002, Oct. 2004. [3]H. G. Myung, et. al., IEEE Vehicular Technology Mag., Vol. 3, No. 1, pp.30-38, Sep. 2006 [4]Z. S. Wang, et. al., IEICE Trans. Commun., Vol. E86-B, No. 7, pp.2203-2206, Jul. 2003.

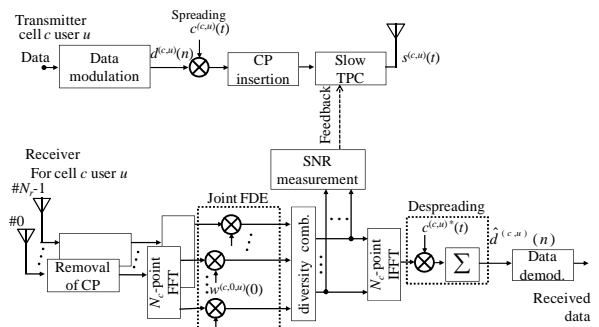


図2 送受信機構成

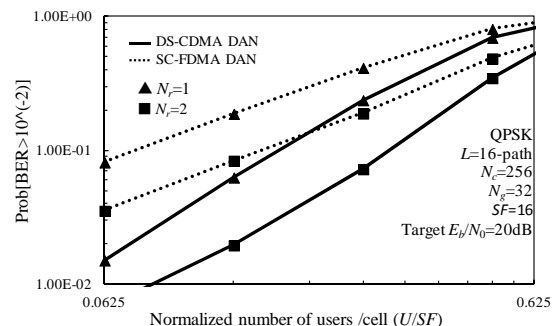


図3 正規化ユーザ数対アウテージ確率