

칩-펄스 기반 UWB-WBAN 시스템의 성능

(Performance of Chirp Pulse Based UWB-WBAN System)

조성운, 윤여진, 광경섭

(인하대학교, 박사과정) (인하대학교, 학사과정) (인하대학교, 교수)

Keywords: WBAN, UWB, Chirp, Modulation, Channel Model

목 차

- I. 서론
- II. 본론
 - 1. 채널 모델
 - 2. 칩 펄스 변조
 - 3. 가우시안 펄스 변조
 - 4. 칩 펄스 방식의 성능 분석비교
 - 4-1) 자기상관(Autocorrelation)을 통한 분석
 - 4-2) 다양한 환경에서 BER 분석
- III. 결론
- 참고문헌

I. 서론

최근 정보통신 환경은 유비쿼터스 네트워크에 대한 요구가 증가하고 있다. 그에 따라 십 미터 내외에서 무선으로 네트워크를 구성하는 WPAN(Wireless Personal Area Network)에 이어 수 미터 내외에서 네트워크를 구성하는 WBAN에 대한 관심이 높아졌다. WBAN은 사람이 착용하는 옷이나, 인체에 부착된 여러 디바이스들로 구성된 네트워크를 통해 몸의 중심으로 다양한 정보 기기와 네트워크 간의 데이터 전달 통신 기술을 말한다. WBAN에는 채널 모델이 4가지가 있다.[1] UWB 기술은 채널 모델 중 인체 외부 채널에서만 적용될 수 있는 기술이다.

UWB(Ultra Wide Band)는 초 단시간 펄스를 사용함으로써 약 500MHz 이상의 광대역을 점유하면서도 단독적으로 데이터를 전송할 수 있는 기술로 고속 전송이 가능한 무선 홈 네트워크의 핵심기술이다. 이 때 광대역을 이용하기 위해서 나노초 이하의 극히 짧은 펄스를 이용한다. 기존 무선 기술들이 반송파 변조를 사용하여 전송되는 것과 다르게, 반송파를 사용하지 않고 기저대역(baseband) 신호를 이용한다. 이로 인해 반송파 주파수와 위상을 복원하기 위한 과정이 생략될 수 있어 간단하고 저가 구현이 가능하다. 이 때 사용되는 펄스의 종류에는 가우시안 펄스, 칩

펄스, 카오스 펄스 등이 있다.

본 논문에서는 칩 펄스 변조와 가우시안 변조를 적용한 UWB 기반 WBAN 시스템의 성능을 평가를 통하여 WBAN 시스템에 최적의 펄스 변조를 도출하고자 한다.

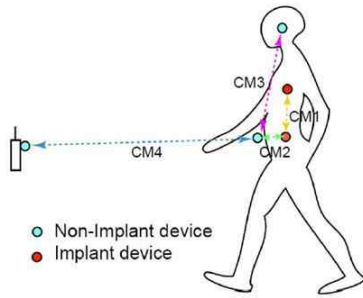
II. 본론

1. 채널 모델

[1]에서는 WBAN 시스템에 대하여 그림 1과 같이 4개의 채널 모델을 제안하고 있다.

CM1(Implant to Implant)은 인체 내부 기기와 인체 내부 기기 간의 통신, CM2(Implant to Body Surface)는 인체 내부 기기와 인체 표면의 기기 간의 통신, CM3(Body Surface to Body Surface)는 인체 표면의 기기와 인체 표면의 기기 간의 통신, CM4(Body Surface to External)는 인체 표면의 기기와 인체 외부의 기기 간의 통신을 말한다.

본 논문에서는 인체 표면에 부착된 기기 간의 통신 채널인 WBAN의 CM3를 이용하여 UWB-WBAN 시스템의 성능을 분석하고자 한다.



<그림 1> WBAN 채널 모델[1]

[1]에 제시된 UWB 영역인 3.1GHz에서 10.6GHz의 CM3의 경로 손실 모델(Path Loss Model)은 아래의 식 (1)과 같다.

$$PL(d)[dB] = a \cdot \log_{10}(d) + b + N \quad (1)$$

a는 19.2, b는 3.38로 선형근사 계수이고 nN는 4.40으로 N의 표준편차이다. d는 송신기와 수신기 사이의 거리이다. 본 논문에서 d는 10mm를 사용했다.

2. 칩 펄스 변조

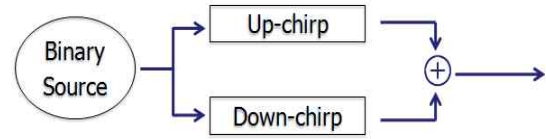
선형 주파수 변조인 칩 펄스 변조는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.[2]

$$s(t) = \begin{cases} \sin(\omega_0 t + \frac{1}{2}\mu t^2) & |t| < \frac{T}{2} \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

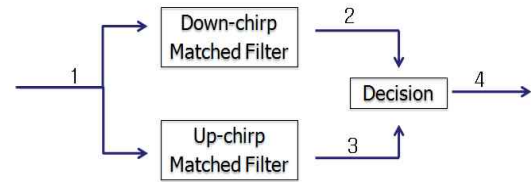
ω_0 는 중심 주파수(center angular frequency)이고, T는 칩 파형의 주기이다. 그림 2의 송신기를 이용하여 칩 신호를 발생시킨다. 그림 2에 나타난 것처럼 Up-chirp과 Down-chirp을 이용해서 이진 신호를 변조한다. Up-chirp은 주파수가 서서히 증가하는 것으로 이진 신호 1을 변조하고, Down-chirp은 주파수가 서서히 감소하는 것으로 이진 신호 0을 변조한다. 그림 4는 이 변조과정을 나타낸다.

이렇게 변조된 신호가 채널을 통과하면서 백색 가우시안 잡음이 가해진 후 수신기로 들어가고, 수신기에서는 정합 필터(Matched Filter)를 이용하여 신호를 복조한 후 0과 1을 결정한다. 칩 펄스의 수신기 구조는 그림 3과 같다.

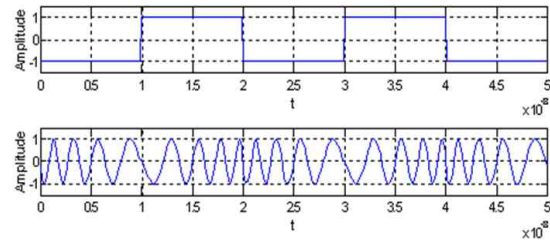
그림 3의 각 변조에 해당하는 파형을 그림 5에 나타내었다. 수신기로 들어온 신호는 Down-chirp과 Up-chirp 정합필터를 각각 통과한



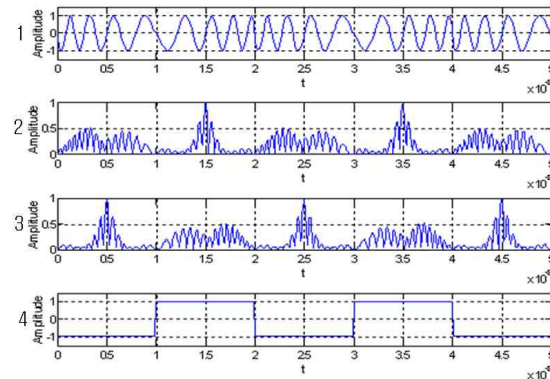
<그림 2> 칩 펄스 송신기



<그림 3> 칩 펄스 수신기



<그림 4> 칩 펄스 변조의 예



<그림 5> 칩 펄스 복조의 예

후 두개의 정합필터를 통과시켜 비교기를 거쳐 정보신호를 복원하게 된다. 그림 4의 송신 신호와 그림 5와 같이 비교기를 거친 후 복원신호가 동일함을 알 수 있다.

3. 가우시안 펄스 변조

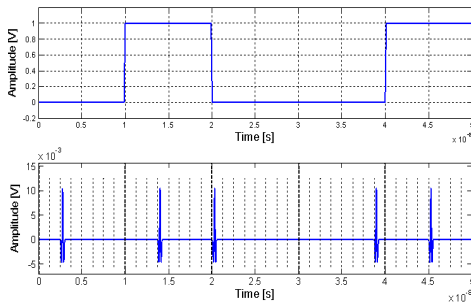
상기의 방식과 비교하기 위하여 기존의 가우시안 펄스는 식 (3)과 같이 나타낸다.[3]

$$s(t) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} p(t - jT_s - c_j T_c - a_j \epsilon) \quad (3)$$

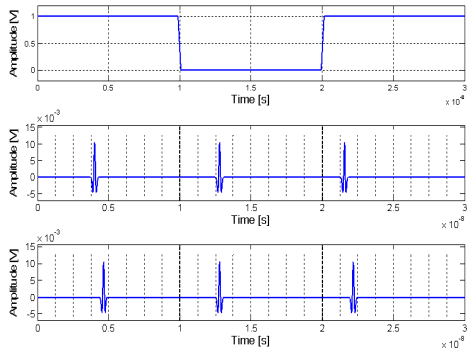
p(t)는 가우시안 파형이고, Ts는 한 프레임의 길이이

다. 본 논문에서는 TS=10ns를 사용하였다. Tc는 칩 하나의 길이이고, cj는 시간 호핑 코드(Time Hopping Code)이다. 식의 마지막 항은 펄스 위치 변조(Pulse Position Modulation:PPM) 부분이다. 시간 호핑은 다중 사용자 환경에서 일어나는 간섭을 줄이기 위한 방법으로 이용된다. 그림 6은 시간 호핑 코드가 [2 3 0 7 4]일 때의 모습이다. 각 코드의 값은 파형이 해당 프레임의 몇 번째 칩에서 발생되는지 결정한다.

펄스 위치 변조(Pulse Position Modulation)는 일정 진폭 펄스를 사용하여, 정보원에 따라서 펄스의 발생 위치를 바꾸게 하는 변조방식이다.

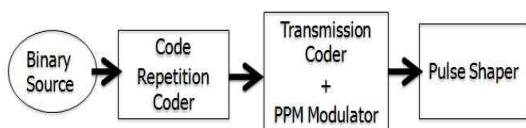


<그림 6> 시간 호핑의 예



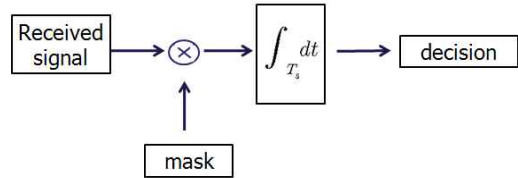
<그림 7> 펄스 위치 변조(PPM)의 예

그림 7을 보면 시간 호핑만 수행한 신호와 펄스 위치 변조 신호를 비교할 수 있다. 시간 호핑만 수행한 신호는 모든 신호가 칩의 왼쪽에 위치한 반면, 펄스 위치 변조 신호는 송신 신호가 0일 때는 칩의 왼쪽에, 송신 신호가 1일 때는 칩의 오른쪽에 위치한다. 가우시안 펄스 변조에서는 펄스 위치 변조를 통해서 이진 신호 0과 1을 구분한다.

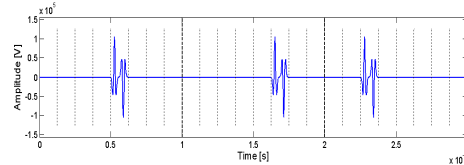


<그림 8> 가우시안 펄스 송신기

가우시안 펄스를 복조하기 위해 마스크(mask)를 이용한다. 마스크는 시간 호핑 신호에서 시간 호핑 신호를 칩의 반만큼 오른쪽으로 이동시킨 신호를 빼 준 파형이다. 수신된 신호와 마스크를 곱해서 적분 한 후 판단 과정을 거치는데, 이 때 적분 결과가 0보다 크면 0으로, 0보다 작으면 1로 판단할 수 있다. 그림 9와 그림 10은 수신기의 구조와 마스크를 나타낸다.



<그림 9> 가우시안 펄스 수신기



<그림 10> 마스크(Mask)

4. 칩 펄스 방식의 성능 분석비교

4-1) 자기상관(Autocorrelation)을 통한 분석

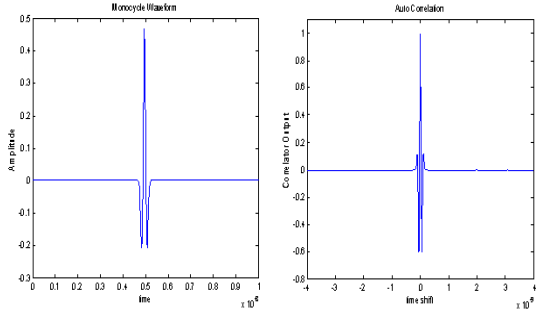
자기 상관이란 어떤 시간에서의 신호 값과 다른 시간에서의 신호 값과의 상관성을 나타내는 것이다. 자기 상관은 항상 실수 값을 갖는 우함수이고 시간 지연이 0인 지점에서 최대값을 갖는다. 이 최대값은 자기 상관 함수가 나타내는 물리량인 제곱평균을 의미한다. 자기상관의 수식은 식 (4)와 같다.[2]

$$R_{\tau} = \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} s(t)s(t+\tau)dt \quad (4)$$

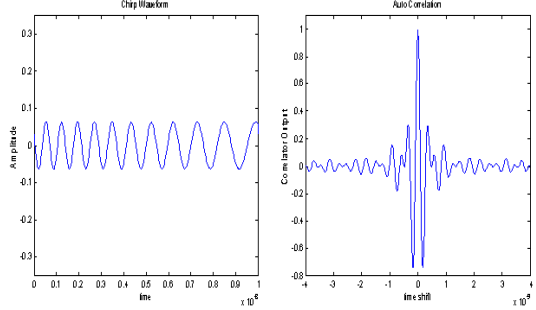
t에서의 신호 값 s(t)와 τ만큼의 시간 지연이 있을 때, 즉 t+τ에서의 신호 값 s(t+τ)의 곱에 대한 평균이다.

가우시안 펄스와 칩 펄스를 각각 (4)를 이용하여 자기상관 해보았다. 그림 11은 가우시안 펄스를 자기상관한 결과이고, 그림 12는 칩 펄스를 자기상관한 결과이다. 그림 11과 그림 12를 보면, 가우시안 펄스의 자기상관 결과와 칩 펄스의 자기상관의 결과가 매우 비슷한 모습을 보이는 걸 알 수 있다. 시간 지연이 0인 지점의 값이 똑같으므로 전력 값이 똑같다. 또한 전체적인 모양이 비슷한데 비해, 자기상관 취하기 전의 모양은 아주 다르다. 가우시안 펄스

의 최댓값은 약 0.5이고, 칩 펄스의 최댓값은 약 0.08정도이다. 약 5~6배의 차이가 난다. 자기상관의 모양이 비슷하다면, 다시 말해 전력 값이 비슷하다면 진폭이 작을수록 좋으므로 칩 펄스가 더 우수하다.

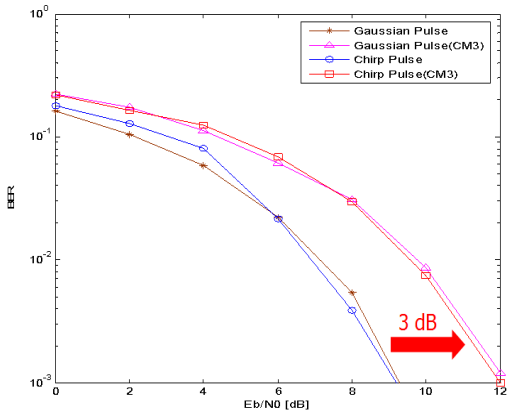


<그림 11> 가우시안 펄스 자기상관



<그림 12> 칩 펄스 자기상관

4-2) 다양한 환경에서 BER 분석

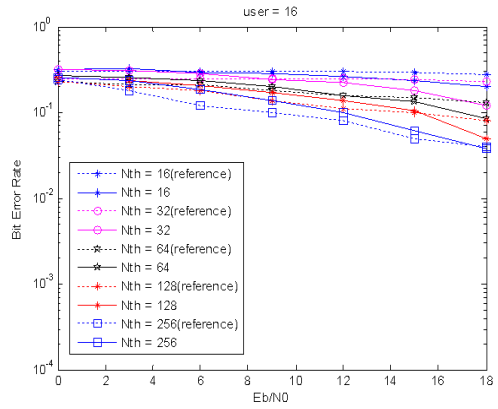


<그림 13> 단일 사용자 환경에서 CM3 BER

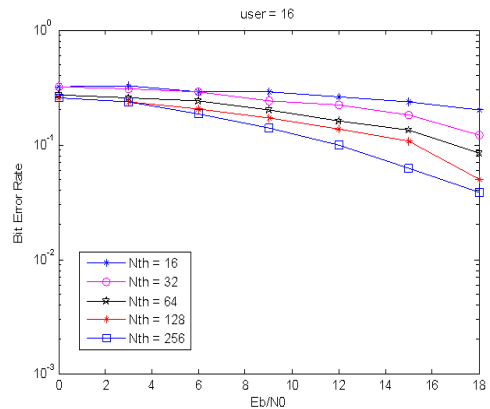
그림 13은 단일 사용자일 때 CM3에서 시뮬레이션을 통해 E_b/N_0 에 따른 BER을 도출한 결과이다. AWGN 채널에서의 BER과 CM3에서의 BER이 약 3dB의 차이를 보였다. 그러나 가우시안 펄스와 칩 펄스의 BER은 매우 유사한 결과를 나타냈다.

그림 14는 다중 사용자 환경에서 시뮬레이션을 통해 도출한 E_b/N_0 에 대한 가우시안 펄스 변조의 BER이다. 참

고한 값은 [4]에 제시되어 있다. 시뮬레이션을 통해 도출한 값은 참고한 값과 비슷한 BER을 보였다.

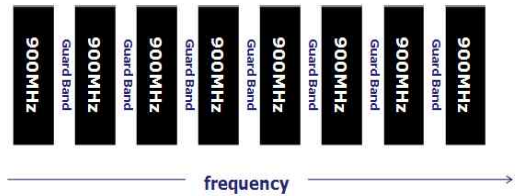


<그림 14> user=16일 때, 가우시안 펄스 BER



<그림 15> user=16일 때, 가우시안 펄스 BER

그림 14를 조금 더 자세히 살펴보기 위해 참고한 값을 제외하고 시뮬레이션을 통해 도출한 BER은 그림 15이다. 그림 14와 그림 15는 사용자가 16명일 때인 다중 사용자 환경에서 시뮬레이션한 결과이다. Chip의 개수가 많아지고 그에 따라 시간 호핑 코드의 길이가 길어질수록 BER 성능이 향상되었다. 이는 코드의 길이가 길어질수록 간섭이 덜 발생됨을 나타낸다.

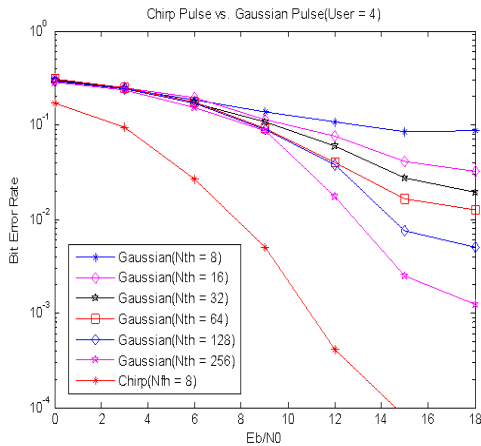


<그림 16> 주파수 분할

칩 펄스는 그림 16에 나타냈듯이, 주파수 대역을 분할해서 사용한다. 크기가 900MHz인 대역이 8개, 그 사이의 Guard 대역이 7개로 UWB 영역인 3.1GHz ~ 10.6GHz를 나누게 된다. 즉 다른 주파수대역을 사용하는 칩 펄스를 8

개 발생시킬 수 있다.

참고문헌



<그림 17> user=4일 때, 칩 vs. 가우시안

그림 17에 사용자가 4명인 다중 사용자 환경에서 시뮬레이션을 통해 도출한 BER 결과를 나타내었다. 그림 17을

보면 $N_{th}=8$ 일 때의 칩 펄스 변조의 BER이 $N_{th}=256$ 일 때의 가우시안 펄스 변조의 BER보다 좋다는 것을 알 수 있다. 단일 사용자 환경에서는 BER 차이가 없었던 반면, 다중 사용자 환경에서는 차이가 나는 것을 확인했다.

III. 결론

본 논문에서는 칩 펄스 변조를 WBAN 시스템에서 성능을 UWB 기술에서 쓰이는 가우시안 펄스 변조와 비교해 보았다. UWB 기술에서는 고주파가 사용되므로 인체 내부에서 이용할 수 없다. 그러므로 인체 내부가 아닌 인체 외부 채널인 채널 모델 3(Channel Model 3)을 이용하였다. 자기상관을 통한 비교를 해본 결과, 칩 펄스의 진폭이 5~6 배 작아서 가우시안 펄스에 비해 더 좋다는 사실을 알 수 있었다. 그리고 BER 성능을 비교해 보았을 때에도 칩 펄스 변조의 BER 성능이 더 우수함을 확인했다. 단일 사용자 환경에서는 비슷한 성능을 보였지만, 다중 사용자 환경에서는 칩 펄스 변조의 성능이 더 우수했다.

이런 사실들로 보았을 때, WBAN 시스템, 특히 채널 모델 3인 인체 표면에 부착된 기기간의 통신에서는 칩 펄스 변조가 가우시안 펄스 변조보다 더 적합하다고 결론지을 수 있다. 그러므로 인체 외부 채널 중 UWB 영역에서 칩 펄스 변조를 이용한다면 더욱 효율적일 것이다.

1. Kamy Y. Yazdandoost, Kamran Sayrafian, "Channel Model for Body Area Network(BAN)," *IEEE P802-15-08-0780-06-0006*, March, 2009.
2. Keisuke Doi, Takeshi Matsumura, Katsuya Mizutani, Ryuji Kobo, "Ultra Wideband Ranging System Using Improved Chirp Waveform," *Proc. Radio and Wireless Conference, RAWCON*, pp. 207-210, Aug, 2003.
3. Maria-Gabriella Di Benedetto, Guerino Giancola, *Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals*, Prentice Hall PTR, 2004
4. G. S. Biradar, S. N. Merchant, U. B. Desai, "Frequency and Time Hopping PPM UWB Multiple Access Communication Scheme," *JOURNAL OF COMMUNICATIONS*, vol 4, NO.1, pp. 14-19, Feb, 2009.