

IEEE 802.11a에 기반한 OFDM 시스템에서 TSTD 방식 적용에 따른 성능분석

나 상 중, 김 병 기, *오 동 진, *김 철 성
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과, *전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, RRC
전화 : 062-530-0796 / 핸드폰 : 017-633-4688

Analysis of OFDM system using TSTD method based on IEEE 802.11a

Sang Jung Na, Byung Gi Kim, *Dong Jin Oh, *Cheol Sung Kim
Dept. of Computer Engineering,
*Dept. of Electronics Computer & Information Engineering, RRC, Chonnam National University
E-mail : sjna98@orgio.net

Abstract

In this paper, we analyze high-rate orthogonal frequency division multiplexing(OFDM) system using time switched time diversity(TSTD) method based on IEEE 802.11a.

First, we modeled the transmitter and receiver of OFDM system based on IEEE 802.11a. Then, we applied the TSTD to OFDM system. Finally we analyzed the performance of OFDM system using TSTD method by simulation over the 5GHz realistic channel model, where channel coding and channel equalizer over multipath environment are also applied.

I. 서론

차세대 무선 광대역 멀티미디어 통신은 다양한 기능과 여러 응용분야를 통합할 것으로 예상되며, 사용자에게 20Mbps 이상의 정보 전송률을 지원한다. 그런데 여기에서 발생하는 무선채널에 의한 왜곡을 효과적으로 극복하기 위해서는 변조방식을 신중히 선택해야 한다. 현재 고속 데이터 전송에 가장 적합한 변조 방식으로 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing :OFDM)방식이 가장 유력하게 검토되고

있다. 하지만, 고속의 데이터율을 필요로 하는 사용자의 요구에 의해 보다 많은 데이터를 얻기 위하여 OFDM 방식만으로는 한계에 이르게 되어 다이버시티 기술과의 접목을 통한 성능 향상에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 논문은 이러한 IEEE 802.11a의 표준에 기초한 OFDM 방식을 적용한 고속 무선 LAN 시스템에 송신 다이버시티 방법 중 하나인 TSTD 방식을 적용하여 5GHz 실측 채널 하에서 송신 안테나의 수에 따른 OFDM 시스템의 성능을 분석하였다.

II. IEEE 802.11a 고속 무선 LAN 시스템 모델

고속 무선 LAN 시스템을 구현하기 위해 802.11a에서 제안한 시스템 모델 블록도는 그림 1과 같다.

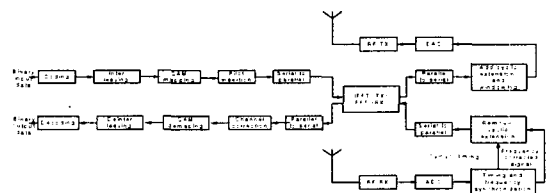


그림 1 시스템 모델 블록도

그림 1을 보면 송·수신기에서는 IFFT전 입력 데이터는 먼저 전방오류정정 부호화(Forward Error Correction Coding)에 의해 부호화 된다. 전방오류정정 부호화는 전송률에 따라서 구속장이 7이고 각각 1/2, 2/3, 3/4인 convolutional 부호화기에 의해 부호화 되어진다. 부호화된 데이터는 인터리빙 되고 QAM 값으로 매핑된다. IFFT와 FFT를 사용하여 한 블록의 QAM 심볼로 다수의 부반송파를 변·복조시킨다. Serial to Parallel 변환기를 거쳐 모아진 48개의 데이터 사이에는 주파수 offset이나 phase noise를 보상하는데 쓰이는 pilot 신호가 BPSK 변조되어 -21, -7, 7, 21번째 부반송파에 실린다. 복소 데이터 스트림은 데이터 부반송파 $N_{SD}(=48)$ 개로 나누어 지게 된다. 최종 OFDM 심볼은 식 (1)와 같이 표현할 수 있다.

$$r_{DATA}(t) = w_{TSYM}(t) \left\{ \sum_{k=0}^{N_{SD}-1} d_{k,n} \exp(j2\pi M(k)\Delta_F \cdot (t - T_{GI})) + p_{n+1} \sum_{k=-N_u/2}^{N_u/2} P_k \exp(j2\pi k\Delta_F(t - T_{GI})) \right\} \quad (1)$$

여기서 $d_{k,n}$ 는 n 번째 OFDM 심볼, k 번째 부반송파에 실리는 데이터이다. $M(k)$ 는 pilot 신호의 위치 값이다. n 번째 OFDM 심볼의 pilot 부반송파의 구성은 비트 열 P 의 Fourier Transform 으로 수행된다. pilot 부반송파의 극성을 결정하는 열 p_n 은 127개의 스크램블 비트열의 역을 반복하여 얻어낸다. 연속된 OFDM 심볼은 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$r_{DATA}(t) = \sum_{n=0}^{N_{SYM}-1} r_{DATA,n}(t - nT_{SYM}) \quad (2)$$

여기서 T_{SYM} 는 심볼 간격이다. 송신데이터는 IFFT를 수행한 후 식 (2)과 같이 전송된다.[1]

III. Open loop transmit diversity

3.1 Orthogonal Transmit Diversity

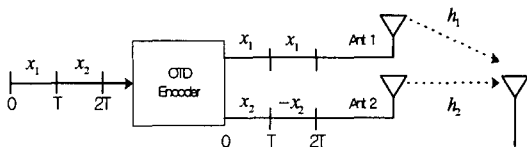


그림2 OTD 방식 Block Diagram

송신 데이터 심볼 x_1 과 x_2 는 OTD encoder에 의해 첫 번째 심볼 구간동안 안테나 1은 x_1 을 안테

나 2는 x_2 를 송신하게 된다. 두 번째 심볼 구간동안에는 안테나 1은 역시 x_1 을 안테나 2는 $-x_2$ 를 송신하게 된다. 이렇게 송신된 신호는 안테나로부터 h_1 과 h_2 의 채널을 겪어 수신 안테나에 수신되게 되며 수신 신호는 식(3)과 같다.[2]

$$\begin{aligned} r_1 &= h_1x_1 + h_2x_2 + n_1 \\ r_2 &= h_1x_1 - h_2x_2 + n_2 \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 r_1, r_2 는 각각 symbol time 1과 2에 수신된 신호를 나타내며, n_1 과 n_2 는 각각 분산이 N_0 인 AWGN이다. 이렇게 수신된 신호는 아래와 같이 Decoding하여 송신 데이터 심볼의 추정치를 얻게 된다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_1 &= (r_1 + r_2)h_1^* = 2|h_1|^2x_1 + (n_1 + n_2)h_1^* \\ \hat{x}_2 &= (r_1 - r_2)h_2^* = 2|h_2|^2x_2 + (n_1 - n_2)h_2^* \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서 알 수 있듯이 송신 심볼 x_1 과 x_2 는 서로 독립적인 페이딩을 거쳐 수신된 효과를 내어 다이버시티를 획득하게 된다. 하나의 안테나를 사용하는 것에 비해 OTD 방식을 이용하면, 한 심볼이 채널 상태가 나쁘면 상대적으로 채널 상태가 좋은 다른 심볼을 제대로 복원이 가능하게 된다. 즉, 두 안테나로부터의 채널이 동시에 나쁜 상황이 될 확률이 적어지므로 송신 심볼을 정확히 복원할 확률은 높아지게 된다.

3.2 Time Switched Transmit Diversity

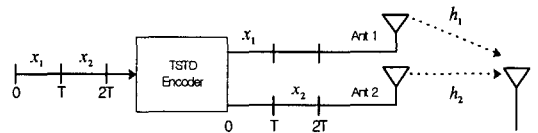


그림3. TSTD 방식 Block Diagram

OTD 방식과 달리 TSTD 방식은 송신 안테나를 번갈아가며 사용하는 형태를 보인다. 즉, 송신 데이터 심볼 x_1 과 x_2 는 TSTD encoder에 의해 첫 번째 심볼 x_1 은 안테나 1로 보내지고, 두 번째 심볼 x_2 는 안테나 2로 보내져서 송신되게 된다. 이렇게 송신된 신호는 각 안테나로부터 h_1 과 h_2 의 채널을 겪어 수신 안테나에 수신된다. 따라서 TSTD 방식은 OTD와 마찬가지로 각 송신 심볼 x_1 과 x_2 가 각각 채널 h_1 과 h_2 를 거쳐 수신된 형태를 띠게 되어 다이버시티를 얻는다.[3]

3.3 Space Time Transmit Diversity

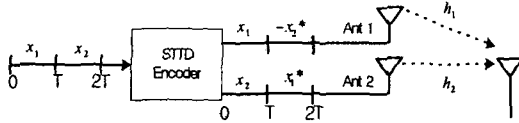


그림 4. STTD 방식 Block Diagram

송신 데이터 심볼 x_1 과 x_2 는 그림 4와 같은 시간과 공간을 이용한 부호화 과정을 거친 후, 각 안테나에 보내진다. 이로부터 얻어지는 수신 신호는 식 (5)와 같다.[4]

$$r_1 = h_1 x_1 + h_2 x_2 + n_1$$

$$r_2 = -h_1 x_2^* + h_2 x_1^* + n_2 \quad (5)$$

수신기는 위와 같은 수신신호로부터 식(6)과 같은 decoding을 거쳐 송신 신호를 복원한다.

$$\hat{x}_1 = r_1 h_1^* + r_2 h_2^*$$

$$= (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_1 + n_1 h_1^* + n_2^* h_2$$

$$\hat{x}_2 = r_1 h_2^* - r_2^* h_1$$

$$= (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_2 + n_1 h_2^* - n_2^* h_1 \quad (6)$$

식(6)과 같은 decoding 후에 각 송신 데이터 심볼은 모두 채널 h_1 과 h_2 를 거쳐서 수신된 신호를 결합한 형태를 띠게 되어 다이버시티를 획득하게 된다.

IV. 모의실험 및 성능분석

4.1 채널환경

모의실험 시 채널 환경은 [표1]처럼 실내 office 환경 모델을 바탕으로 하였다.[5]

Tap Number	Delay (ns)	Average Relative Power (dB)	Ricean K
1	0	0.0	0
2	10	-0.9	0
3	20	-1.7	0
4	30	-2.6	0
5	40	-3.5	0
6	50	-4.3	0
7	60	-5.2	0
8	70	-6.1	0
9	80	-6.9	0
10	90	-7.8	0

[표 1] Indoor office area

Power delay profile이 길어지면 전송된 신호의 시간 분산이 증가하여 ISI영향이 증가하므로 성능이 열화가 생긴

다. 따라서 maximum excess delay가 보호구간 보다 작게 설정하여 주었다.

4.2 모의실험

본 논문에서는 OFDM에 기반한 고속 무선 LAN 시스템을 AWGN 환경과 5GHz 실측 채널 모델에서 실내 사무실 환경에 해당하는 채널 A에서의 모의실험을 행하였고, TSTD를 적용한 OFDM 시스템을 채널 A의 경우에 적용한 결과를 모의실험 함으로써 BER곡선을 통한 성능을 비교, 분석하였다.

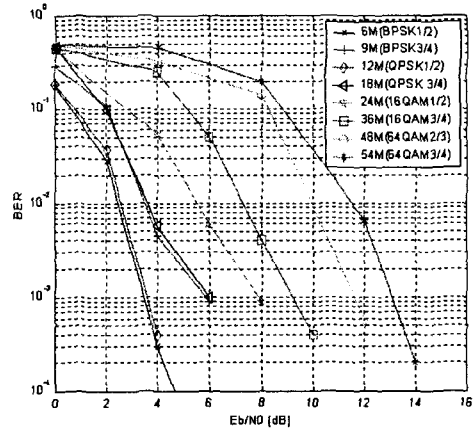


그림 5. AWGN 환경에서 BER 곡선

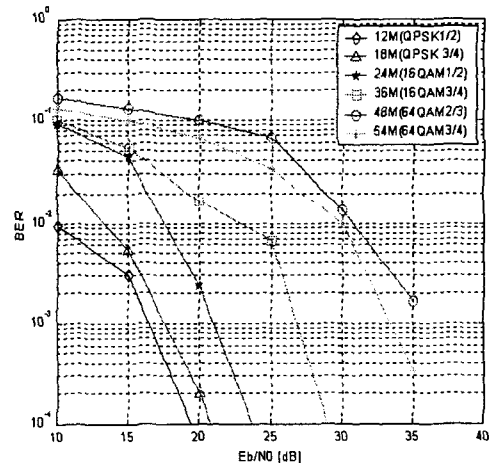


그림 6. 채널 A에서 Transmit diversity를 적용하지 않은 경우의 BER 곡선

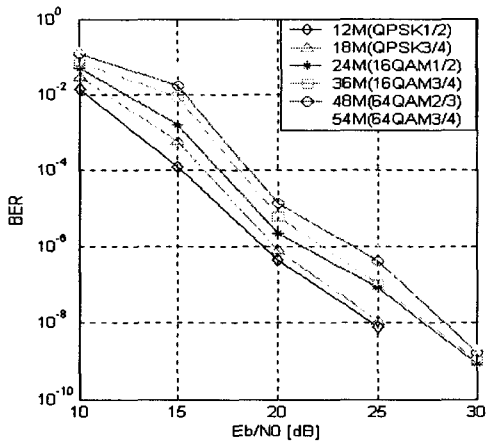


그림 7. 채널 A에서 Transmit diversity를 적용한 경우의 BER 곡선

V. 결론

본 논문은 5GHz 대역의 실측채널모델을 기반으로 다중경로 채널 상에서 OFDM 시스템의 성능을 TSTD 방식을 적용하기 전·후로 각각 비교, 분석하였다. TSTD 방식을 적용한 시스템이 보다 나은 성능을 얻는 것을 확인할 수 있었으며, 분석된 데이터는 IEEE 802.11a에 기반한 고속 무선 LAN 시스템의 실내 무선 채널 연구에 도움이 될 것이며, 4세대 시스템의 주요 이슈가 되고 있는 MIMO-OFDM의 연구를 진행하는데 중요한 자료가 될 수 있으리라 생각된다.

*본 연구는 한국과학재단 지정 전남대학교 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음

참고문헌(또는 Reference)

- [1]IEEE 802.11a, High Speed Physical Layer in the 5GHz band, 1999
- [2]Motorola, "Orthogonal transmit diversity for CDMA forward link", FPLMTS Study Committee, Air-Interface WG, SWG2, Document Number AIF/SWG-2-16-26(P).
- [3]Nokia and Samsung, "UTRA FDD downlink transmission diversity concept", Tdoc SMG2 315 UMTS-L1/98, Helsinki, Finland, September, 1998.
- [4]Texas Instruments, "Space-time block coded transmit antenna diversity for WCDMA", proposed TDOC #662/98 to ETSI SMG2 UMTS standards, Dec. 1998.
- [5]J. Medbo, "Radio Wave Propagation Characteristic at 5 GHz with Modeling Suggestion for HIPERLAN/2", ETSI BRAN 3ERI074A, Jan. 1998