

短い拡散符号を用いた M-ary SS/HC-OFDM システムにおける

ベースバンド伝送時の特性評価

藤牧 真司*, 笹森 文仁, 半田 志郎, 田久 修

信州大学大学院 理工学系研究科

(〒380-8553 長野市若里 4-17-1)

Performance Evaluation of M-ary SS/HC-OFDM Systems with Short Spread Spectrum Codes on Baseband Signal Transmission

Shinji FUJIMAKI*, Sasamori FUMIHITO, Shiro HANDA, and Osamu TAKYU

¹Shinshu Univ., 4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553

Author: In wireless sensor networks, communication quality, which is degraded over wireless channels, should be improved with limited hardware resources. This paper aims at enhancing the communication quality and reducing the complexity of its signal processing at the same time. We pay attention to a code select CDMA (or an M-ary SS) technique, which selects one of some spread spectrum (SS) sequences according to an information bit pattern. In this paper, we apply the M-ary SS technique with short SS codes and Hermite-symmetric coding to the OFDM systems in order to suppress the complexity of the signal processing and baseband processing. We evaluate the superiority of the M-ary SS/HC-OFDM systems even though the length of SS codes is short over FM transmission, which can be easily replaced by visible light communication.

Key Words: M-ary SS/HC-OFDM, Short Spread Spectrum Codes, Hermite-symmetric Coding, Low Complexity of Signal Processing, Repetition Coding

1. はじめに

近年のスマートフォンの普及や各種コンテンツの大容量化に伴い、周波数帯の枯渇が問題視されている。この問題を解決する通信方式の一つとして直交周波数分割多重(OFDM:Orthogonal Frequency Division Multiplexing)があげられる。OFDM は直交性を利用して各サブキャリアが使用する周波数帯を半分ずつ隣接するサブキャリアと重複させているため、周波数利用効率が低いという利点を持つ。本研究では M-ary/SS 方式と呼ばれるスペクトル拡散技術の持つ数ビット単位で変調を行う点や、復調処理が単純な相関値計算である点に着目し、短い拡散符号を用いることで計算処理を抑えた高品質化を目指す。本稿ではベースバンド信号処理の観点でエルミート対称符号化及び M-ary SS 方式を OFDM システムに適用した短い拡散符号を用いた M-ary SS/HC-OFDM システムを実現し、FM 伝送環境において評価を行ったので、これについて報告する。

2. 無線通信技術

2.1 M-ary SS 方式

図 1 に M-ary/SS 方式のシステムモデルを示す。この方式では情報信号を直並列変換した後、M+1 ビットずつ変調処理を行う。最後の 1 ビットを除く M ビットは符号選択器(SCB>Select Code Block)に入力され、SS-chips に変換される。このときの拡散符号長 l は SCB 内で生成される符号系列によって異なるが、本研究では Walsh-Hadamard 系列を用いており、 $l=2^M$ となる。SCB より出力された SS-chips はそれぞれ M+1 ビット目のデータと直接乗算され、位相反転が行われる。動的なフェージング環境においては、SS-chips の配置方法によって時間ダイバーシチもしくは周波数ダイバーシチ、またはその双方の効果が期待できる¹⁾。

2.2 エルミート対称符号化

ベースバンド OFDM 信号の生成に、エルミート対称符号化を利用する。ゼロ周波数を中心として複素共役になるようにサブキャリアにデータを配置する。これにより実数信号を生成することが可能になる。ベースバンド OFDM 信号を用いた通信として、FM 伝送、可視光通信など、さまざまな応用が期待される²⁾。

3. システム概要

3.1 実験諸元

図3に本検討で用いる M-ary SS/HC-OFDM のシステムにおける変復調処理のチャートを示す。送信側では、データに M-ary SS 変調を加えることで生成された SS-Chips に対し差動符号化, エルミート対称符号化を加え, IFFT することで OFDM 信号生成した。復調側では, FFT されたデータに差動復号化, 複素共益となるデータを合成し取り出した拡散符号に対して, 最大相関係列判定を行うことでデータに復調する。また, M-ary SS 変調の代わりに周波数方向に繰り返しを行い, 復調側では最大比合成を行う, RC/HC-OFDM システムと比較を行う。表1に信号生成時の諸元を示す。

3.2 実験環境

特性評価を行う環境として, コミュニティ FM 放送など実績のある FM 伝送環境に着目した。本研究では, 音の帯域を用いたベースバンド OFDM 信号を生成し, FM 送信機として FM トランスミッター, FM 受信機としてモノラルラジオを用いることで, FM 送信局および受信端末を再現する。

4. 特性評価

図4に M-ary SS/HC-OFDM システムおよび, RC/HC-OFDM システムについて, FM 伝送時の距離特性を示した。両システムにおいて, 18m 地点まではエラーフリー伝送が可能であることがわかった。また, 同伝送レートにおいて M-ary SS/HC-OFDM システムの方が良好な特性を示した。これは, 狭帯域 FM 伝送環境において振幅変動が小さいため, 繰り返し符号化による品質改善効果よりも M-ary SS 方式の最大相関係列判定による品質改善効果が高かったためであると言える。

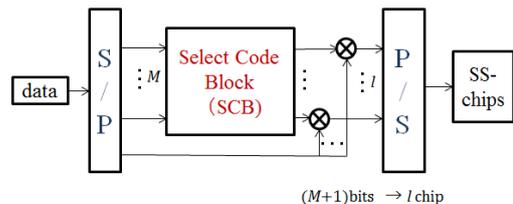
5. まとめ

FM 伝送環境において, 送信する OFDM 信号のデジタルデータに M-ary SS 変調を加えた場合の方が繰り返し符号化を加えた場合よりも誤り率が低くなることが解った。この結果より, OFDM 信号の狭帯域 FM 伝送時において, 繰り返し符号化の持つダイバーシチによる品質改善効果に対する, M-ary SS 方式の持つ最大相関係列判定による通信品質改善効果の優位性が確認できた。今後は可視光通信への応用について検討する。

参考文献

- 1) Shinji Fujimaki, Yusuke Mizukura, Fumihito Sasamori, Osamu Takyu, and Shiro Handa, "Performance Evaluation of M-ary SS/OFDM

- Systems with Short Spread Spectrum Codes", ISCEAS2015, ISCEAS-610, pp.612-617, July 2015.
 2) Fumihito Sasamori and Shiro Handa, "Performance Analysis of Hermite-Symmetric Subcarrier Coding for OFDM Systems over Fading Channels", IEICE Trans. Commun., vol.E95-A, no.12, Dec. 2012.



(M+1)bits → 1 chip

図1 M-ary SS 方式

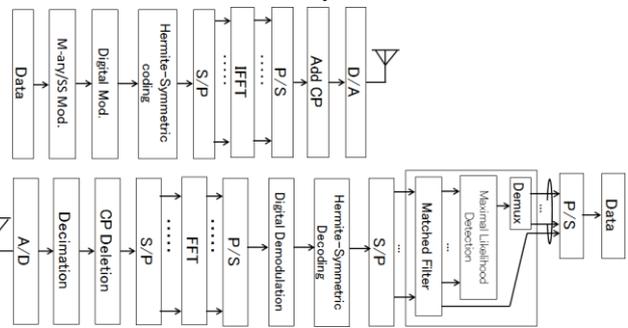


図2 M-ary SS/HC-OFDM システム

表1 システム諸元

	M-ary SS/ HC-OFDM	RC/HC-OFDM
Digital Modulation	D-QPSK	
Number of FFT points	1024	
Cyclic Prefix	256	
Number of Subcarriers	224	
Frequency Band Width	310~2800Hz	
M-ary SS Spreading Factor per Bit	8chip/4bit	
Number of Branches		2
Sampling Rate	44.1kHz	
Quantization	16-bit	
Over Sampling Rate	4	

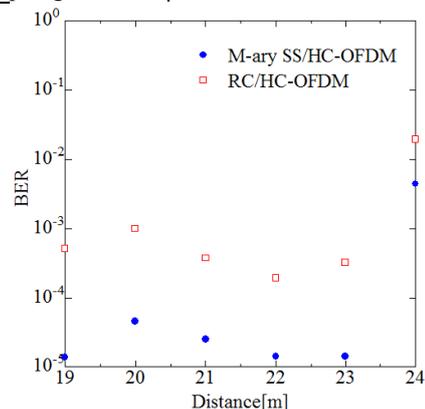


図3 距離対ビット誤り率特性