

Diversity를 이용한 IEEE802.11a에서 권고된 OFDM 시스템의 BER 성능 분석

오규호, 고예운, 조규섭
성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부
전화 : 031-290-7195

BER Performance of OFDM System for IEEE802.11a using Diversity Scheme

Kyuhoh Oh^o, Yeyun Go and Kyuseob Cho
Department of Electrical and Computer Engineering, Sung Kyun Kwan University
E-mail : cyberoh@netian.com

요약

본 논문에서는 다중 경로 페이딩에 의한 성능의 손실을 보상하기 위하여 간단한 equal gain combining diversity를 갖는 802.11a 무선 LAN용 OFDM 시스템의 BER 성능을 다중경로 환경하에서 분석하였다. 모의 실험 결과에 따르면, 다중경로채널에서 전송 파워를 살펴보면, 2branch equal gain combining diversity를 사용한 무선 LAN용 OFDM시스템이 diversity를 사용하지 않는 OFDM 시스템보다 BER 10^{-3} 에서 3dB 정도의 이득을 줄 수 있었다. Branch 수를 3개를 사용한 경우에는 BER 10^{-3} 에서 branch 2개를 사용한 경우보다 약 2dB정도 이득을 줄 수 있었다.

I. 서론

유선 LAN에서의 광대역 통신 서비스를 무선 LAN에서도 수행하기 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 무선통신 시스템에서의 고속전송은 전송매체가 다중경로채널이므로 주로 심볼간 간섭(ISI:Inter Symbol interference)에 의해 주로 성능이 감쇄된다. 무선 LAN에서는 이러한 매체의 특징을 고려해 물리계층을 설계해야 한다.

이런 다중경로채널을 극복하기 위한 하나의 방안으로 OFDM을 들 수 있다. OFDM을 쓰이는 이유는 다

중경로채널에서 OFDM의 모든 부채널들이 선택성 주파수 페이딩을 flat 주파수 페이딩으로 바꿔주기 때문이다[1]. 실제로 OFDM기술은 여러 광대역 무선통신에서 쓰이고 있다. 예를 들면 5GHz 주파수 대역에서 무선 LAN의 물리계층영역에서 표준안으로 채택되었다 [2]. OFDM 전송방식에서 각각의 부채널의 에너지가 입주의 채널에 퍼지게 되는 다중 경로에 의한 선택 왜곡이 일어나 심볼간 간섭을 유발한다. 이러한 심볼간 간섭으로부터 부채널들의 직교성을 유지하기 위해서 보호구간을 사용한다. 그러나 지역확산이 보호 구간보다 크거나 deep 페이딩이 발생할 경우에는 OFDM 시스템의 성능이 크게 저하된다. 이러한 보호 구간보다 큰 지역확산이나, deep 페이딩으로 인한 전송 에러에 대해 시스템을 보호하기 위해 채널 coding이 필요하다 [3]. 코딩을 사용한 OFDM system은 다중경로 채널에 강하지만 다중경로채널이 심할 경우에는 E_b/N_0 의 손실이 큰 편이다. 이 손실을 보상하기 위해서 diversity기술의 사용이 OFDM시스템에서 필요하다.

따라서 본 논문은 채널코딩을 사용한 OFDM 시스템에서 space-combining diversity를 수신단에 사용해서 BER 성능변화를 모의 실험을 통해 살펴보았다. 수신 diversity는 전송 diversity보다 성능면에서 우수하므로 모의실험에서는 다중경로채널 하에서 수신 diversity를 사용하고 space-combining diversity중에서 가장 간단한 equal gain diversity의 branch 수의 변화를 고려한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 OFDM 시스템에서 다중경로 채널환경에서 성능 향상을 위한 diversity scheme에 대해 기술하고 III장에서는 모의 실험 모델에 대해 기술하고 IV장에서는 다중 경로 채널환경에서 무선 LAN용 OFDM 시스템의 BER성능을 유도하고 V장에서는 결론을 맺는다.

II. Diversity를 이용한 OFDM시스템

2.1 Diversity scheme

무선 환경에서 채널이 심하게 페이딩되면 짧은 간격 동안 link를 보호하기 위해서 가장 높은 power로 전송해야 한다. 그러나 이동단말기에서는 단말기의 파워가 제한되어 있다. 따라서 무선환경에서 diversity를 사용함으로써 송신파워 필요를 감소시키는 역할을 하고 페이딩 영향을 덜 받게 한다. 즉, 다중경로페이딩을 극복하기 위해서 수신측에서는 주로 diversity방법을 사용한다. diversity에서는 같은 신호를 다중복사해서 공간, 주파수, 시간영역 중 하나를 선택 사용해서 채널에 전송한다.

공간 diversity는 가장 일반적인 diversity로 구현하기 쉽고 부가적인 frequency spectrum자원이 필요하지 않는 장점을 가지고 있다. 안테나출력의 uncorrelated 페이딩을 얻기 위해서는 적절한 안테나들의 배치가 필요하다. 수신측에서 두개 이상의 분리된 안테나들에 의해 사용되어진다. 안테나 사이의 거리는 다른 안테나에 의해서 수신된 신호가 영향을 미치지 않을 정도로 충분히 멀어야 한다. 적어도 wavelength의 반은 되어야 한다.

주파수 diversity는 다른 주파수에 걸쳐서 같은 신호를 전송하는 것이다. 즉 같은 신호가 두 개 이상의 전송주파수(carrier frequency)에 의해서 동시에 전송되어진다. delay spread가 커지면 coherent bandwidth는 작아지게 되고 주파수 diversity 채널들이 좀 더 가깝게 위치하게 된다.

시간 diversity는 잘 사용되지 않는 방법으로 같은 신호가 두 번, 그 이상 다른 시간에 전송되어지는 방식이다.

수신자는 많은 수의 diversity branch를 가질 때, 신호레벨을 최대화하기 위해서 이러한 branch들을 combining해야 한다.

2.2 Diversity combining scheme

Diversity combining 기술에는 RF level에서

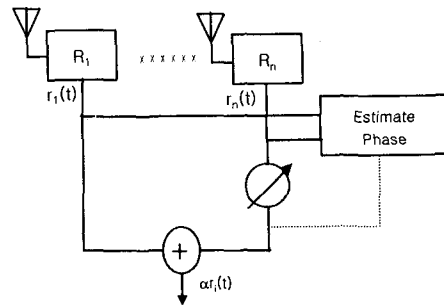


그림 1 Equal gain diversity

combining하는 Pre-detection방법과 기저대역에서 combining하는 Post-detection로 나눌 수 있다.

일반적인 diversity combining 기술에는 selection diversity, equal gain combining diversity방식과 MRC(Maximal ratio combining)방식으로 크게 나눌 수 있다.

2.2.1 Equal gain combining diversity

Equal Gain Combining방법은 여러 안테나를 통해서 신호들을 받고 그 다음에 페이딩을 줄이기 위해 combine하는 방식이다. Post detection 시스템에서는 diversity 방법 중 가장 간단한 방법이다. 어떤 응용에서는 정확하게 높이를 측정하는 것은 어려울지도 모른다. combining gain들은 항등식으로 정해지고 diversity branch들은 단지 co-phasing후에 branch수에 따라 일정한 값이 곱해진 후, 각 branch들은 더하면 된다. Equal gain diversity의 장점으로는 각 branch마다 SNR을 측정할 필요가 없고 일정한 값을 서로 더해주기 때문에 구조가 간단하다는 점이다.

2.2.2 Selection diversity

Selection diversity는 diversity branch들 중의 가장 높은 SNR을 가진 branch하나를 출력에 연결하는 방법이다. selection diversity의 branch들은 순서적으로 비교되지 않는다. 그러나 동시에 여러 branch와 비교되어지고 가장 좋은 branch가 선택되어진다. 장점으로는 최적 branch가 선택이 빠르다는 점이고 단점으로는 출력 SNR은 단지 선택된 branch의 SNR만큼 좋다는 점이다.

2.2.3 MRC(Maximal Ratio Combining)

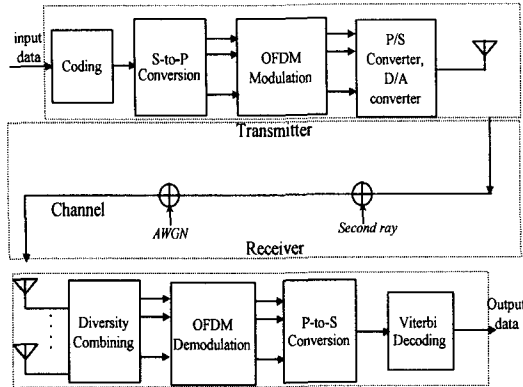


그림 2 Diversity를 사용한 OFDM시스템 블록도

MRC에서 신호는 각 branch마다 수신신호의 SNR의 비에 의해 곱해진 신호들의 합으로 표시된다. 장점은 모든 combining 방법 중에 가장 높은 출력값을 갖는다. 단점은 weighted summation에 관하여 각 branch들의 SNR과 위상을 알아야 하고 n개의 분리된 수신기, 위상동화기, gain control이 요구되어지므로 복잡하다는 단점이 있다.

III. Simulation model

우리는 이장에서 다중경로 채널에 강한 시스템을 구성하기 위해서 diversity combining 기술을 이용하고자 한다. 수신단의 파워제한과 성능면을 고려해서 전송 diversity보다 수신 diversity를 이용한다. 또 구현하기 쉽고 여러 부채널사이에서 가장 좋은 채널 특성을 선택하기가 수월하기 때문에 공간 diversity를 사용한다. 공간 diversity 중에서 가장 구현하기 쉬운 equal gain combining diversity를 이용해 simulation 모델을 구성한다. 그림1은 기본적인 equal gain combining diversity 구성을 보여주고 있다. 각 안테나를 통해서 들어온 신호들에 일정한 값을 곱해서 신호를 더하는데 이 논문에서는 branch들을 3개까지 사용한다 [4]. 채널은 AWGN과 6개의 delay를 가지는 다중경로 채널을 사용한다. 다중경로채널은ITU-R에서 정한 indoor office test environment parameter 값들을 기반으로 한다.

그림2는 diversity기술을 사용한 IEEE802.11a에서 정의한 OFDM시스템의 송,수신 블록도를 나타낸 것이다. 송신부분은 일반적으로 고차 변조방식, IFFT를 이용한 OFDM 변조부분과 직/병렬 변환부로 구성 된다. 채널 부분은 여러 환경에 반사되는 다중경로와 AWGN에

표 1 시스템에 사용된 parameter값

Parameter	Value
Data rate	6Mbps
Modulation type	BPSK
Number of subcarriers	52
Number of pilot	4
Symbol duration	4 μs
Guard interval	800ns
Coding rate	1/2
diversity branche의 수	2-3

표 2 Channel parameter value

Tap	Channel 1	Channel 2	Channel 3
	Rayleigh delay(ns)	Rayleigh delay(ns)	Rayleigh delay(ns)
1	0	0	0
2	50	100	60
3	110	200	120
4	170	300	180
5	290	500	300
6	310	700	320

의한 영향을 나타내고, 수신부는 송신기와 반대의 역할을 하게 된다. Equal gain diversity는 수신쪽에서 사용되는 방법이므로 수신부에 위치한다. 이 논문에서는 Equal gain diversity는 OFDM demodulation앞에 위치한다. 다중경로채널을 통해 수신한 신호를 equal gain diversity로 combining한 뒤 FFT를 이용해서 복조를 하게 된다.

다중경로채널에서 diversity를 이용한 무선 LAN용 OFDM시스템의 BER성능을 평가하기 위해서 표1과 같은 IEEE 802.11a에서 권고된 기본 파라미터를 사용하고 표 2와 같은 채널 모델을 사용한다[5].

IV. 성능평가

우리는 이장에서 IEEE 802.11a 권고안을 기반으로 다중경로 채널에서 좀 더 견고한 시스템 구성하기 위해 diversity기술을 사용하면 어느 정도 BER성능이 향상되는 지 알아본다.

그림3은 AWGN채널과 표2에서 제시한 채널에서의 diversity를 사용하지 않은 상태에서 BER 성능을 보여

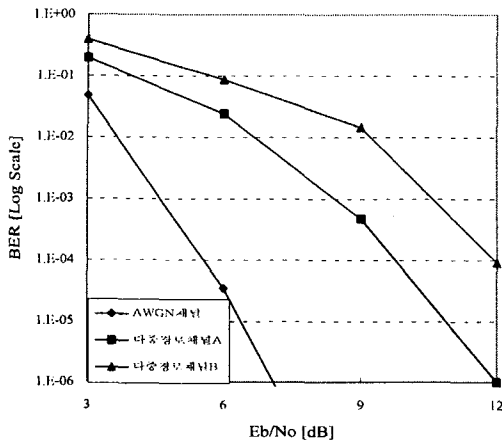


그림 3 AWGN 채널과 사용한 다중경로채널의 BER 성능분석

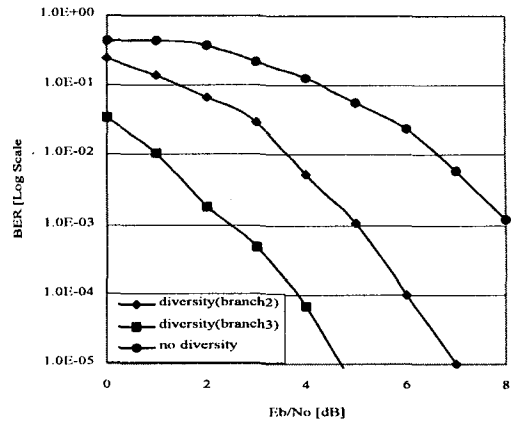


그림 4 Branch수에 따른 OFDM시스템의 BER성능분석

준다. BER 10^{-3} 을 지원하기 위해서 요구되는 전송 파워는 AWGN채널과 비교하면 다중경로채널A, 즉 페이딩이 심하지 않은 채널에서는 약 4.5dB, 페이딩이 심한 채널인 채널B에서는 약 6.5dB정도의 추가적인 전송 파워가 필요함을 알 수 있다. 무선 LAN용 OFDM시스템에서 이러한 심한 페이딩의 환경도 고려되어 질 수 있는데, 이처럼 다중경로에 의한 성능 감쇄를 보상하기 위해 coding만으로도 보완하기 어렵기 때문에 diversity와 같은 다른 기술을 고려하여야만 한다.

그림 4에서는 다중경로채널에서 Diversity combining 기술 중에서 equal gain combining diversity를 사용한 결과를 보여주고 있다. 곡선은 branch 수의 증가에 따른 BER성능곡선과 채널 A에서의 BER성능곡선을 보여준다. Diversity를 쓰지 않는 곡선은 사용한 채널A에서의 BER곡선이다. BER 10^{-3} 에서 보면 3dB에서 5dB정도까지 성능이 향상됨을 알 수 있다. 그리고 BER 10^{-3} 에서 branch가 3개인 diversity를 쓴 시스템이 branch수가 2개인 시스템보다 약 2dB정도 성능향상이 된 것을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문은 Wireless LAN에서 물리 계층 표준안으로 정한 OFDM시스템을 가지고 다중경로 채널에서 성능 감쇄를 보상하기 위해서 diversity 기술을 사용하였다. Diversity combining기술 중 equal gain combining을 사용하여 어느 정도 성능 감쇄를 보상하는 지 알아보았다. 시뮬레이션 결과에 따르면 사용한 다중경로채널

보다 BER 10^{-3} 에서 약 3dB에서 5dB정도 파워손실을 줄일 수 있음을 알 수 있다. 또 branch수가 2에서 3으로 증가시 약 2dB정도 BER 성능이 향상됨을 알 수 있다. Branch 수의 증가에 따라 다중경로채널에서의 손실을 어느 정도 보상이 가능하다. 즉, 단순한 equal gain diversity를 써도 충분히 보상이 가능함을 알 수 있다.

참고문헌

- [1] J. Cimini, Jr.: "Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency division multiplexing," IEEE Trans. Commun., vol. COM-33, no. 7, pp. 665-675, July 1985.
- [2] IEEE,802,11a, IEEE Standards for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification : HIGH Speed Physical Layer in the 5GHz Band,1999
- [3] H. Sari, G. Karam and I. Jeanclaude: "Transmission Techniques for Digital Terrestrial TV Broadcasting ," IEEE . Commun., Mag., vol. 33, no 2 pp. 100-109, Feb. 1995
- [4] Jerry D. Gibson "The Mobile Communications Handbook", IEEE Press,1999
- [5] Richard Van Nee: "A New OFDM for high rate wireless LAN in the 5GHz band", in Proc. VTC'99, pp.258-262, 1999.