

논문 2015-52-7-19

파일럿 심볼을 이용한 안테나 선택방법을 적용한 SFBC-OFDM 시스템의 성능분석

(Performance Analysis of SFBC-OFDM Systems with a Antenna
Selection using Pilot Symbols)

강 희 훈*

(Heehoon Kang[©])

요 약

본 논문에서는 파일럿 심볼을 이용한 안테나 선택방법을 적용한 SFBC-OFDM(Space Frequency Block Code-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템에 대한 성능을 분석한다. 안테나 선택은 파일럿 심볼로부터 산출된 채널 계수에 기반하여 결정된다. 각 주파수에서, 산출된 채널 계수들을 정렬하고 그 중 가장 양호한 채널이 선택된 후 가장 좋은 계수를 가지는 안테나로 데이터가 전달된다. 또한 이 방법에 대해서 부호 이득과 다이버시티 이득도 분석된다.

Abstract

In this paper, we analyze a SFBC-OFDM(Space Frequency Block Code-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) system with antenna selection method using pilot symbols. An antenna selection criterion is based on channel coefficients estimated from pilot symbols. At each frequency, the channel coefficients is arranged and the best is selected, and then data is sent to those antenna with the best coefficients. Also, The coding and diversity gain of the proposed system are analyzed.

Keywords : SFBC(Space Frequency Block Code), MIMO(Multi Input Multi Output),
OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), Antenna Selection, Pilot Symbol

I. 서 론

고속데이터 전송을 위한 무선통신 분야에서 광대역 전송은 매우 다양하게 연구되고 구현되고 있다^[1]. 무선 채널의 산란과 반사 특성에 의한 다중경로 페이딩은 통신시스템의 성능을 저하시키는 원인으로 작용한다.

이러한 통신성능의 저하를 방지하기 위해서 단일입력

-단일출력(Single Input Single Output : SISO) 전송방식에서 시간영역과 공간 영역에 대한 다이버시티 이득은 십수 년동안 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구로 Alamouti에 의해서 제안된 다중입력-다중출력 시스템은 평탄한 페이딩 채널에 대해서 시스템의 성능을 상당히 개선하였다^[2]. 송수신단에 다중 안테나를 사용하는 시스템은 페이딩 채널 환경에서 사용되는 기술로 무선 이동통신 시스템의 대역폭 사용효율을 개선하는 가장 대표적인 기술이다^[3]. 이 다중입력-다중출력(Multi Input Multi Output : MIMO) 시스템은 공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있으며 공간 다이버시티에 대한 연구는 채널상태 정보의 유무에 따라 다양한 형태로 진행되어 왔

* 정회원, 여주대학교
(Yejo Institute of Tech.)

© Corresponding Author(E-mail: khh@yit.ac.kr)

Received ; April 20, 2015 Revised ; May 22, 2015

Accepted ; June 26, 2015

다. 채널상태 정보가 송신기에서 사용될 수 있을 때 송신전력이 채널 행렬의 MSV(Maximum Singular Values)에 할당되나 채널 행렬은 구하기 어렵다. 이런 경우, SVD가 적용될 수 없어 시공간 부호가 공간영역에서 다이버시티를 수집하기 위해서 일반적으로 사용된다^[4]. 그러나 시공간 부호의 한 가지 제약은 송수신기 사이의 채널이 평탄한 채널이어야 한다는 것이다. 다중 경로 주파수 선택적 페이딩 채널에서 주파수 다이버시티는 얻기 어렵다. 따라서, 주파수 선택적 채널에서 광대역통신에 다중입력-다중출력 시스템을 적용하려면 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식을 이용하여야 한다. OFDM 방식은 주파수 선택적 페이딩에서 OFDM 전송방식은 채널을 여러 개의 평탄한 페이딩 채널로 변환한다. 즉, 채널 임펄스 응답은 각각의 부반송파에 대해서 평탄한 특성을 가진다고 할 수 있다. 본 논문에서는 파일럿 심볼로부터 채널 계수를 구하고 이를 사용한 안테나 선택 방법을 적용한 SFBC-OFDM에 대한 성능을 분석하여 타당성을 제시한다.

II. 제안한 시스템

3.1 시스템 블록도

그림 1은 본 논문에서의 성능분석을 위해서 제안한 SFBC-OFDM 다중 안테나 시스템을 나타낸다.

선택된 2개의 송신 안테나와 단일 수신 안테나라고 이해를 위해서 간소화한다. 공간-주파수 블록 부호(Space-Frequency Block Code:SFBC)는 식(1)과 같이 표현된다.

$$M_2 = \begin{pmatrix} +s[n,2m] & +s[n,2m+1] \\ -s^*[n,2m+1] & -s^*[n,2m] \end{pmatrix} = (s_1[n,m] \ s_2[n,m]) \quad (1)$$

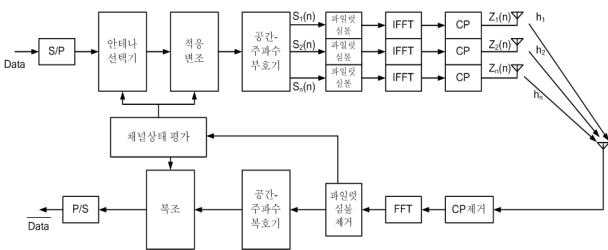


그림 1. 제안한 SFBC-OFDM 다중 안테나 시스템
Fig. 1. The proposed SFBC-OFDM Multi Antenna system.

공간-주파수 부호화된 블록 $s_1[n,m]$ 과 $s_2[n,m]$ 는 식(2), 식(3)과 같이 확장하여 표현할 수 있다.

$$S_1(n) = (+s[n,0], -s^*[n,1], +s[n,2], -s^*[n,3], \dots +s[n,N-2], -s^*[n,N-1])^T \quad (2)$$

$$S_2(n) = (+s[n,1], -s^*[n,0], +s[n,3], -s^*[n,2], \dots +s[n,N-1], -s^*[n,N-2])^T \quad (3)$$

그 후, OFDM 블록은 공간-주파수 부호화된 블록 $s_1[n,m]$ 과 $s_2[n,m]$ 을 입력으로 사용하여 블록 Z1과 Z2를 생성한다. 이는 선택된 안테나를 통해서 전송된다.

수신단에서 FFT가 수행된 후 수신된 벡터는 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$R(n) = H_1^s(n)S_1(n) + H_2^s(n)S_2(n) + D(n) \quad (4)$$

여기서 D(n)은 부가적 백색 가우시언 잡음으로 0-평균, σ^2 분산을 가진다. 데이터를 복원하기 위해서 제안한 시스템에서는 ML(Maximum Likelihood) 검파방식을 사용한다. SFBC 복호기의 출력은 식(5), 식(6)과 같이 표현할 수 있다.

$$\tilde{S}[n,2m] = H_1^s[n,2m]R[n,2m] + H_2^s[n,2m]R^*[n,2m+1] \quad (5)$$

$$\tilde{S}[n,2m+1] = H_2^s[n,2m]R[n,2m] - H_1^s[n,2m]R^*[n,2m+1] \quad (6)$$

수신된 신호 벡터를 대입하고 적어도 2개의 심볼에 대해서 채널이 준정적 상태(Quasistatic)라고 하면 식(5)과 식(6)은 식(7), 식(8)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \tilde{S}[n,2m] = & (|H_1^s[n,2m]|^2 S_1[n,2m] \\ & + |H_2^s[n,2m]|^2 S_2^*[n,2m+1] \\ & + H_1^s[n,2m]D[n,2m] \\ & + H_2^s[n,2m]D^*[n,2m+1]) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \tilde{S}[n,2m+1] = & (|H_1^s[n,2m]|^2 S_1^*[n,2m+1] \\ & + |H_2^s[n,2m]|^2 S_2[n,2m] \\ & - H_1^s[n,2m]D[n,2m+1] \\ & + H_2^s[n,2m]D[n,2m]) \end{aligned} \quad (8)$$

3.2 적응 변조

적응 변조는 현재의 채널 조건에 적합한 변조방식을 선택하는 기술이다. 적응을 위해서 Water-filling 방법을 사용한다^[5]. 파일럿 심볼로부터 평가된 채널상태 정

보를 이용하여 채널 상태가 좋은 경우, 데이터 전송을 높이기 위해서 고차 변조방식을 선택하고 채널 상태가 나쁜 경우, 고차 변조방식을 사용하여 전송율을 낮추는 방법이다. 여기서는 간략화를 위해서 2진 위상편이변조(BPSK)와 직교위상편이변조(QPSK)만을 적용한다^[6-7].

III. 안테나 선택법

X_T 개 송신 안테나가 있다고 가정하고 이중 선택된 안테나를 Y_T 라고 하자. X_T 개 송신 안테나와 단일 수신 안테나는 n 번째 블록 $H[n,m]$ 에서 m 번째 부채널 응답을 ($X_T, 1$) 행렬이라고 가정하면 식(9)과 같이 표현할 수 있다.

$$H[n,m] = [H_1[n,m] H_2[n,m] H_3[n,m] \dots H_T[n,m]] \quad (9)$$

안테나 선택은 각 주파수 성분에서 이루어진다. 각 주파수에서 채널 계수들을 하향 정렬시키고 이들 중 좋은 주파수 계수에 대해서 데이터를 전송하도록 선택한다.

그림 2는 파일럿 심볼을 이용하여 산출한 채널 계수들을 정렬한 예를 나타낸다.

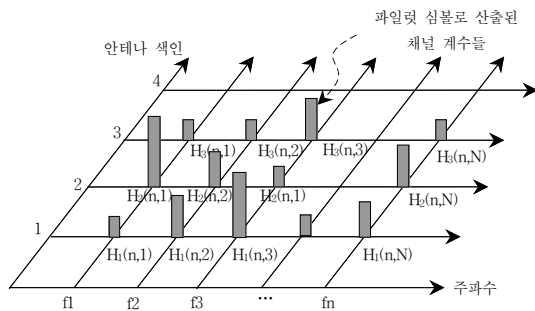


그림 2. 파일럿 심볼로 산출된 채널 계수 정렬 예
Fig. 2. an example for an alignment of channel coefficients using pilot symbols.

IV. 모의실험 결과

그림 3은 BPSK와 QPSK 변조에 대해서 안테나 선택방법을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우에 대한 BER 성능을 나타낸다. 안테나 선택방법을 사용한 경우가 사용하지 않은 경우에 대해서 대략 5[dB] 정도 우수하다는 것을 알 수 있다.

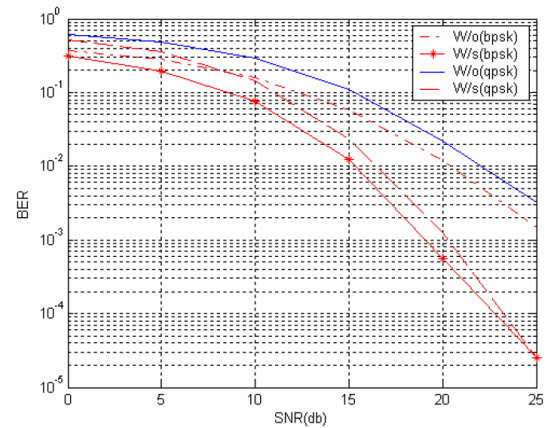


그림 3. 송신 안테나 선택방법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우에 대한 QPSK SFBC-OFDM과 BPSK SFBC-OFDM의 BER 성능(2Tx~4Tx)
Fig. 3. BER Performance of QPSK SFBC-OFDM and BPSK SFBC-OFDM with/without antenna selection(2Tx~4Tx).

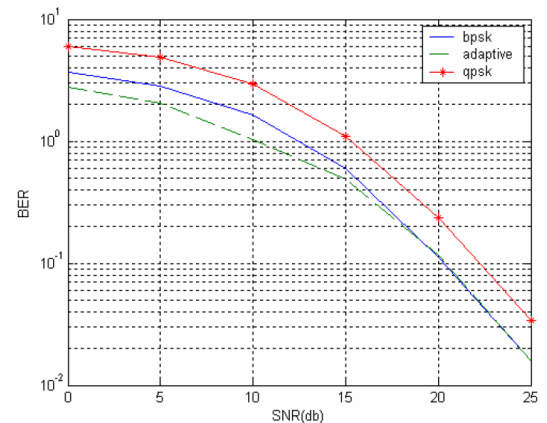


그림 4. 적응변조를 적용한 SFBC-OFDM의 성능
Fig. 4. BER performance of SFBC-OFDM with adaptive modulation.

그림 4는 적응 변조에 대해서 모의실험상 편리성을 위해서 BPSK와 QPSK만을 적용한 BER 성능을 나타낸다. 고정 전송율 BPSK와 비교하였을 경우, 2.5[dB]의 이득이 있었으며 QPSK와 비교하였을 경우, 5[dB]의 이득이 발생함을 나타낸다.

그림 4는 2개~3개의 안테나 선택방법을 적용한 경우, 적응 변조된 SFBC-OFDM의 성능을 나타낸다. 낮은 SNR에서, 적응 변조 시스템이 안테나 선택을 사용한 시스템보다 성능이 우수하였지만 높은 SNR에서는 안테나 선택방법을 사용한 시스템의 BER 성능이 우수함을 나타낸다.

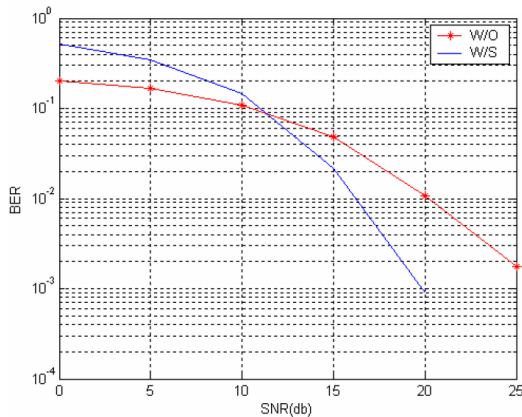


그림 5. 2개~3개 송신 안테나 선택방법을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우, 적응 시스템의 BER 성능

Fig. 5. BER Performance of adaptive modulated SFBC-OFDM with/without antennal selection.

V. 결 론

본 논문에서 레일리 페이딩 채널에서 파일럿 심볼을 이용한 안테나 선택법, 적응 변조등의 적용한 SFBC-OFDM 시스템의 성능을 분석하였다. Water-filling 방식의 적응 변조를 적용한 경우, 기존의 시스템에 비해서 시스템 성능이 상당히 개선됨을 알 수 있었다. 또한 파일럿 심볼로부터 구한 채널 계수를 이용하는 안테나 선택 방식을 적용한 경우에도 시스템의 성능이 개선됨을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] H.Bölcskei and A.J.Paulraj, "Space-frequency coded broadband OFDM Systems", in IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp.1-6, Sept. 2000.
- [2] S.M.Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications", IEEE Journal on selected areas in communication. vol.16 ,no.8, Oct 1998.
- [3] P.W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela, "V-BLAST: An Architecture for Realizing Very high Data Rates Over the Rich-Scattering Wireless Channel", IEEE International Symposium on Signals, Systems, and Electronics, pp. 295-300, Sep. 1998.

- [4] V.Tarokh, H.Jafarkhani and A.R.Chalderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs", IEEE Trans. Information Theory, vol.45, no.5, pp.1456-1467, July 1999.
- [5] M.Torabi and R.Soleymani, "Adaptive Modulation for OFDM Systems Using Space-Frequency Block Codes", in proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCN2003, New Orleans, Louisiana, March 16-20, 2003.
- [6] T.Rappaport, "Wireless Communications, Upper Saddle River", Prentice Hall, 2ed., 2002.
- [7] Andrea Goldsmith, "Wireless Communication", ISBN 0-521-837162, pp.173-225.

저 자 소 개



강 희 훈(정회원)

1997년 서울과학기술대학교
전기공학과 학사 졸업.
1999년 광운대학교 전자공학과
석사 졸업.
2003년 광운대학교 전자공학과
박사 졸업.

<주관심분야 : 통신, 유비쿼터스, IoT, 통신로봇>