

다중 경로 채널에서 초광대역(UWB) 시스템의 BER 성능 분석

정향*, 김언곤**

*국립한밭대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과

**국립한밭대학교 정보통신·컴퓨터공학부

The BER Performance Analysis of UWB System in Multipath Channel

Hyang Jung*, Eon Gon Kim**

*Dept. of Inform. & Comm. Eng., Graduate Inform. & Comm., HANBAT National University

**School of Inform. & Comm. · Computer Eng., HANBAT National University

E-mail : jh5674@hanmail.net

요 약

초광대역(Ultra-WideBand) 시스템은 1nsec 이하의 매우 짧은 펄스폭을 갖는 가우시안 모노펄스를 이용하여 전송한다. 따라서, 전송 신호는 매우 낮은 전력의 수 GHz에 이르는 초광대역 스펙트럼을 갖게 되며, 기존의 통신 시스템에 거의 간섭을 미치지 않는 것으로 알려져 있다. 반송파를 사용하지 않는 초광대역 시스템에서 다중 경로 전파의 충돌은 일반적인 무선 통신시스템과는 매우 다르다. 이 논문은 다중 경로 채널하에서 BPSK, QPSK, 16-QAM 변복조 기술들을 적용한 초광대역 시스템을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 BER(Bit Error Rate) 성능을 비교 분석하고자 한다.

ABSTRACT

UWB(Ultra-Wide Band) system is transmitted using Gaussian monocycle pulse of very short pulse duration less than 1 nsec. Therefore, transmission signal has ultra-wide band spectrum to GHz band of very low power and not interfere with the existing communication system. A collision of multipath waves in UWB system with carrier frequency very different with general wireless communication system. In this paper, the BER(Bit Error Rate) performance of UWB system applying Binary Phase Shift Keying, Quadrature Phase Shift Keying, 16-Quadrature Amplitude Modulation method under multipath channel using computer simulation is compared and analyzed.

키워드

UWB System, BPSK, QPSK, 16-QAM, Rician Fading Channel

1. 서 론

현재 무선 통신 분야에서는 한정된 주파수 자원에 비해 주파수에 대한 수요는 급증하고 있다. 따라서, 한정된 주파수 자원의 효과적인 분배가 큰 문제로 대두되고 있으며, 이러한 문제를 해결책은, 크게 신호의 협대역화와 새로운 주파수 대역의 이용으로 구분할 수 있다. 고속 멀티미디어 데이터에 대한 수요가 갈수록 증가하고 있는 추세에 비추어, 신호의 협대역화는 한계가 있으며, 수십 GHz 이상의 새로운 주파수 대역에 대한 개발과 이용은 여러

기술적인 제약이 있는 것이 현실이다.

이러한 문제에 대한 근본적인 해결책으로, 기존 시스템과 동일한 주파수 대역을 사용하면서 이들 시스템에 거의 간섭을 미치지 않는 새로운 방법을 이용하는 것을 고려할 수 있다. 현재의 무선 통신 시스템은 여타 시스템에 간섭을 주지 않도록 새로운 주파수 대역을 할당하는 방향으로 개발되고 있으나, 초광대역 무선 통신 방식의 초광대역성은 이러한 주파수 관리 파라다임의 근본적인 변화를 요구하고 있다.

초광대역 무선 통신 방식은 1950년대부터 주로

보안이 요구되는 국방 관련 통신 시스템 및 레이더 등에 적용되어 사용되었다. 이러한 초광대역 통신 방식은 매우 낮은 전력을 사용하여 초광대역의 주파수 대역으로 디지털 데이터를 전송하는 획기적인 차세대 무선 전송 기술이다. 기존의 통신 시스템의 주파수 스펙트럼을 공유함으로써 주파수 자원을 좀 더 효율적으로 사용할 수 있는 초광대역 통신 방식이 관심을 모으고 있다.

초광대역 무선 통신 방식은 일반적으로 그 사용 대역폭이 중심 주파수의 20% 이상으로 초광대역이며 대부분의 기존 무선기술들이 반송파 변조 후 전송되는 것과 달리 초광대역 통신시스템에서는 반송파를 사용하지 않는다. 따라서 일반적인 협대역 통신방식에서 요구되는 반송파 주파수 및 위상 복원 절차가 필요하지 않으며 이에 따라 보다 간단하게 구현될 수 있다. 또한, 초광대역 무선 통신 기술은 인터셉과 검파 확률이 낮은 장비, 비행체 등에 대한 충돌 방지 장비, 비행기와 다른 항공 시설에서 지상으로부터의 고도를 측정하는 고도계, 위치 추적 등의 특별히 안전한 통신이 요구되는 중요한 국방 기술로도 쓰이며, 뿐만 아니라 환자의 상태 점검, 산모의 태아 상태 점검, 사람의 신체 상태 점검 등을 초광대역 무선 통신을 이용함으로써 의학 기술에도 많은 영향을 가져올 수 있는 중요한 기술이다. 이러한 초광대역 무선 통신 방식은 1990년대에 이르러 사용 통신 시스템을 적용하여 사용할 수 있도록 하기 위한 여러 가지 노력이 시도되었으며, 그 결과 2002년 2월에 FCC로부터 3.1GHz이상의 주파수 대역에서 초광대역 통신 방식을 사용할 수 있는 허가를 획득하였으며, 많은 업체와 학교에서 초광대역 통신 방식을 사용 시스템에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

초광대역 무선 통신 기술은 직접적으로 임펄스 신호를 전송하기 때문에 송수신 시스템 주위의 반사체 및 산란체에 의해 형성된 다중 경로 채널에 의하여 신호의 확산 및 지연이 발생한다.

따라서, 본고에서는 새로운 무선 기술로 급부상하고 있는 초광대역 무선 통신에 적용 가능한 기술인 BPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16-QAM (Amplitude Modulation)의 변복조 기술을 다중 경로 채널 환경 하에서 변조 성능을 비교하고자 한다.

II. 본 론

1. 가우시안 모노 펄스

초광대역 시스템은 다음의 식으로 모델링되는 가우시안 모노사이클 펄스 $w(t)$ 를 전송하여 정보를 전달한다.

$$w(t) = A \sqrt{\tau} \exp(-4\pi((t - t_c)/\tau)^2) \quad (1)$$

식 (1)에서 A 는 펄스의 크기이고, τ 는 펄스폭, t_c

는 가우시안 모노펄스의 중심축 이동을 의미한다. 가우시안 모노사이클 펄스는 그림 1에 도시하였다.

2. UWB 변복조 기법

(1) 이진 위상 편이 방식 변조 (BPSK)

BPSK는 정보를 보내기 위해 전송되는 신호의 위상을 0° 와 180° 로 변환시켜 전송하며, 전송신호를 나타내면 다음과 같다.

$$s_{BPSK}(t) = \sum_{j=0}^{N_s-1} A w(t - jT_f) \quad (2)$$

여기서, $\begin{cases} A = -1, & \text{if } data = 0 \\ A = +1, & \text{if } data = 1 \end{cases}$ 이고, T_f 는 가우시안 모노펄스 파형이 전송되는 주기를 의미하며, N_s 는 한 심벌을 전송하기 위해서 반복 전송하는 펄스반복주기를 나타내고, 한 심벌의 주기는 $N_s T_f$ 가 된다.

이때, 수신신호의 표현은 다음과 같다.

$$r_{BPSK}(t) = s_{BPSK}(t) + n(t) \quad (3)$$

여기서 $n(t)$ 는 가우시안 잡음을 의미한다.

(2) 4진 위상 편이 방식 변조 기법 (QPSK)

BPSK에서 확장된 개념으로 0과 1 두가지로 구분하는 것과 달리 00, 01, 10, 11 4가지의 2비트를 한 신호로 구분한다. 한 파형으로 2비트를 보내기 때문에 BPSK보다 2배의 데이터를 전송할 수 있다.

(3) 16-직교 진폭 변조 기법 (QAM)

QAM은 제한된 전송 대역을 이용한 데이터 전송 효율의 향상을 위해 신호의 진폭과 위상 양쪽을 동시에 변화시키는 변조 방식이다. APK (Amplitude Phase Shift Keying)의 일종이다. QAM 시스템은 2진 데이터 열을 직/병렬 변환기 (Serial-Parallel converter)를 통과시킨 후 I와 Q 채널로 분리하고, 2 to L 레벨 변환기에 의해 L 레벨 ($L = \sqrt{M}$) 신호로 변환시킨다. I, Q 각 채널에서 L 레벨의 신호는 $\cos()$, $\sin()$ 와 곱해져서 DSB-SC 변조된 후, 합성되면 QAM 파변조파가 된다. QAM 복조기는 L 레벨 신호를 판별하는 (L-1) 레벨 판정 회로가 곱셈기 후단에 포함된다.

2. 다중 경로 채널 모델

임펄스 라디오에 대한 다중 경로 채널 특성의 파악에 사용된 다중 경로 채널 모델에 대하여 본절에서 소개한다. 앞에서 설명한 것처럼 초광대역 시스템은 연속적인 반송파가 아닌 임펄스 신호에 가까운 가우시안 모노사이클 펄스를 사용하므로 수신 신호 파형의 왜곡은 초광대역 시스템의 성능 저하에 치명적이다.

여기서 우리는 직접 경로와 하나의 간접 경로를 갖는 간단한 2-path 모델을 사용하였고, 소규모 페

이당 모델에 적용되는 라이시안 페이딩 채널을 사용하였다.

III. 시뮬레이션 결과

본 절에서는 앞에서 설명된 변조기법들에 AWGN(Additive White Gaussian Noise) Channel과 Rician Fading Channel에 대한 비트 오율을 컴퓨터 시뮬레이션으로 측정하였다.

입력 신호로는 그림 1에서 보여진 가우시안 모노사이클 펄스를 이용하였다. 이때 크기는 1로, 펄스폭은 0.6 nsec로 가정하였다.

AWGN 채널 모델에서 Gaussian Noise는 표준 편차 1V로 가정하여 측정하였다. 라이시안 페이딩 채널 모델은 K-Factor를 가정하여 측정하였고. 이때 K-Factor 값은 5, 10, 13 이었다.

먼저, 그림 2에서 보인 AWGN 채널 모델에서의 변조 기법에 따른 비트 오율 특성을 보면, SNR이 -10dB에서는 거의 차이를 보이지 않지만, 0dB 에서는 BPSK 경우 약 5×10^{-2} , QPSK 약 1×10^{-1} , 16-QAM의 경우는 약 2×10^{-1} 로 차이를 보였으며, BPSK의 경우 SNR 10dB에서 약 1×10^{-4} 의 비트 오율 특성을 보이고 있다.

두 번째로, BPSK 변조 기법에서의 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델의 비트 오율 특성을 측정하였다. 그림 3에 도시하였다. 이 경우 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델은 SNR이 8dB까지는 차이가 없지만, 그 이후에 점차 간격이 벌어지는 것을 볼 수 있다. SNR 14dB에서 AWGN 채널 모델은 약 1.4×10^{-3} 이고, 라이시안 페이딩 채널 모델에서 k가 13인 경우, 약 2.5×10^{-3} , k가 10인 경우, 약 4.3×10^{-3} , k가 7인 경우, 약 5.4×10^{-3} 이 측정되었다.

세 번째로, QPSK 변조 기법에서의 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델의 비트 오율 특성을 측정하였다. 그림 4에 도시하였다. 이 경우도 SNR이 2dB까지는 차이를 보이지 않고, 점차 차이를 보이기 시작하였다. SNR 8dB에서 AWGN 채널 모델은 약 7×10^{-3} 이고, 라이시안 채널 모델에서는 k가 7인 경우, 약 2.5×10^{-2} , k가 10이상인 경우는 약 1.5×10^{-2} 정도가 측정되었다.

마지막으로, 16-QAM 변조 기법에서의 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델의 비트 오율 특성을 측정하였다. 그림 5에 도시하였다. 이 경우는 앞에서 보인 BPSK 변조 기법과 QPSK 변조 기법에 비해 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델이 비트 오율 차가 크게 측정 되었다. 이미 SNR 0dB에서부터 AWGN 채널 모델과 라이시안 페이딩 채널 모델의 비트 오율 특성이 차이가 나고 있고, SNR 7dB에서 AWGN 채널 모델은 약 7×10^{-3} 이 측정되었고. 라이시안 페이딩 채널 모델은 k가 7인 경우, 약 4.6×10^{-2} , k가 10인 경우,

약 4×10^{-2} , k가 13인 경우, 약 2.8×10^{-2} 이 측정되었다. 그 이후로 SNR이 증가하면서 K 값에 따라 서로 비트오율 특성 차가 어느 정도까지 증가하는 것은 보였다.

V. 결론

초광대역 시스템은 기존의 무선 통신시스템과 달리 전력 스펙트럼이 마치 저주파 대역 잡음과 같이 존재하여 타 통신 시스템에 간섭을 주지 않고 통신이 가능하고 대역폭을 광대역을 취할 수 있어 전송 속도에 있어서도 유리하다. 본 논문에서는 다중 경로 채널 환경에서 초광대역 시스템의 변조 기법에 따른 비트 오율 특성을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 측정하였다. 이때 변조 기법은 Binary PSK, Quadrature PSK, 16진 QAM을 적용하였다. 채널 모델로는 AWGN 채널과 라이시안 페이딩 채널을 사용하였다. 여기서 우리는 AWGN 채널 모델에서 변조 기법들과 라이시안 페이딩 채널 모델에서의 변조 기법들 사이에 비트 오율 특성이 크게 나타나지는 않았지만, AWGN 채널 환경에 비해 다중 경로 채널 환경이 적용된 경우 비트 오율 특성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 따라서, 다중 경로 채널에서의 초광대역 시스템의 특성을 개선하기 위해서는 다중 경로 채널에 대한 특성을 추정하고 이것을 효율적으로 이용할 수 있는 새로운 형태의 수신기를 개발하여야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 이호준, 한병철, 임성빈 "다중 경로 채널에서 임펄스 라디오의 특성", 한국통신학회논문지, VOL. 26 NO. 11B, pp.1501-1509, September, 2001
- [2] 송형규, 유영환, 박현진 "UWB 변복조 기술" 한국통신학회지, VOL.20 NO.2, pp.53-67, Feb. 2003
- [3] M. Z. Win and R. A. Scholtz, " Impulse Radio: How It Works," IEEE Comm. Lett., vol. 2, pp. 36-38, Feb. 1998
- [4] P. Withington, " Impulse Radio Overview," Technical Report available at <http://www.time-domain.com>
- [5] Lijia GE, Guangrong Yue, Sofiene Affers "On The BER Performance of Pulse-Position-Modulation UWB Radio in Multipath Channels", IEEE Conference Ultra WideBand Systems and Technologies, pp.231-234, 2002

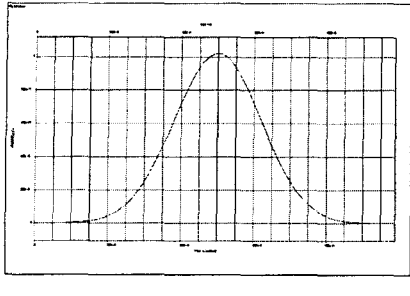


그림 1. 가우시안 모노사이클 펄스

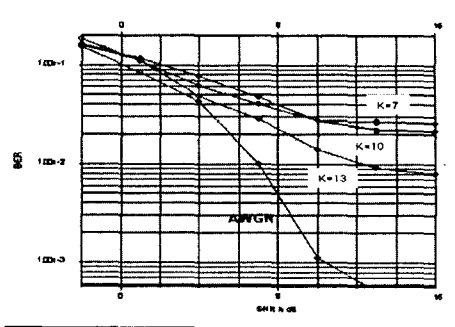


그림 5. 다중 경로 채널 모델에서의 16-QAM 비트 오율 특성

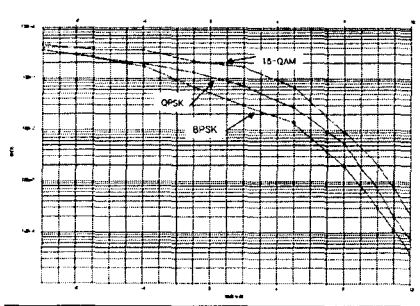


그림 2. AWGN 채널 모델에서의 BPSK, QPSK, 16QAM 비트 오율

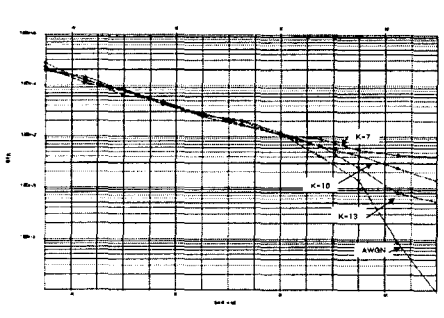


그림 3. 다중 경로 채널 모델에서의 BPSK 비트 오율 특성

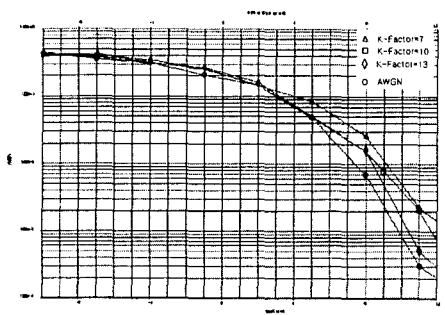


그림 4. 다중 경로 채널 모델에서의 QPSK 비트 오율 특성