

전송 채널의 불규칙적인 PDP의 특성에 따른 OFDM 시스템의 성능 분석

*이형권, **류은숙, **이종길
*LG전자, **인천대학교 정보통신공학과

Performance analysis of OFDM systems considering irregular PDP characteristics of propagation channels

*Hyung-Kwun Lee, **Eun-Suk Ryu, **Jonggil Lee
*LG Electronics

**Dept. of Information & Telecommunications Engineering, University of Incheon
E-mail : hklee00@lgic.co.kr

요 약

본 논문에서는 실측 데이터를 기준으로 9가지의 다양한 모델을 제안한 JTC(Joint Technical Committee) 모델을 전송 채널 모델로 채택하여 채널의 PDP(Power Delay Profile)의 불규칙성 따른 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 통신 시스템의 성능을 분석하였다. 전송 채널의 불규칙성은 Main profile의 길이, Peak 위치, Echo profile의 지연 시간, 그리고 Echo profile의 강도로 분류하여 각각에 따른 PDP를 설정하여 각 모델에 따른 OFDM 시스템의 성능 분석을 하였다.

I. 서 론

정지화상 및 동영상, 멀티미디어 등의 효과적인 활용을 위해서는 초고속 데이터 또는 음성 통신망을 무선으로 구축하는 것이 필요하다. 그러나 무선 채널의 경우 다중경로에 의한 페이딩, 이동체에 의한 도플러효과, 지연확산 등으로 인하여 고속 전송을 위한 무선 채널망의 구성이 매우 어렵다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 다중 접속 능력(multiple access) 및 페이딩에 대한 견실성(fading immunity)을 갖는 다중 반송파를 이용한 데이터 및 음성 신호를 전송하는 방식이 개발되었다. 이와 같은 다중 반송파 방식에는 몇 가지 종류가 있으며 모두 광대역 통신망 구성을 위하여 고려되고 있는 기술이다. 이와 같은 방식은 다중 반송파를 이용함으로써 고속 전송시 문제시 될 수 있는 주파수 선택적 페이딩이라든지 심볼간의 간섭 문제 등을 어느 정도 해결할 수 있다. 즉 다중 캐리어를 이용하여 데이터를 병렬로 전송시킴으로써 단일 캐리어를 통한 전송은 저속 전송 방식으로 이루어지게끔 할 수 있다. 그리고 이와 같은 방식 중 가장 활발히 연구가 진행되는 기법은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Modulation) 통신 시스템으로 광대역 통신에 적합한 것

으로 인정받고 있으며 열악한 무선 채널 환경에서 다중 사용자의 간섭이나 연결성 에러(burst error)에 효율적으로 대응할 수 있는 시스템으로 알려져 있다. 그러나 현재까지 여러 가지 다양한 무선 채널 환경에서의 OFDM 방식의 성능은 아직도 제대로 검증되지 못한 실정이다. 또한 시스템의 복잡도 및 효율성은 전송 채널의 특징에 따라 그 방법이 결정되기 때문에 이와 같은 고속의 데이터 전송 시 많은 문제가 있는 이동 통신 채널의 전파 환경별 특징 및 페이딩에 의한 열화 정도를 분석하는 것이 매우 절실한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 전송 채널의 PDP의 다양한 특성에 따른 OFDM 시스템을 분석하였다.

II. OFDM 시스템 개요 및 채널 모델링

1) OFDM 시스템의 개요

일반적으로 고전적인 병렬 전송 방식은 전체 주파수대에서 중첩시키지 않음으로써 인접채널의 간섭을 줄이는 면에서는 효과적이거나 스펙트럼 사용효율이 떨어진다. 그래서 새로이 제안된 방식이 전체 대역을 다수의 협대역으로 분할하여 정보를 전송하며 협대역간의 스펙트럼

을 증첩시켜 스펙트럼 효율성을 증대시킨 방식이 제안되었다. 그러나 이 경우 부반송파간에 혼선을 막기 위해 부반송파간에 직교성이 유지되어야 한다. 이러한 멀티 캐리어 전송방식 중 가장 효과적인 것 중의 하나가 OFDM 방식이다.

모의 실험 모델의 기본 구조는 그림 1과 같이 설정하였으며 입력 데이터는 변·복조부, S/P converter 그리고 IFFT를 수행 후 다중 경로 채널로 전송되며 채널을 통한 신호는 수신단에서 송신단의 역의 과정인 FFT, P/S converter 그리고 복조부를 통하여 최종 수신된다. 이때 변·복조부는 16-QAM, IFFT/FFT는 512-point로 설정하였으며 시스템의 변복조부는 동기 되었다는 가정 하에 반송파 위상의 지터는 고려하지 않았다.

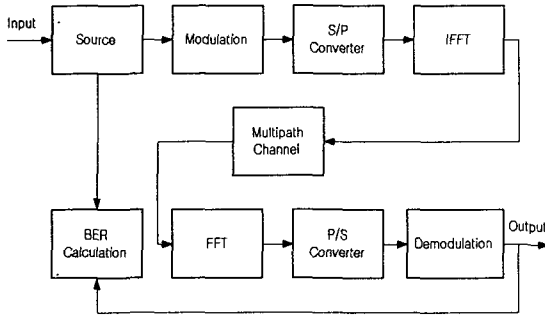


그림 1. 시뮬레이션 모델

III. 모의 실험 및 분석

1) Main profile의 길이

표 1의 JTC 모델의 실외 거주지 환경 모델을 기본으로 Main profile의 길이를 다양하게 조정함으로써 각각의 모델에 대해 모의 실험하였다. 그리고 Main profile의 길이는 JTC 모델에서 정의된 채널에 따른 평균 전력의 분포를 나타내는 식 2를 기준으로 그림 2와 같이 감쇠 상수를 조절하여 모의 실험을 하였다.

$$\overline{Q}(\tau) = e^{-\tau/\tau_d} \quad (1)$$

여기서 τ 는 지연 시간을 의미하며 τ_d 는 감쇠 상수로 JTC 모델에 따라 부여된 상수이다. 그림 3은 설정된 모델을 통하여 모의 실험된 결과로서 감쇠 상수가 커짐에 따라 Main profile의 길이가 길어지고 전송된 신호의 시간 분산이 증가하여 ISI(Intersymbol Interference)가 상대적으로 증가하기 때문에 시스템의 BER(Bit Error Rate)이 증가함을 알 수 있다.

표 1. 실외 거주지 환경 모델

Tap	Relative Delay(ns)	Average Power(dB)
1	0	0
2	50	-2.9
3	100	-5.8
4	150	-8.7
5	200	-11.6
6	250	-14.5
7	300	-17.4
8	350	-20.3

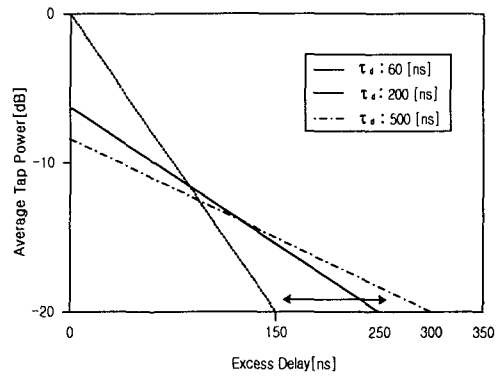


그림 2. Main Profile의 길이에 따른 시스템 변수 설정

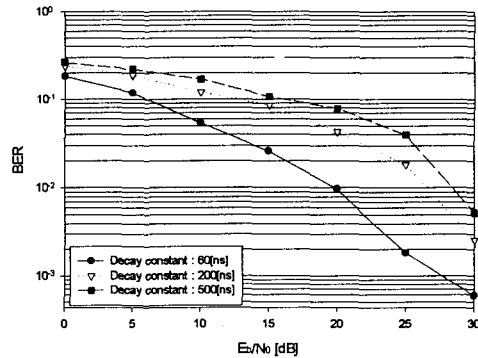


그림 3. Main Profile의 길이에 따른 시스템의 BER

2) Echo profile의 감쇠

Echo profile은 전송단에서 송신되는 신호들이 전송 채널의 특성인 산란, 반사 그리고 분산 등에 의하여 서로 다른 시간 지연과 감쇠를 갖는 신호들이 발생됨으로써 생성되며 이때 생성된 Echo profile은 시스템의 성

능에 많은 영향을 미치게 된다. 적용된 실험 모델은 표 2의 실외 도시/교외 저층 지역 모델로 설정하여 Echo profile의 감쇠 정도를 그림 4와 같이 변경하여 모의 실험을 하였다. 이때 각 모델의 부분 전력의 합은 일정하게 유지된다. Echo profile의 감쇠와 BER의 관계는 그림 5와 같으며 Echo profile의 감쇠가 클수록 시스템의 BER이 크게 증가함을 알 수 있다.

표 2. 실외 도시/교외 저층 지역(High Antenna) 모델

Tap	Relative Delay(ns)	Average Power(dB)
1	0	-3.0
2	50	-7.0
3	200	0
4	500	-6.2
5	1,200	-5.2
6	1,525	-18.9
7	1,750	-21.7

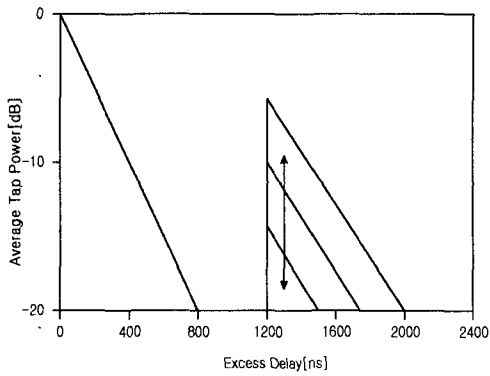


그림 4. Echo profile의 감쇠에 따른 시스템 변수 설정

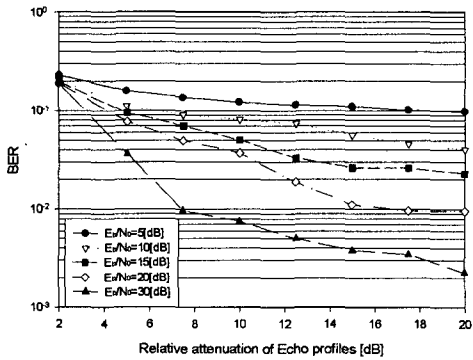


그림 5. Echo profile의 감쇠에 따른 시스템의 BER

Echo profile의 지연 시간에 따른 시스템의 성능 분석의 목적은 Echo profile의 지연이 달라짐에 따라 각기 시스템의 성능에 어떠한 영향을 미치는가를 증명하는 것이다. 모의 실험에 적용된 채널 모델은 표 3의 실외 교외 고층 지역 모델로 설정하여 지연 시간을 그림 6과 같이 변경하여 모의 실험을 하였다. 이 실험의 결과는 그림 7이며 결과에서 보듯이 지연시간에 따라 BER 변동이 있음을 알 수 있다.

표 3. 실외 교외 고층 지역(High Antenna) 모델

Tap	Relative Delay(ns)	Average Power(dB)
1	0	0
2	50	-0.4
3	250	-6.0
4	300	-2.5
5	550	-4.5
6	800	-1.2
7	2,050	-17.0
8	2,675	-10.0

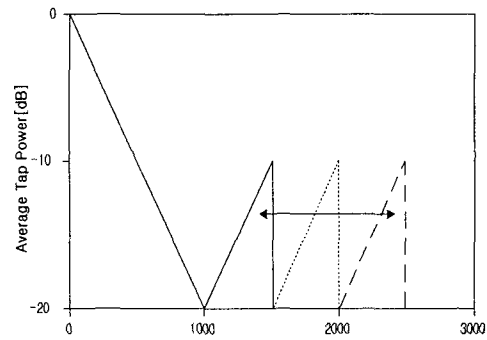


그림 6. Echo profile의 지연시간에 따른 시스템 변수 설정

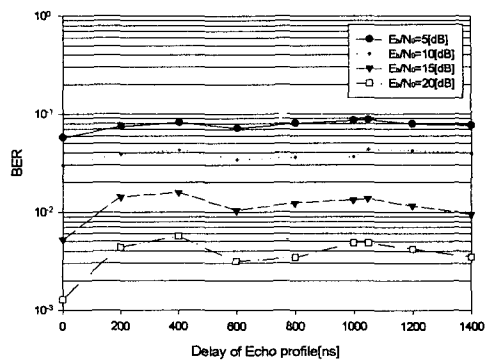


그림 7. Echo profile의 지연시간에 따른 시스템의 BER

마지막 모의 실험 모델의 채널 변수는 Main profile의 불규칙성에 따른 모델로서 Main profile의 Peak 위치의 변화에 따른 실험 모델로 상대적인 수신 전력이 0[dB]인 위치를 Peak로 설정하였으며 실험 모델은 Main profile의 길이는 350[ns]인 표 4의 JTC 모델의 실내 거주지 환경을 모델로 설정하여 Peak 위치를 그림 8과 같이 0[ns]부터 50[ns]단계로 250[ns]까지 변경하여 모의 실험을 하였으며 실험 결과는 그림 9와 같이 Peak 위치가 우측으로 이동함에 따라, 즉 Peak 위치의 지연 시간이 길어짐에 따라 미세한 BER의 증가가 있음을 알 수 있다. 그리고 E_b/N_0 를 5, 10, 15, 20, 30[dB]로 변경하여 각각에 대해 모의 실험 하였다.

표 4. 실내 거주지 환경 모델

Tap	Relative Delay(ns)	Average Power(dB)
1	0	0
2	50	2.9
3	100	5.8
4	150	8.7
5	200	11.6
6	250	14.5
7	300	17.4
8	350	20.3

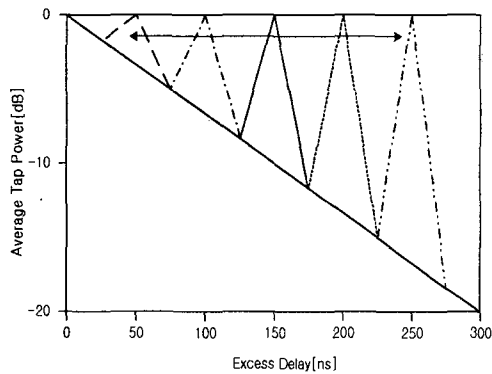


그림 8. Peak의 위치에 따른 시스템 변수 설정

IV. 결론

논문에서는 JTC 모델을 이동 통신 채널의 전송 모델로 설정하여 OFDM 통신 시스템에서의 채널의 영향에 따른 시스템의 성능을 분석하였다. 채널의 불규칙 특성인 Main profile의 길이, Peak의 위치, Echo profile의 감쇠 그리고 Echo profile의 지연시간을 채널 변수로

설정하여 각각 시스템의 BER를 유도하였으며 Main profile의 길이가 길어짐에 따라 시스템의 BER이 열화되고 Peak의 위치에 따른 시스템의 영향은 거의 미진함이 분석되었으며 그리고 Echo profile의 감쇠와 Echo profile의 지연시간은 시스템의 ISI 발생에 연계되어 시스템 성능에 영향을 미침을 알 수 있었다. 분석된 결과는 각각의 채널 변수에 따른 시스템 분석에서 다양한 채널 모의와 더불어 분류된 모델로부터 채널에 따른 시스템의 성능 열화에 대한 보상 방법을 연구하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

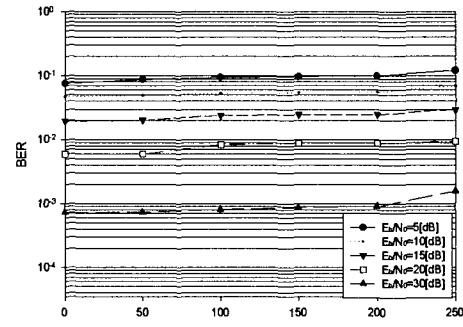


그림 9. Peak의 위치에 따른 시스템의 BER

* 본 연구는 한국과학재단 지정 인천대학교 멀티미디어 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] M. Wittmann and J. Marti, "Impact of the power delay profile shape on the bit error rate in Mobile radio systems." IEEE Trans. veh. Technol., vol.46, no.2, pp.329-339, 1997.
- [2] R. Prasad, Universal wireless personal communications, Artech House Publishers, 1998.
- [3] J. G. Proakis, Digital Communications, New York : McGraw-Hill, 1983.
- [4] G. L. Stuber, Principles of mobile communication, Kluwer Academy Publication, 1996.
- [5] B. Sklar, Digital Communications fundamentals and applications, Prentice Hall, 1988.
- [6] Michel Daoud Yacoub, Foundations of Mobile Radio Engineering, CRC Press, 1993.