

狭帯域干渉波を抑圧する DS-CDMA 適応干渉キャンセラにおける残留干渉電力 Residual Interference Power in Adaptive Narrowband Interference Canceller for DS-CDMA

関裕太 高岡辰輔 安達文幸
Yuta Seki Shinsuke Takaoka Fumiyuki Adachi

東北大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Tohoku University

1. まえがき

DS-CDMA システムでは、電力の大きな干渉波がシステム外から加えられると、上りリンクでは全ユーザの通信品質が同時に低下してしまう。そこで、大電力の干渉波を低減する干渉キャンセラが必要となる。本論文では、狭帯域干渉波を推定して受信信号から差し引く適応干渉キャンセラ[1]について残留干渉電力と干渉波数との関係を示している。次に残留干渉と雑音の和を等価ガウス雑音と見なしたとき、忠実に適応干渉キャンセラを動作させたときの平均 BER 特性を比較している。

2. 適応干渉キャンセラ

図1は適応干渉キャンセラの構成である。チップレートで標準化して得られた過去と未来の合計 $2M$ 個の受信信号標本を用いて、適応フィルタにより狭帯域干渉成分の推定を行う。NLMS アルゴリズム[2]を用いて適応フィルタのタップ係数を逐次更新する。推定した狭帯域干渉成分を受信信号標本から差し引くことで干渉キャンセルする。

3. 残留干渉電力

適応フィルタ入力ベクトルを $\mathbf{R}_k = [r_{k-M}, \dots, r_{k-1}, r_{k+1}, \dots, r_{k+M}]$ 、タップ係数ベクトルを $\mathbf{W}_k = [w_{k-M}, \dots, w_{k-1}, w_{k+1}, \dots, w_{k+M}]$ とする。タップ係数の最適値 $\mathbf{W}_{k,opt}$ は $\mathbf{W}_{k,opt} = \mathbf{Q}_k^{-1} \mathbf{P}_k$ となる[2]。ここで \mathbf{Q}_k は \mathbf{R}_k の自己相関行列、 \mathbf{P}_k は \mathbf{R}_k と推定対象となる標本 r_k との相関ベクトルを表す。タップ係数が最適値のときの適応キャンセラ出力の平均二乗誤差の理論値を $J(\mathbf{W}_{k,opt})$ で表わす。実際にはタップ係数が揺らぐためキャンセラ出力の平均二乗誤差 J_∞ は $J_\infty \approx J(\mathbf{W}_{k,opt})(1 + \mu \text{tr} \mathbf{R}_k / \|\mathbf{R}_k\|)$ となる[2]。キャンセラ出力は、残留干渉成分、信号成分と雑音との和である。受信信号電力を S 、雑音電力を $N (=N_0/T_c)$ とすると、残留干渉電力は $\sigma^2 = J_\infty / 2 - (S + N)$ となる。拡散率を $SF=64$ 、タップ数を $2M=16$ としたときの残留干渉電力と干渉波数 G との関係を図 2 に示す。同図より、 G が大きくなるほど残留干渉電力が大きくなるのがわかる。これは G が大きくなるほど推定する干渉波が白色に近くなり、適応フィルタの推定精度が悪くなるためである。

4. 等価雑音モデルと計算機シミュレーション

残留干渉と雑音の和をガウス雑音と見なしたときの平均 BER 特性のシミュレーション結果を図 3 に実線で示す。データ変調は QPSK、フェージングの正規化最大ドップラー周波数を $f_D T = 0.003$ (T はシンボル長)、周波数位置が拡散帯域内で一様分布する無変調干渉波、拡散符号は 12 段 PN 符号、理想チャネル推定を仮定した。なお同図に適応干渉キャンセラを忠実に動作させたときの平均 BER 特性のシミュレーション結果を比較のためプロットした。両者は良く一致しているのがわかる。

5. むすび

残留干渉電力と干渉波数の関係を明らかにした。残留干渉と雑音の和をガウス雑音とみなせることを計算機シミュレーションにより示した。これにより適応干渉キャンセラを用いるときの BER 特性の劣化を推定できることがわかった。

参考文献:[1] 本江直樹, 内藤昌志 “CDMA における狭帯域干渉除去方式の検討” 信学ソ大 B-5-50, Sept 1999. [2] S. Haykin, “Adaptive Filter theory,” 3rd edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1996

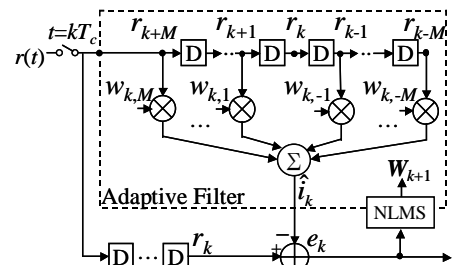


図 1 適応干渉キャンセラ

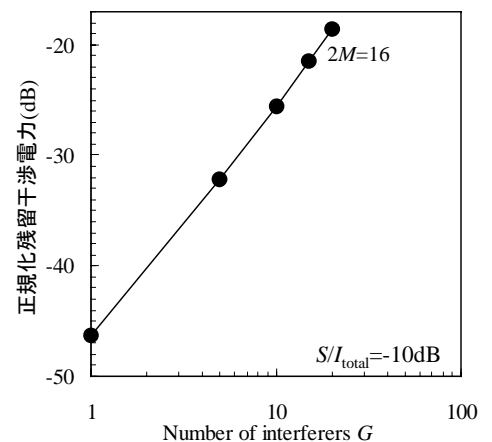


図 2 残留電力と干渉波数の関係

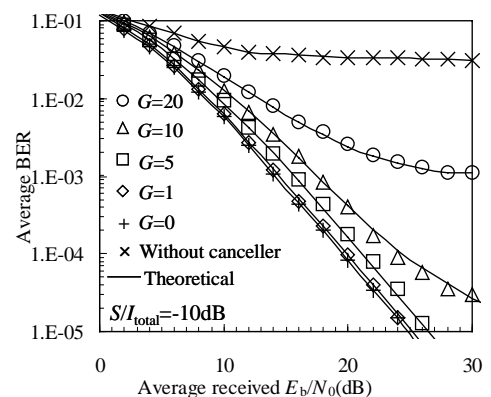


図 3 誤り率特性