

MIMO 채널에 적합한 시공간 부호 기법으로 STTC의 성능 분석

권순녀^{*} · 김동옥^{**} · 이윤현^{*} · 한국항공대학교^{*} · 한국정보통신기술대학^{**}

Performance analysis of STTC using time-space ciphering method appropriate for MIMO channel

Kweon Soon-Nyu^{*} · Kim Dong-Ok^{**} · Lee Yun-Hyun^{*} · HANKUK AVIATION UNIV^{*} · ^{**}korea info & com mu polytechnic college

E.mail : snkweon@hanmir.com, dokim9432@hanmir.com

ABSTRACT

This paper presents a way to maximize transmission efficiency and reception ability through transmission diversity technology, which can be adapted to wireless multimedia OFDM system.

The presented method is a comparative analysis between a case where parameter α for time average is 0.3, 1 with consideration of channel presumption with two types of rms delayed proliferation, which is 50nsec, 150nsec, for the performance analysis of STTC(Space-Time Trellis Code) using time-space ciphering method appropriate for MIMO channel, and performance in the case where presumed channel value from long training column section is applied to according frame in a single frame. The result showed that BER brought SNR improvement of 1.0dB in 10⁻³ when α was 0.3 than using only the long training column, and showed increase of general performance improvement for the sake of time average rather than the case without.

I. 서론

무선통신 시스템의 정보 용량은 다중 송수신 안테나를 이용함으로써 상당히 증가된다. 무선 채널에 대해 데이터 속도를 증가시키기 위한 효과적인 접근법은 다중 송신 안테나에 적당한 부호화 기법을 이용하는 것이다. 이러한 부호화 기법이 시공간 부호(STC: Space-time coding) 기법이다. [1],[2]. 시공간 부호는 다중 송신 안테나를 이용하는 부호화 기법이다. 시공간 부호는 수신기에서 완전한 다이버시티 효과와 대역폭을 희생함이 없이 부호이득을 제공하기 위하여 다른 안테나로부터 전송되어진 신호들에 시간과 공간적으로 상관관계를 도입하는 기법이다.

본 논문에서는 무선 LAN의 MIMO 채널에 적합한 space-time coding 기법을 이용한 송신 다이버시티 기법에 대해 논하고, 이를 토대로 IEEE 802.11a 시스템에 적합한 방안을 제시하고자 한다.

II. 본론

2.1 IEEE 802.11a에서 STTC를 이용한 송신 다이버시티

2.1.1. 시스템 구조 방안

IEEE 802.11a 시스템에 STTC 부호화 기법을 적용하는 방안에 대해 살펴보기로 한다. 그림1은 STTC를 IEEE 802.11a 시스템에 적용한 경우의 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

여기서 송신안테나의 개수는 2 이고 수신안테나의 개수는 수신기의 크기 및 비용등을 고려하여 1 또는 2를 고려할 수 있다. 일반적으로 space-time code를 사용할 경우 수신기에서 필수적인 요소 중의 하나가 채널 상태를 추정하는 것이다. 수신기에 도달되는 신호는 여러 개의 송신 안테나로부터 전송되어진 신호들의 중첩이기 때문에 이 중첩된 신호로부터 각 채널의 상태를 정확하게 추정하는 것이 성능향상의 열쇠라고 할 수 있다.

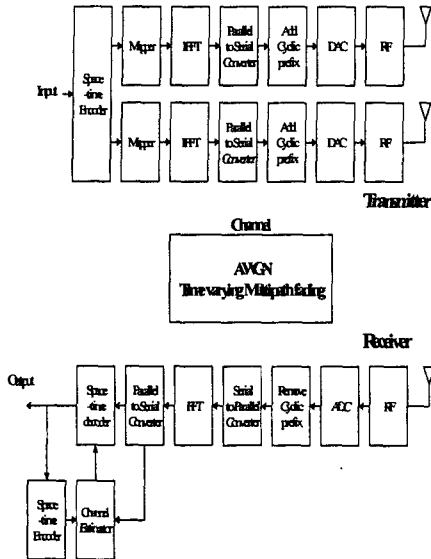


그림 1. STTC를 이용한 OFDM 시스템

2.2 시스템 모델 및 채널 추정

Space-time coding을 이용하는 OFDM 시스템의 구성도를 그림2에 나타내었다. 여기서 송수신 안테나의 수는 모두 2로 가정하였다. 먼저 입력되는 이진 데이터 블록은 space-time 인코더에 의해 두 개의 다른 신호로 부호화되고, 이들 신호들은 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)에 의해 각각의 OFDM 블록들을 형성한다. 이들 OFDM 신호들은 2 개의 송신 안테나를 통해 각각 전송된다. l 번째 심볼 주기동안에서 i 번째 안테나로부터 전송되는 OFDM 신호는 다음과 같이 표현된다[3].

$$x_i[l, n] = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_i[l, k] W_N^{-nk}, \quad i = 1, 2 \quad (1)$$

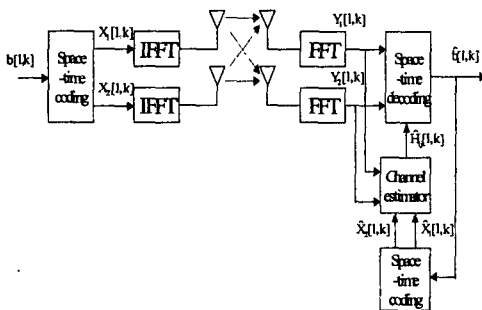


그림 2. 송신 다이버시티를 가진 OFDM 시스템의 구성도

여기서 N 은 부 채널의 수를 의미한다. 그리고 $X_i[l, k]$ 와 $x_i[l, n]$ 은 각각 k 번째 부 채널에서 부호화된 심볼과 n 번째 순간에서 시간 영역의 샘플 값을 의미한다. 그리고 $W_N = \exp(-j(2\pi/N))$ 이다. 다중 경로 채널의 가장 큰 지연 확산보다 더 긴 cycle prefix를 가진다고 가정하면, FFT 출력은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$Y_j[l, k] = \sum_{i=1}^2 H_{ij}[l, k] X_i[l, k] + \Omega_j[l, k], \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

복조된 신호의 복호과정은 space-time 디코더에 의해 복호되는데, 보통 식 (3)과 같은 metric을 이용한 비터비(Viterbi) 알고리즘에 의해 구현된다[4].

$$\| Y[l, k] - \hat{H}[l, k] \hat{X}[l, k] \|^2 \quad (3)$$

식(3)으로부터 space-time code의 디코딩은 채널 주파수 응답, $\hat{H}[l, k]$ 의 추정이 필수적임을 알 수 있다. OFDM에 대한 채널 주파수 응답은 다음과 같이 주어진다.

$$H[n, k] \triangleq H(nT_s, k\Delta f) = \sum_{l=0}^{K-1} h_l[n, l] W_K kl \quad (4)$$

(4)로부터 i 번째 송신 안테나에 대응하는 n 번째 블록의 k 번째 부반송파에서의 주파수 응답은 다음과 같이 표현된다.

$$H_i[n, k] = \sum_{l=0}^{K-1} h_i[n, l] W_K kl \quad (5)$$

여기서 $H_i[n, k]$ 를 얻기 위해서는 $h_i[n, l]$ 을 estimation 할 필요성이 있다. 각 안테나에서 수신되는 수신신호는 다음과 같이 표현된다.

$$r[n, k] = \sum_{i=1}^2 H_i[n, k] t_i[n, k] + \Omega[n, k] \quad (6)$$

III. 모의실험 및 성능 평가

IEEE802.11a 시스템에 대한 STTC를 적용할 경우 채널 추정 기법은 기본적으로 STBC에 적용된 기법을 이용한다. 성능 분석은 채널 추정에 시평균을 위한 파라미터 α 가 0.3, 1인 경우와 하나의 프레임내에서 긴 훈련열 구간으로부터 추정된 채널 값을 해당 프레임에 모두 적용한 경우의 성능을 비교하기로 한다. 송수신 안테나의 개수는 모두 2로 설정하였다.

그림 3, 그림 4 도플러 주파수가 40Hz이고, rms 지연확산이 50 nsec인 경우 BER 성능과 Block Error Rate를 각각 나타낸 것이다. 그림3에서 보면 BER = 10^{-2} 을 얻기 위한 SNR은 완벽한 채널 추정인 경우 6.3 dB이고, $\alpha=0.3$ 인 경우는 7.0dB임을 보여준다. 또한 $\alpha=1$ 인 경우는 10.2dB이고, 긴 훈련 열만을 이용하였을 경우는 8.0dB 임을 보여준다. 따라서 $\alpha=0.3$ 인 경우가 긴 훈련 열만을 이용한 경우보다, 1.0dB의 SNR개선을 가져옴을 알 수 있다. 그리고 BER = 10^{-3} 을 얻기 위한 SNR은 완벽한 채널 추정인 경우 9.1 dB이고, $\alpha=0.3$ 인 경우는 9.8dB임을 보여준다. 또한 $\alpha=1$ 인 경우는 13dB이고, 긴 훈련 열만을 이용하였을 경우는 10.5dB 임을 보여준다. 전반적으로 시평균을 위하는 것이 그렇지 않은 경우보다 성능 개선을 가져옴을 알 수 있다. 그림4는 Block Error Rate를 보여주는 것으로 전반적인 성능의 경향은 그림3과 같은 양상을 가짐을 알 수 있다. 이러한 사실로부터 시평균을 취하지 않은 $\alpha=1$ 인 경우는 긴 훈련열만을 이용한 경우보다 성능 열화가 크다는 사실을 알 수 있다. 따라서 성능을 개선하기 위해서는 시평균을 취하는 것이 유리함을 알 수 있다.

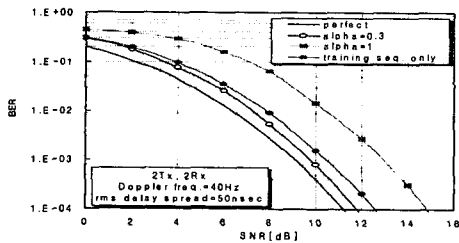


그림 3. BER 성능(fd=40Hz, rms delay spread=50nsec)

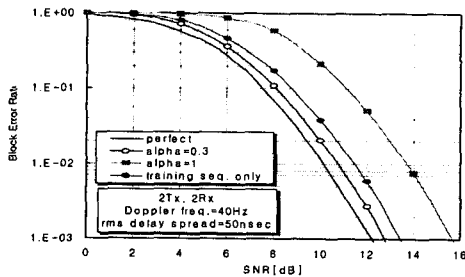


그림 4. Block Error Rate 성능(fd=40Hz,rms delay spread=50nsec)

그림 5와 그림 6은 도플러 주파수가 100Hz이고, rms 지연확산이 50 nsec인 경우 BER 성능과

Block Error Rate를 각각 나타낸 것이다. 이들 그림을 도플러 주파수가 40Hz인 경우의 그림3과 비교해 보면, 도플러 주파수가 증가함에 따라 성능이 열화됨을 알 수 있다. 특히 채널 추정의 성능이 도플러 주파수에 민감하게 작용하는 것을 알 수가 있다. 그림5에서 보면 BER = 10^{-2} 을 얻기 위한 SNR은 완벽한 채널 추정인 경우 6.3 dB이고, $\alpha=0.3$ 인 경우는 7.3dB임을 보여준다. 또한 $\alpha=1$ 인 경우는 10.5dB이고, 긴 훈련 열만을 이용하였을 경우는 7.8dB 임을 보여준다. 따라서 $\alpha=0.3$ 인 경우가 긴 훈련 열만을 이용한 경우보다 0.5dB의 SNR개선을 가져옴을 알 수 있다. 그리고 BER = 10^{-3} 을 얻기 위한 SNR은 완벽한 채널 추정인 경우 9.3dB이고, $\alpha=0.3$ 인 경우는 10.3dB임을 보여준다. 또한 $\alpha=1$ 인 경우는 13.5dB 이고, 긴 훈련 열만을 이용하였을 경우는 10.8dB 임을 보여준다.

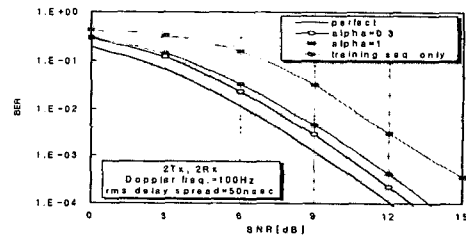


그림 5. BER 성능(fd=100Hz, rms delay spread=50nsec)

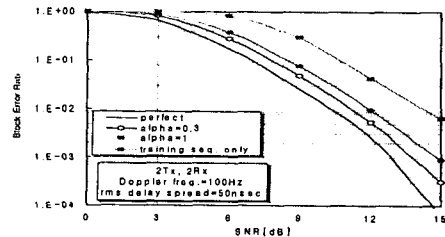


그림 6. Block Error Rate 성능(fd=100Hz, rms delay spread =50nsec)

IV. 결 론

IEEE802.11a 시스템에 STTC를 적용한 채널 추정 기법의 성능을 분석 하기위해 본과제의 훈련열에 대한 채널추정은 STBC에 적용된 방법과 같으며, 데이터구간에 대한 채널추정은 훈련열의 블록으로부터 구해진 채널 추정값을 이용하여 디코딩된 데이터를 이용하여 채널 추정을 하였다.

BER이 10^{-3} 를 얻기 위한 SNR은 완벽한 채널추정인 경우 9.0dB이고, $\alpha = 0.3$ 인 경우는 10dB 임을 보여 주었다. $\alpha = 1$ 인 경우는 13.2dB이고, 긴 훈련 열만을 이용하였을 경우는 11dB로 1.0dB의 SNR이 개선됨을 확인하였다.

참고문헌

- [1] A. F. Naguib, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Increasing data rate over wireless channels," IEEE Signal Processing Mag. vol.17, issue.3, pp.76-92, May 2000.
- [2] Ye Li, J. C. Chuang, N. R. Sollenberger, "Transmitter diversity for OFDM systems and its impact on high-rate data wireless networks," IEEE J. Select Areas Commun, vol.17, no.7, pp.1233-1243, July 1999.
- [3] Y. Li, N. Seshadri, and S. Ariyavisitakul, "Channel estimation for OFDM systems with transmitter diversity in mobile wireless channels," IEEE J. Select Areas Commun., vol. 17, no.3, pp. 461-471, Mar. 1999.
- [4] 김동욱, "무선디지털 수신기를 위한 보간방식의 반송파 동기 방법", 전자정보통신공학 논문지, Vol.7, No.2, pp. 55-67, Dec. 2001.