

チップ波形によらない変形 M 系列の自己相関関数のサイドローブ抑圧法とその応用

正員 羽瀨 裕真[†] 正員 長谷川孝明[†]
 正員 鈴木 康夫^{††}

An Auto-Correlation Side-Lobe Suppression Method of Independence from Chip-Waveform on Modified M-Sequence and Its Applications
 Hiromasa HABUCHI[†], Takaaki HASEGAWA[†] and Yasuo SUZUKI^{††},
 Members

[†] 埼玉大学工学部電気工学科, 浦和市
 Faculty of Engineering, Saitama University, Urawa-shi, 338 Japan
^{††} NTT 無線システム研究所無線方式研究部, 横須賀市
 NTT Radio Communication Systems Laboratories, Yokosuka-shi, 238-003
 Japan

あらまし 変形 M 系列の自己相関関数のサイドローブをチップ波形によらず 0 にする方法を示し, それによって得られた系列を符号分割多重化法の一つである a-chip シフト多重化法に適用し, その性能評価を行っている。

1. まえがき

符号分割多重などの多くの特長をもつスペクトル拡散通信は近年広く研究されている⁽¹⁾。しかしながら, 拡散符号間の相互相関値が符号分割多重の性能を劣化させ, その抑圧が重要な問題となっている。この問題に対し, 相互相関の小さい系列の検討, チャンネル間干渉除去方式の検討などが行われている。その一つに, 変形 M 系列^{(2),(3)}がある。この変形 M 系列は M 系列に直流分を付加することにより 1 chip ずつシフトした点の相関値を 0 にした系列である。つまり, 系列長を

N とすると, 1 chip ずつシフトして得られた N 個の変形 M 系列を各チャンネルに割り当てる符号分割多重をチャンネル間干渉なく行える。しかしながら, この変形 M 系列は M 系列のチップ波形変化後に直流分を付加して生成されるため, チップ波形を方形以外にしたとき自己相関関数のサイドローブが図 1 の点線 (raised-cosine 波形の場合) で示すようにチップの整数倍以外の点で 0 にはならない。このことは, 筆者らが提案した多重度を $2N$ にできる a-chip シフト多重化法⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾の性能劣化の要因となる。

そこで, 本論文では, 変形 M 系列の自己相関関数のサイドローブがチップ波形によらず 0 になる方法を示し, その系列を a-chip シフト多重化法に適用した場合の性能評価を行う。

2. 変形 M 系列とその自己相関特性

変形 M 系列^{(2),(3)}は, M 系列に式(1)の直流分 DC を付加することにより自己相関関数のチップの整数倍のシフト点を 0 にするものである。例として, 図 1 にチップ波形を raised-cosine 形にした場合の規格化自己相関特性を示す。但し, $N=7$ [chip] の場合である。

$$DC = c_1 \frac{-1 \pm \sqrt{(c_2/c_1^2)N+1}}{N} \quad (1)$$

$$c_1 = \frac{N}{T} \int_0^{T/N} h(t) dt$$

$$c_2 = \frac{N}{T} \int_0^{T/N} h(t)^2 dt$$

但し, $h(t)$ はチップ波形, N は系列のチップ数, T は系列の周期を各々表している。

文献(2)ではチップ波形を方形以外にする場合も示されているが, チップ波形を変化させた後に直流分を付加する手法のため, チップ波形によって付加する直流分を変えなければならない。また, このとき自己相関関数のサイドローブは図 1 の点線で示すようにチップの整数倍以外の点に 0 でない相関値が存在してしまう。このことは, 各拡散符号がチップの整数倍間隔の位相差で使われる場合は問題ないが, 筆者らの提案している a-chip シフト多重化法では拡散符号のシフト量をチップの整数倍以外の点で用いるため問題となる。

それに対し, 直流分を付加した後にチップ波形を変化させる方法を用いると, チップ波形によらず自己相関関数のサイドローブが図 1 の実線のように 0 になる。この提案する変形 M 系列の自己相関関数で 1 chip 以上シフトがある場合について考える。周期 T , 系列長 N の M 系列を $M(t)$, チップ波形を周期 T/N の

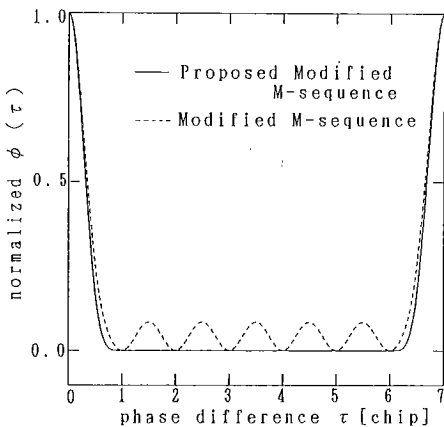


図 1 規格化自己相関特性
 Fig. 1 Normalized auto-correlation.

$h(t)$, 付加する直流分を dc とし, そのときの波形を $f(t)$ とする(式(2)). 式(3)は $f(t)$ の自己相関関数 $\phi(\tau)$ において 1 chip 以上シフトがある時の相関値を表している.

$$f(t) = h(t)\{M(t) + dc\} \quad (2)$$

$$\phi(\tau) = \frac{(-1 + 2dc + Ndc^2)}{T} \int_0^{T/N} h(t)h(t+\tau)dt \quad (3)$$

式(3)より $(-1 + 2 \cdot dc + N \cdot dc^2)$ が 0 になる dc を選べば, チップ波形に無関係に自己相関関数のサイドローブが 0 になることがわかる. このときの直流分 dc は式(1)の DC において $C1 = C2 = 1$ (チップ波形が方形の場合) とした場合に相当する.

次に, この提案する変形 M 系列を a-chip シフト多重化法⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾に適用した場合の性能評価を行う.

3. a-chip シフト多重化法に適用した場合の性能評価

a-chip シフト多重化法とは, チャンネル間干渉なしで用いることのできる N 個の系列 (例えば擬直交系列対⁽⁷⁾など) を一つの系列群とし, その系列群を二つ以上用いて多重度を増大するとき系列群間に a [chip] の位相差を付けることによって異系列群からのチャンネル間干渉を低減する方式のことである⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾.

ここでは, チップ波形を raised-cosine 形にした系列を用いた a-chip シフト多重化法によって多重度を $2N$ にした場合の性能評価を行う. 但し, 系列長 N は 7 [chip], 系列群間の位相差 a は従来の変形 M 系列, 提案する変形 M 系列ともに $1/2$ [chip] とした.

図 2 に情報 1 bit 当りの送信信号エネルギー対雑音

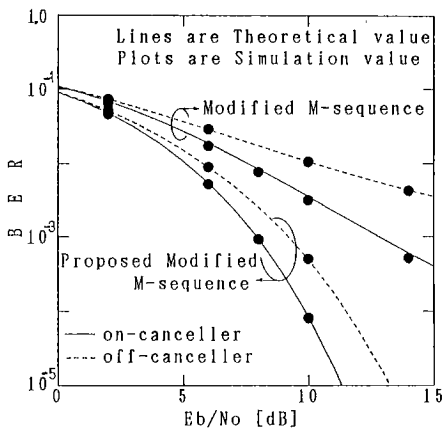


図 2 平均ビット誤り率特性

Fig. 2 Mean BERs at phase difference between the groups is $1/2$ [chip] and $N = 7$ [chip].

パワースペクトル密度比 (E_b/N_0) に対する平均ビット誤り率特性を示す. ここで, 受信側にキャンセラをもつシステムを on-canceller, もたないシステムを off-canceller とする. これより, 提案する変形 M 系列を用いた場合が有効であることがわかる.

4. むすび

従来の変形 M 系列は, 自己相関関数のチップの整数倍のシフト点が 0 になる. そのため, 1 chip ずつシフトして得られた N 個の系列を新たな拡散符号として各チャンネルに割り当てる符号分割多重がチャンネル間干渉なく行える. しかしながら, チップ波形変化に応じて直流分を変化させねばならない, 自己相関関数のチップの整数倍以外のシフト点で 0 にならないなどの問題点を有している. このことは, 筆者らが提案した a-chip シフト多重化法の性能を劣化させる原因となる.

本論文では, チップ波形の変化前に直流分を付加することにより自己相関関数のサイドローブがチップ波形にかかわらず常に 0 になることを示し, それによって得られた系列を用いて a-chip シフト多重化法を行った場合の性能評価を行い, 従来の変形 M 系列に比べ有効であることを示した. また, 一定の直流分を付加した方形波の線形フィルタリングにより本変形 M 系列は生成されるので, 生成の際も有利であると考えられる.

謝辞 日ごろから御指導頂く埼玉大学工学部電気工学科小林禧夫教授, 羽石操教授に深く感謝致します.

文 献

- (1) 横山光雄: “スペクトル拡散通信システム”, 科学技術出版社(1988).
- (2) 谷本正幸, 住吉浩次, 駒井又二: “変形 M 系列を用いた同期式スペクトル拡散多重通信方式”, 信学論(B), J67-B, 3, pp. 297-304 (1984-03).
- (3) Weathers G., Holloday E. M. and Buie H. B.: “Offset as a Means of m-Sequence Periodic-Correlation Sidelobe Cancellation”, Proc. IEEE, 70, 7, pp. 772-774 (July 1982).
- (4) 長谷川孝明, 鈴木康夫, 羽倉幸雄: “ $1/2$ チップシフトした拡散符号を用いる同期式スペクトル拡散多重通信方式”, 信学技報, SSTA89-18(1989).
- (5) 羽瀨裕真, 長谷川孝明, 羽倉幸雄, 羽石 操: “擬直交マンチェスタ符号化 M 系列対による符号分割多重化法”, 信学論(B-I), J73-B-I, 4, pp. 371-377 (1990-04).
- (6) 羽瀨裕真, 長谷川孝明, 羽倉幸雄, 羽石 操: “マンチェスタ符号化直交系列による符号分割多重化法”, 信学論(B-II), J74-B-II, 5, pp. 199-206 (1991-05).
- (7) 末広直樹, 羽鳥光俊: “M 系列より導かれる直交系列と擬直交系列”, 信学技報, SS87-20 (1987).

(平成 3 年 6 月 19 日受付)