

マルチキャリア信号のキャリア密度と信号特性の関係について

1140352 堤田 考起 【浜村研究室】

1 はじめに

無線通信の更なる高速化を実現する技術として、MC-CDMA (multicarrier code-division multiple access) 方式に高密度マルチキャリア変調 (high-compactness multicarrier modulation: HC/MCM) を適用した HC/MC-CDMA 方式が提案されている [1]. HC/MC-CDMA 方式はキャリアの周波数間隔を従来の方式よりも狭めることで高い周波数利用効率を実現する方式である. しかし, HC/MC-CDMA 方式の課題として, 同一セット内の信号は互いに直交しているが, 異なるセットの信号を用いて多元接続を行った際に, ユーザ間干渉 (multiple access interference: MAI) が生じてしまうことが挙げられる.

そこで, 本研究では HC/MC-CDMA 方式において, 従来のキャリア密度を均一にすることで得られる信号と, 不均一にすることで得られる信号の相互相関値を評価し, ユーザ間干渉の低い HC/MC-CDMA 信号を提案する.

2 高密度変調を用いた MC-CDMA

HC/MC-CDMA 信号 $c(t; \mathbf{c}_k, T)$ は $p_l = (l - \frac{1}{2})/T_0$ [Hz] ($l = 1, 2, \dots, L$) の周波数のキャリアで生成される. その信号の数を K とする.

$$c(t; \mathbf{c}_k, T) = g(t; T) \sum_{l=1}^L c_{k,l} e^{j \frac{2\pi}{T_0} p_l t}, \quad (1)$$

ここで, $j = \sqrt{-1}$, $g(t; T)$ はゲート関数 $g(t; T) = \{ 1 (0 < t < T), 0 (\text{otherwise}) \}$, $\mathbf{c}_k (= [c_{k,1} \ c_{k,2} \ \dots \ c_{k,L}]^T$; 記号 τ は転置を意味する) は要素に $c_{k,l} (l = 1, 2, \dots, L)$ を持つ符号系列である.

3 提案方式を利用した HC/MC-CDMA

式 (1) において, 従来の HC/MC-CDMA 方式では, p_l が等間隔であるためキャリア間隔は均一となる. このキャリア間隔を正弦曲線を利用して不均一にする方法を提案する. そこでキャリア間隔を $f(l)$ とし, 振幅を $A (0 < A < 1)$, 角度変数を $v (v > 0)$ とし, これらの値を変更することで不均一なキャリア間隔を実現する.

$$f(l) = 1 + A \cos\left(\frac{\pi l}{v}\right), \quad (2)$$

提案方式による周波数位置 p_l は初項を $p_1 = 0$ とし, 次式で与える.

$$p_{l+1} = p_l + f(l). \quad (3)$$

式 (3) の周波数位置 p_l を式 (1) に代入し, 不均一なキャリア間隔の信号を生成する.

4 相互相関値

異なる信号 $\hat{c}(t; \mathbf{c}_k, T)$ と $\check{c}(t; \mathbf{c}_{k'}, T)$ の相互相関 Φ は次式で与えられる.

$$\Phi = \frac{1}{T} \int_0^T \hat{c}^*(t; \mathbf{c}_k, T) \check{c}(t; \mathbf{c}_{k'}, T) dt. \quad (4)$$

ここで, $*$ は複素共役を表す.

信号間の相互相関値の絶対値 2 乗を求めた結果を図 1 に示す. キャリア間隔の均一な HC/MC-CDMA 信号に対しては, 周波数位置を 1/2 だけシフトした信号のセットを生成し, それらの相互相関値を求めている. また, 不均一なキャリア間隔の信号はそれぞれ式 (1) に $A = 0.2$ と $v = 90$, $A = 0.3$ と $v = 180$ を代入して生成した. これら 2 つの不均一なキャリア間隔の信号は, 提案方式の条件内で得た信号同士の相互相関値が最も低くなる信号である.

図 1 より, 提案の不均一なキャリア間隔の信号のセットのほうが, 従来の均一なキャリア間隔の信号と比べて, 大幅に小さな平均相互相関値が得られることが分かる.

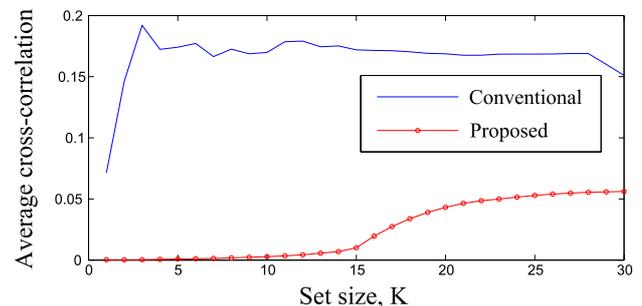


図 1 平均相互相関値

5 まとめ

不均一なキャリア間隔を持つ HC/MC-CDMA 信号を提案し, その信号の平均相互相関について検討した. 従来の HC/MC-CDMA 方式の平均相互相関値と比較して, 提案信号の平均相互相関値が低くなることを明らかにした.

参考文献

- [1] 浜村 昌則, 日向 淳, “高密度変調を用いた MC-CDMA の特性,” 信学技報, WBS2005-34, pp.13-18, 2005.