

다중경로 페이딩 환경에서 OFDM방식을 이용한 차세대 DSRC 시스템에 관한 연구

김만호* · 강희조* · 고응남**

*목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부

**천안대학교 정보통신학부

A Study of next generation DSRC System using OFDM in Multipath fading Environment

Man-Ho Kim* · Heau-Jo Kang* · Eung-Nam Ko**

*Dept. of Computer Multimedia Content Eng., Mokwon Univ.

**Dept. of Information Communication Eng., Cheonan Univ.

E-mail : mhkim@mokwon.ac.kr

요 약

무선 다중경로 채널에서 데이터를 고속으로 전송할 경우, 신호는 페이딩, ISI(inter-symbol interference) 등의 영향으로 높은 에러율을 가지게 된다. 현재의 DSRC 시스템은 1Mbps 이상의 데이터 서비스가 어려울 것으로 예상되므로 개선된 변복조방식이 요구된다. OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 방식은 보호기간의 삽입을 통하여 ISI를 방지할 수 있으므로 고속 데이터 전송에 적합하다. 따라서 본 논문에서는 다중경로 페이딩 환경에서 시뮬레이션을 통하여 12 Mbps 전송 속도를 갖는 OFDM/QPSK 통신 시스템의 BER 성능을 비교·분석하고 다중경로 페이딩 환경에서 채널 상태를 추정 보상하기 위하여 판정 궤환형 등화기(Decision Feedback Equalizer)를 적용하여 시스템 성능을 개선하였다.

I. 서 론

DSRC 시스템은 최근 ITS의 도입에 따라 새로운 개념의 통신수단으로 등장하게 되었다. 기존 DSRC 시스템과 차세대 DSRC 시스템의 채널 환경과의 가장 큰 차이는 데이터 전송속도의 증가로 인하여 무선 다중경로 채널에서 ISI가 발생하여 주파수 선택성 페이딩 채널 환경이 되는 것이다. 그러므로 현재 개발된 1Mbps급 DSRC 시스템의 변복조 방식으로는 충분한 성능을 기대할 수 없으며, ISI를 제거하기 위한 채널 등화와 개선된 변복조 방식이 필요하게 된다[1]. 최근 무선 채널에서 10Mbps 이상인 고속 데이터 전송에 적합한 방식으로 OFDM 방식이 연구되고 있는데, 광대역 신호를 상호 직교성을 갖는 협대역의 부채널로 나누어 이를 중첩시켜 동시에 전송하는 방식이다. 따라서 본 논문에서는 전송 속도에 따른 OFDM/QPSK 통신 시스템의 성능을 분석하고 채널 상태를 추정 보상하기 위하여 판정 궤환형 등화기(Decision Feedback Equalizer)를 적용하여 시스템 성능을 개선하였다.

II. 본 론

2.1 OFDM 통신 시스템

OFDM은 다수의 병렬 부반송파에 정보를 실어 스펙트럼상에서 직교성을 유지하는 최소 주파수 간격으로 중첩을 허용하여 전송할 수 있으므로 스펙트럼 효율을 극대화 할 수 있을 뿐만 아니라 다중경로 페이딩에도 강한 전송방식이다.

그림 1과 그림 2에는 각각 OFDM 송신기와 수신기의 기본적인 구조를 나타내었다.

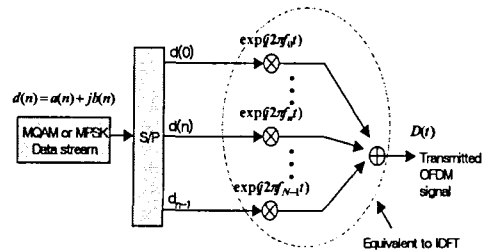


그림 1. OFDM 시스템의 송신기

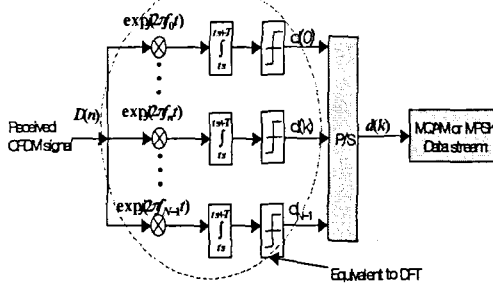


그림 2. OFDM 시스템의 수신기

각각의 부반송파에 대한 변조를 MPSK나 MQAM과 같은 2차원 심볼을 이용하는 경우, 변조에 이용되는 심볼은 $d(n) = a(n) + jb(n)$ 과 같은 복소수로 표현할 수 있다. 따라서, OFDM 심볼의 복소 등가 저역신호는 다음과 같다.

$$D(t) = \sum_{n=0}^{N-1} [a(n) + jb(n)] e^{j2\pi f_n t} \quad (1)$$

여기서, $f_n = n\Delta f$ 이고, $\Delta f = 1/NT = 1/T_B$ 이다. 수신된 신호에 대해 k 번째 부 채널에 대해서 역다중화 및 동기검파를 수행한 신호는 다음과 같다.

$$\hat{d}(k) = \frac{1}{T_B} \int_0^{T_B} \tilde{D}(t) e^{-j2\pi f_k t} dt \quad (2)$$

여기서, $\tilde{D}(t)$ 는 채널을 통과하여 수신된 OFDM 신호이고, $\hat{d}(k)$ 는 k 번째 부반송파에 실린 정보를 동기 검파한 신호이다. 채널에서의 왜곡이 없는 경우, $\tilde{D}(t)$ 는 $D(t)$ 와 동일하게 된다. 위의 식은 다음과 같이 전개할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{d}(k) &= \frac{1}{T_B} \int_0^{T_B} \sum_{n=0}^{N-1} [a(n) + jb(n)] e^{j2\pi f_n t} e^{-j2\pi f_k t} dt \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} [a(n) + jb(n)] \frac{1}{T_B} \int_0^{T_B} e^{j2\pi f_n t} e^{-j2\pi f_k t} dt \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} [a(n) + jb(n)] \delta(n-k) \\ &= a(k) + jb(k) \end{aligned} \quad (3)$$

식(3) 으로부터 OFDM 신호의 직교성이 증명되며, 이러한 OFDM 신호의 직교성을 이용하면, 채널의 왜곡을 받지 않는 경우, 수신신호에 대해 동기검파된 신호는 송신된 정보와 동일하다는 것을

알 수 있다.

2.2 무선 전송 채널 모델

이동 무선 채널은 시스템의 성능을 결정하는 중요한 파라미터로 실제적인 무선 채널의 모델링은 시스템 설계에서 가장 중요한 부분 중의 하나이다. 본 논문에서 고려한 DSRC 시스템의 채널 환경은 다양한 교통 정보와 멀티미디어 서비스 등을 제공하기 위한 데이터 전송속도의 증가로 인하여 무선 다중경로 채널에서 ISI가 발생하여 주파수 선택성 페이딩 환경이 된다. 다중경로 페이딩 채널 모델로는 ITU-R M.1225[2]를 이용한 two-ray 모델을 이용하였다.

ITU-R M.1225에서는 무선 채널 환경에서 이동통신 시스템의 성능 평가를 위하여 표 1의 시스템 모델링 파라미터를 제시하고 있다. 이 값은 실측 자료를 근거로 다양한 이동통신 환경을 고려하였으며 통신 시스템 구축을 위한 모의실험 파라미터로 활용되고 있다[3].

표 1에서 제시된 무선 채널 환경은 상대적으로 작은 지연 확산을 가지는 채널 A와 중간 지연 확산을 가지는 채널 B로 구분된다.

표 1. 차량 이동 환경 TDL 파라미터

Tap	ITU-R M.1225				Modeling Parameter	
	Channel A		Channel B		Channel A	Channel B
	Delay (ns)	Average Power (dB)	Delay (ns)	Average Power (dB)	Tap Weight	
1	0	0	0	-2.5	0.4850	0.3226
2	310	-1.0	300	0	0.3852	0.5736
3	710	-9.0	8900	-12.8	0.0611	0.0301
4	1090	-10.0	12900	-10.0	0.0485	0.0574
5	1730	-15.0	17100	-25.2	0.0153	0.0017
6	2510	-20.0	2000	-16.0	0.0049	0.0144

각각의 모델은 경로 수, 경로들의 상대적인 지연 및 각 경로들의 상대적인 전력으로 나타내었다. 또한 이러한 채널 모델은 각 환경에서의 도플러 스펙트럼을 위한 이동국의 이동 속도를 제시하고 있다. 차량 이동 환경은 120km/h에 해당하는 속도로 명시하여 시뮬레이션에 이용하고 있다.

2.3 판정 반환형 등화기(Decision Feedback Equalizer)

본 논문에서 고려한 OFDM 신호는 다중경로파의 지연 시간이 더욱 큰 다중경로파가 존재하는 주파수 선택성 페이딩 환경 하에서 전송 특성을 개선하기 위하여 기본적인 주파수 선택성 페이딩 대책 기술을 적용할 필요가 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 보상 특성은 약간 열화 되지만 알고리즘이 간단하고, 비선형 등화기에 있어서는 선형 등화기에서는 제거되지 않는 형태의 다중경로파의 제거가 가능한 판정 반환형 등화기(DFE)를 적용하였다.

그림 3은 판정 케환형 등화기(DFE)의 구성을 나타낸다. 판정 케환형 등화기는 등화 필터부, 데이터 판정부, 탭 이득 갱신부로 구성된다.

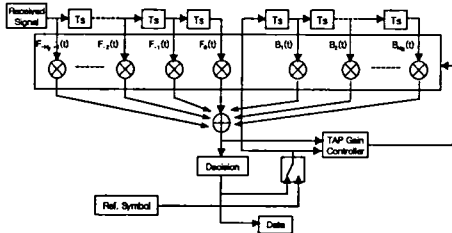


그림 3. 판정케환형 등화기의 구성

III. 시뮬레이션 결과 분석 및 성능비교

3.1 시뮬레이션 결과

본 논문에서 고려한 OFDM 신호의 주파수 선택성 페이딩 환경 하에서 전송 특성을 개선하기 위하여 다중경로파를 제거하기 위한 판정 케환형 등화기를 적용하여 시뮬레이션 하였다.

그림 4~6은 멀티패스 페이딩 환경으로써 표 1의 차량 이동 TD-L 파라미터 중 모델의 경로수가 3 이고, 경로들의 상대 지연시간이 310ns 인 경우의 판정 케환형 등화기 적용 유무에 따른 OFDM/QPSK(12Mbps) 시스템의 수신신호 성좌도와 BER 특성을 나타낸다.

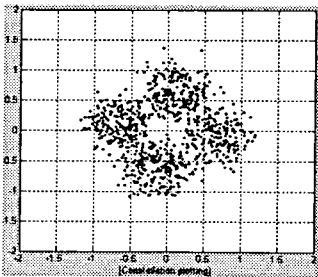


그림 5. OFDM/QPSK 등화기 적용 전의 성좌점 시뮬레이션 (Multipath fading, Eb/No=16 dB)

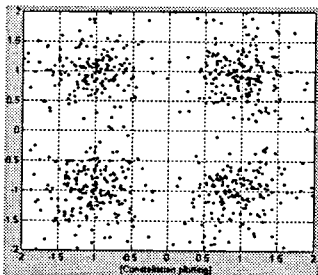


그림 6. OFDM/QPSK 등화기 적용 후의 성좌점 시뮬레이션 (Multipath fading, Eb/No=16 dB)

다중경로 페이딩 환경에서 120km 이상의 고속 주행시 심각한 위상오프셋이 발생함을 알 수 있고, 본 논문에서 고려한 판정 케환형 등화기를 적용함으로써 위상오프셋에 의한 전송신호의 위상에러를 효과적으로 보상함을 알 수 있다.

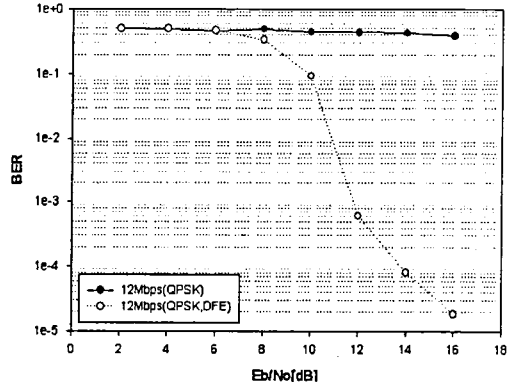


그림 4. 판정 케환형 등화기를 적용한 OFDM/QPSK 시스템의 성능

그림 5와 6은 무선채널 환경에서 페이딩의 영향을 받아 수신된 수신 신호의 성좌점과 판정 가변형 등화기를 적용하여 보상시킨 경우의 수신신호 성좌도이다.

판정 케환형 등화기를 적용하기 전의 OFDM/QPSK 시스템은 고속 이동으로 인한 위상 오프셋 현상에 의하여 SNR이 증가하여도 뚜렷한 성능 개선 효과를 보이지 않지만, 판정 케환형 등화기를 적용한 시스템에서는 SNR 10dB 이상에서부터 등화기 적용 전의 시스템보다 성능이 개선되어 짐을 알 수 있다.

IV. 결 론

최근 차량의 이동 무선 채널에서 10Mbps 이상 고속 데이터 전송에 적합한 방식으로 OFDM 방식이 연구되고 있는데, OFDM 방식은 광대역 신호를 상호 직교성을 갖는 협대역의 부채널로 나누어 이를 중첩시켜 동시에 전송하는 방식이다. 따라서 본 논문에서는 12 Mbps 전송 속도를 갖는 OFDM/QPSK 시스템의 성능을 분석하고 고속 이동에 의한 페이딩의 영향을 받아 수신된 수신 신호의 성좌도를 살펴보았다. 또한 채널 상태 추정을 통한 멀티 패스 페이딩 환경에서의 위상 오프셋 잡음을 추정 보상하기 위해 판정 케환형 등화기를 적용하여 시스템 성능을 개선하였다.

시뮬레이션의 결과로, 판정 케환형 등화기를 적용한 후의 OFDM/QPSK 시스템은 판정 케환형 등화기를 적용하기 전의 시스템 보다 SNR 10 dB 이상에서 시스템 성능이 개선되어 짐을 알 수 있었다. 향후 고속, 고품질의 데이터 전송이 요구되

는 멀티미디어 통신 시스템의 구현 시에는 판정
회전형 등화기 같은 다중경로파로 인한 위상 옵
셋을 효과 적으로 제거할 수 있는 기법이 반드시
적용 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 한국항해학회(2001), "10 Mbps 패킷 데이터
전송을 위한 무선채널 환경 연구," 최종 연구
보고서.
- [2] Recommendation ITU-M.1225, "Guidelines f
or Evaluation of Radio Transmission Techn
ologies for IMT-2000," 1997.
- [3] ARIB, "Evaluation Methodology for IMT-20
00 Radio Transmission Technologies," Sep.
1998.
- [4] Proakis, J. G.: "Digital Communications," pp.
636-676, McGrawHill, 1995