

JTC 채널 모델을 적용한 OFDM 시스템의 STTD 방식 적용에 따른 성능 분석

김광진, 박정현, *오동진, **김철성
전남대학교 컴퓨터정보통신공학과, RRC
*전남대학교 정보통신연구소
**전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부, RRC
nlbo77@naver.com

Performance Analysis of high-rate OFDM system in the JTC channel model, using STTD

Kwang-jin Kim, Jung-hyun Park, *Dong-jin Oh, **Cheol-sung Kim
Dept. of Computer Information Engineering, Chonnam National University,
*Information & Telecommunication Research Institute, Chonnam National University
**Dept. of Electronics Computer & Information Engineering, Chonnam National University, RRC

Abstract

In this paper, we analyze the performance of high-rate OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) in the JTC(Joint Technical Committee) channel models using transmit diversity. In this thesis, each independent channel characteristic antennas in the transmitter are analyzed. Also, Equalization method through the channel estimation in the realistic fading channel environments is applied for IEEE 802.11a WLAN system performance. From the simulation results, BER through transmit diversity of WLAN system is evaluated in AWGN channel and multipath channel environments.

I. 서 론

최근 들어 이동통신 가입자들은 대용량의 신뢰성 높은 광대역의 무선 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 날로 증가해 가고 있다. 일반적으로 멀티미디어 서비스는 수십 또는 수백 Mbps의 데이터 전송률을 필요로 한다. 이와 같은 고속의 데이터 전송시 전송되는 데이터가 다중 경로 페이딩을 겪게 되면 인접 심볼 간 간섭(ISI)이 발생하게 된다. ISI를 방지하기 위한 대책으로 OFDM

방식에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

하지만 이동통신 가입자의 요구에 따른 성능을 만족시키기 위해서는 대역폭 또는 SNR을 증가시켜야 하는데 대역폭의 증가는 현실적으로 어려울 뿐 아니라 비용 면에서도 바람직하지 않다. 또한 SNR의 증가를 위해 송신 전력을 증가시키는 것도 실제 통신 시스템에서 전송할 수 있는 전력이 제한되어 있기 때문에 한계가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 송신 다이버시티를 OFDM 시스템에 적용하여 수신 성능을 향상시키고자 한다.

모의실험에서는 QPSK 변조방식을 적용하여 OFDM 시스템의 송수신기를 간단히 모델링하였고 JTC 실측 채널 모델을 적용하여 광대역 채널 모델화를 이루었고, 채널 모델링을 바탕으로 하여 송신 다이버시티에 따른 OFDM 시스템의 BER을 살펴봄으로써 OFDM 시스템의 성능을 분석하였다.

II. IEEE 802.11a 무선 LAN 시스템 모델

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

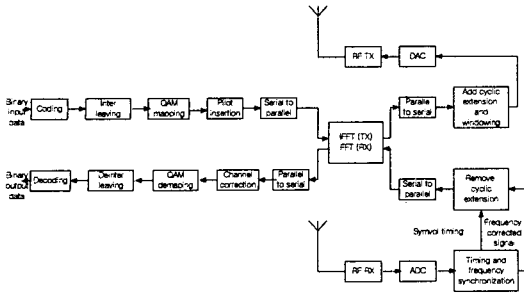


그림 1. 시스템 모델 블록도

그림 1을 보면 송·수신기에서는 IFFT전 입력 데이터는 먼저 전방오류정정 부호화(Forward Error Correction Coding)에 의해 부호화 된다. 전방오류정정 부호화는 전송률에 따라서 구축장이 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} 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

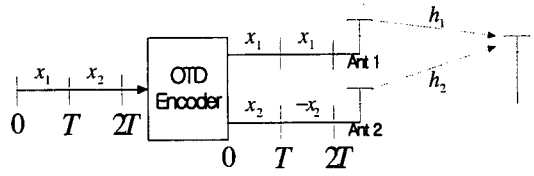


그림 2. OTD의 블록도

송신 데이터 심볼 x_1 과 x_2 는 OTD encoder에 의해 첫 번째 심볼 구간동안 안테나 1은 x_1 을 안테나 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 Space Time Transmit Diversity

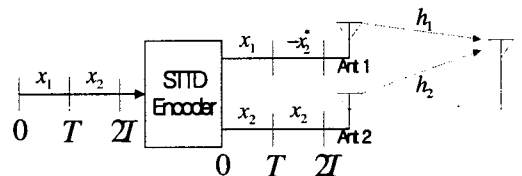


그림 3. STTD의 블록도

송신 데이터 심볼 x_1 과 x_2 는 그림 4와 같은 시간과 공간을 이용한 부호화 과정을 거친 후, 각 안테

나에 보내진다. 이로부터 얻어지는 수신 신호는 식(5)와 같다.[4]

$$r_1 = h_1x_1 + h_2x_2 + n_1$$

$$r_2 = -h_1x_2^* + h_2x_1^* + n_2 \quad (5)$$

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

$$\hat{x}_1 = r_1h_1^* + r_2h_2^*$$

$$= (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_1 + n_1h_1^* + n_2^*h_2$$

$$\hat{x}_2 = r_1h_2^* - r_2^*h_1$$

$$= (|h_1|^2 + |h_2|^2)x_2 + n_1h_2^* - n_2^*h_1 \quad (6)$$

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.

3.3 OTD를 적용한 OFDM

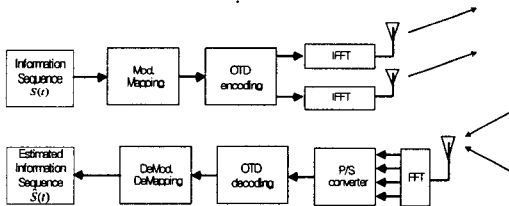


그림 4. OTD-OFDM의 블록도

그림 4는 OTD를 OFDM에 적용한 블록도이다. 일반적인 OTD에서 $S(t)$ 는 하나의 QPSK 심볼이지만 OTD를 OFDM에 적용하기 위해서는 OFDM의 부반송파 개수만큼의 신호로 이루어진 벡터 형태이어야 한다. 신호 벡터인 $S(t)$ 와 $S(t+1)$ 을 각각 OTD에 의하여 순차적으로 IFFT 한 뒤 Cyclic Prefix를 첨가하여 전송한다. 수신단에서는 Cyclic Prefix를 제거하고 FFT를 하면 두 경로를 통해 수신한 $Y(t)$, $Y(t+1)$ 을 Combine하면 추정 값인 $\hat{S}(t)$ 를 얻을 수 있다.

3.4 STBC를 적용한 OFDM

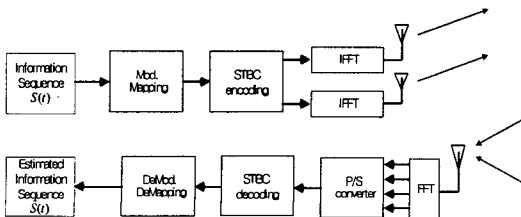


그림 5. STBC-OFDM의 블록도

그림 4는 STBC를 OFDM에 적용한 블록도이다. 일반적인 STBC에서 $S(t)$ 는 하나의 QPSK 심볼이지만 STBC를 OFDM에 적용하기 위해서는 OFDM의 부반송파 개수만큼의 신호로 이루어진 벡터 형태이어야 한다. 신호 벡터인 $S(t)$ 와 $S(t+1)$ 을 각각 OTD에 의하여 순차적으로 IFFT 한 뒤 Cyclic Prefix를 첨가하여 전송한다. 수신단에서는 Cyclic Prefix를 제거하고 FFT를 하면 두 경로를 통해 수신한 $Y(t)$, $Y(t+1)$ 을 Combine하면 추정 값인 $\hat{S}(t)$ 를 얻을 수 있다.

IV. 모의실험 및 성능분석

4.1 채널 환경

모의실험 시 채널 환경은 [표1]처럼 실내 office 환경 모델 B를 바탕으로 하였다.

Tap Number	Delay (ns)	Average Relative Power (dB)	Ricean K
1	0	0	0
2	100	-3.6	0
3	200	-7.2	0
4	300	-10.8	0
5	500	-18.0	0
6	700	-25.2	0

[표 1] Indoor office area

4.2 모의실험

본 논문에서는 JTC 실측채널 환경 하에서 QPSK 변조방식을 적용하여 OFDM 시스템의 성능을 일반적인 시스템과 송신 다이버시티를 적용한 경우와 비교 분석하였다. 모의실험에서 실험의 편리함을 위해 채널의 대역폭과 시스템의 대역폭을 10MHz로 맞추었다.

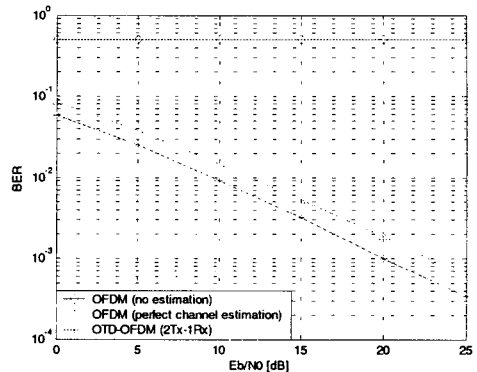


그림 6. 실내 사무실에서 OFDM 시스템과 OTD-OFDM 시스템의 성능

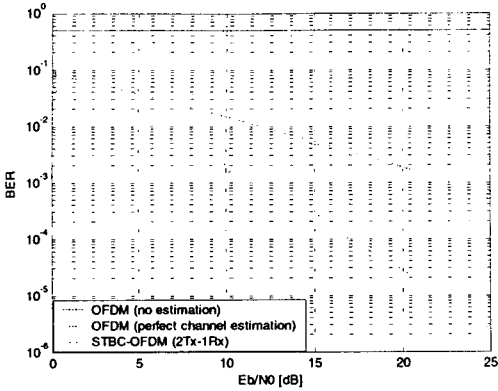


그림 7. 실내 사무실에서 OFDM 시스템과 STBC-OFDM 시스템의 성능

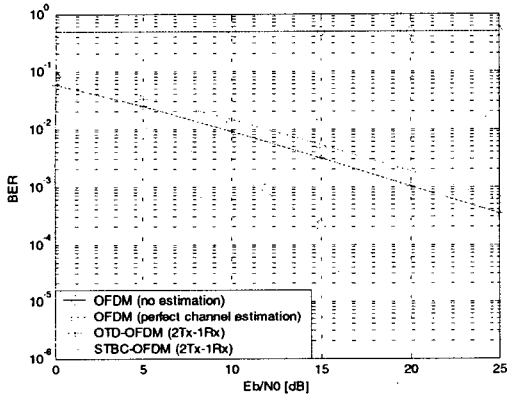


그림 8. 실내 사무실에서 OFDM 시스템과 OTD-OFDM & STBC-OFDM 시스템의 성능

V. 결 론

OTD-OFDM 시스템과 STBC-OFDM 시스템은 일반적인 OFDM과 비교해 볼 때 BER 성능이 개선되었으며, 안테나 수를 증가시킬수록 BER 성능은 더욱 개선될 것이라 예상할 수 있다. 모의실험한 결과를 살펴보면 2개의 전송 안테나와 1개의 수신 안테나를 사용한 경우 일반적인 OFDM 시스템보다 OTD-OFDM 방식의 경우 BER이 10^{-3} 인 지점에서 약 3dB 정도의 다이버시티 이득이 발생함을 확인할 수 있었고 STBC-OFDM 방식의 경우는 10dB 이상의 이득이 발생함을 확인할 수 있었다. 만약 간섭신호들의 영향까지 고려된다면, 모의실험을 통한 다이버시티 이득보다 약간 적은 이득을 얻게 되어 이론적인 결과와 일치하게 되리라 생각된다. 분석된 데이터는 4세대 시스템의 주요 이슈가 되고 있

는 MIMO-OFDM의 연구를 진행하는데 중요한 자료가 될 수 있으리라 생각된다.

참고문헌

- [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

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