

광대역 실내 환경에서 UWB 위치 추정 시스템의 성능 평가

Performance Evaluation of UWB Positioning System in Ultra Wideband Indoor Environment

노재성

서울대학교 정보통신공학과

Jae-sung Roh

Department of Information & Communication Engineering, Seoul University, Seoul, 02192, Korea

[요약]

UWB(ultra wide band) 통신 시스템은 신호 에너지를 매우 넓은 주파수 스펙트럼에 정보를 전송하기 위해 펄스를 사용한다. UWB 신호의 수신 신호 대 잡음 전력비는 위치 추정 시스템의 정확도를 결정하는 중요한 요소이다. 신호 대 잡음 전력비가 높을수록 잡음의 영향이 낮아 위치 추정 오류는 감소한다. 통신 거리에 따른 신호 대 잡음 전력비의 계산은 시스템 설계에 중요한 지침을 제공하며 위치 추정 시스템의 성능은 채널 모델에 크게 의존한다. 분석 결과, 통신 거리에 따른 수신 신호 대 잡음 전력비의 성능은 Non LOS(line of sight) 채널 환경보다 LOS 채널 환경에서 더 좋은 것으로 나타났다. 그리고 특정 통신 거리에서 프리앰블 신호의 심볼 간격이 증가하면 UWB 시스템의 채널 용량은 증가하였다.

[Abstract]

UWB(ultra wide band) communication systems employ short pulses to transmit information which spreads the signal energy over a very wide frequency spectrum. Received signal-to-noise power ratio of UWB signals is an important factor in determining the accuracy of a positioning system. As the signal to noise power ratio gets higher, positioning errors decrease since noise becomes less effective. Calculation of signal to noise power ratio as a function of communication distance provides important guidelines for the system design. And the performance of a positioning system also depends heavily on the channel model. As a result of the analysis, it was found that the performance of the received signal to noise power ratio according to the communication distance was better in the LOS channel environment than in the Non LOS(line of sight) channel environment. And as the symbol interval of the preamble signal increases at a specific communication distance, the channel capacity of the UWB system increases.

Key word : Channel capacity, Indoor channel model, Positioning system, Preamble signal, UWB signal.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.5.357>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 1 October 2021; Revised 3 October 2021

Accepted (Publication) 26 October 2021 (30 October 2021)

Corresponding Author; Jae-sung Roh

Tel: +82-2-490-7206

E-mail: jsroh@seoil.ac.kr

1. 서론

무선통신 기술의 발달로 위치 정보를 이용한 서비스에 관심이 높아지고 있으며 위치기반 무선통신 시스템에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며 정확한 위치정보를 얻기 위한 위치 추정 기술은 매우 중요한 역할을 수행할 것이다. 앞으로 환자 모니터링 및 화물 추적 등의 다양한 위치 기반 서비스는 계속해서 나타날 것이며 위치 추정 기술의 필요성은 계속해서 증가하고 있다[1]-[4]. 하지만 위치 추정 기술의 중요성에도 불구하고 기존의 위치 추정 기술은 만족할 만한 수준의 정확도를 달성하지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 IEEE(Institute of electrical and electronics engineers) 협회에서는 정확한 거리 측정 및 위치 추정을 위한 IEEE 802.15.4a 및 IEEE 802.15.4z 표준을 제정하였다[5],[6].

IEEE 802.15.4a 표준에서 정의한 UWB(ultra wide band) 무선 통신 시스템은 500[MHz]이상의 대역폭을 사용한 무선통신 시스템이거나 중심 주파수에 대응하는 대역폭이 20[%] 이상인 통신시스템을 의미한다. 표준에서 제시한 UWB 방식은 임펄스 신호를 이용하여 신호의 광대역화를 실현하며, 신호의 폭이 매우 좁은 것이 특징으로 다중경로 신호가 들어오더라도 높은 해상도로 인하여 신호의 분리가 가능한 특징을 가진다. 이러한 광대역 무선통신 시스템은 주로 3~10[GHz] 주파수 대역에 -41.3[dBm/MHz]로 신호를 방사하는 저전력 광대역 방식으로 그림 1은 실내의 상업용 UWB 시스템을 위한 FCC(federal communications commission) 스펙트럼 마스크를 나타낸다. 이러한 UWB 시스템에서 송신 신호는 Ternary 부호화를 이용하여 신호를 변조하며 그림 2는 펄스 반복 간격이 T_f 초인 Ranging 신호를 나타낸다. UWB 신호는 아주 짧은 시간의 펄스를 사용하며 이러한 특성을 활용하여 오차가 수 [cm]인 정밀측위가 가능하다. 표준에서는 정확한 위치추정 서비스를 지원하고 보다 정확한 거리 측정을 위해 송신 노드에서 보낸 전파신호가 수신 노드에 도착하는 시간으로 거리를 측정하는 TOA(time of arrival) 기반의 TWR(two way ranging) 기술을 적용하고 있다.

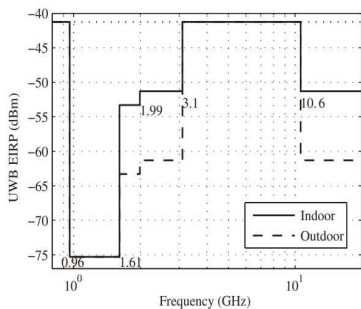


그림 1. 상업용 UWB 시스템을 위한 FCC 스펙트럼 마스크
Fig. 1. FCC spectrum masks for commercial UWB systems.

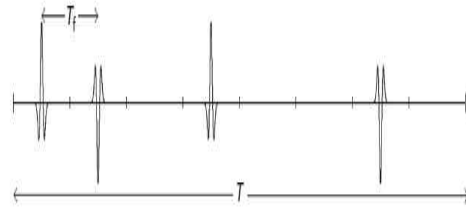


그림 2. 펄스 반복 간격이 T_f 초인 Ranging 신호
Fig. 2. Ranging signal with a pulse repetition interval of T_f seconds.

특히, 무선채널 환경 중에서 Non LOS (line of sight) 채널은 TOA 기반의 위치추정에서 중요한 문제이고, 무선통신 시스템의 거리 측정 성능 평가에 심각한 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 다양한 광대역 채널 분석 및 시스템에서 거리 추정 관련 파라미터에 대한 연구가 진행되었다[7],[8].

UWB 방식의 정밀측위 기능은 다른 무선통신 기술로는 구현이 어렵기 때문에 스마트폰 제조업체는 UWB 칩을 탑재하여 정밀측위 기능을 확대하고 있으며 관련된 장치, 기능, 서비스가 많이 개발되고 있다. 또한 추가로 정의된 IEEE 802.15.4z 표준에 의하여 정확한 거리 측정, 더 높은 데이터율, 확장된 통신범위, 간섭에 대한 개선된 강인성, 이동성 지원 등의 문제점을 해결하고 있다. IEEE 802.15.4z는 UWB 기술의 상호 운용성을 높이고 액세스 제어 시스템을 위한 보다 안전한 방법을 도입하는 것을 목표로 하고 있다. 기존 표준에 새로운 기능을 도입하여 LRP(low rate pulse) 및 HRP(high rate pulse) UWB 물리계층의 개선 사항과 물리계층을 지원하기 위한 매체접근 제어 계층의 변경 사항을 포함하고 있다. 거리 추정은 UWB 기술의 핵심이며 UWB 측위 시스템은 TOA 측정을 기반으로 하고 있다. 장치간의 거리를 정확하게 측정하기 위해서는 안정적이고 강력한 측위 타임스탬프를 제공해야 하나 LRP에는 거리 측정 기능이 없기 때문에 거리 측위의 향상은 주로 HRP 물리계층에 적용되어 있다. TOA 측정을 위해 매체접근 제어 계층에서는 장치간의 SS-TWR(single sided two way ranging) 사용을 제안하고 있으며 이 방식은 장치 A에서 장치 B로 프레임 보내고 응답을 받는 과정을 거쳐서 이루어진다.

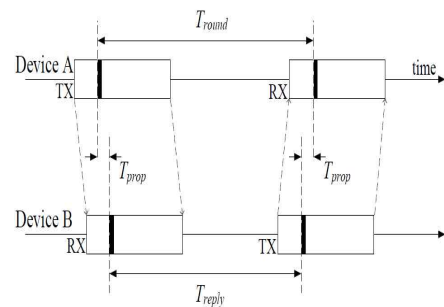


그림 3. 단면 양방향 측위 방식
Fig. 3. Single sided two way ranging method.

그림 3에서 장치 A는 TOA 측정을 기반으로 장치 B로부터의 거리를 추정하며 장치 A는 예상 비행 시간 T_{prop} 를 계산하게 된다. 이러한 구조는 2개의 메시지만 교환하기 때문에 대칭 양면 양방향 범위와 비교할 때 TOA 추정 계산을 단순화할 수 있다. 이러한 방식을 적용하면 필요한 송신 프레임 시간이 줄어들어 배터리 수명이 절약되고 동시에 무선통신 시스템의 채널 용량이 늘어나게 된다[9].

본 논문에서는 광대역 무선 채널에서 광대역 위치 추정 시스템의 위치인식 정밀도 향상을 위한 연구를 진행하며 광대역 무선 환경의 채널 특성에 따른 UWB 시스템의 신호 대 잡음 전력비를 분석하였다. 또한 실내 주거 및 사무 지역 환경에서 UWB 시스템의 위치 추정을 위한 프리앰블의 심볼 간격과 통신 거리에 따른 UWB 시스템의 채널 용량 사이의 관계를 분석한다.

II. 광대역 시스템 및 채널 모델

2-1 위치 추정 프리앰블 신호

IEEE 802.15.4a 네트워크에 존재하는 장치들은 패킷 포맷을 사용하여 통신을 수행하며 위치 추정 프로토콜은 동기/비동기 수신기의 구조, 시스템의 채널 용량 및 전력 효율 등을 고려하여 설계된다. 위치 추정 프로토콜에서 짧은 프레임을 사용하면 높은 에너지 효율을 달성할 수 있으나, 신호 대 잡음 전력비를 개선하기 위한 충분한 처리 이득을 얻기가 힘들어진다. 그리고 위치 추정 신호의 주기를 짧게 하면 채널 점유율이 짧아지는 장점은 있으나 위치 추정의 부정확하여 선택사이의 trade-off 관계가 존재한다. IEEE 802.15.4a 표준에서는 코드 길이 $L_s = 31$ 및 $L_s = 127$ 의 동기 프리앰블이 사용되며 완벽한 주기적인 자기 상관 특성을 가지고 있다. 광대역 시스템에서 처리 이득을 획득하기 위해서 프리앰블 심볼은 다수 번 반복되어 사용되며 프리앰블의 길이는 채널의 다중 경로 프로파일, 필요한 신호 대 잡음 전력비, 동기/비동기 수신기의 구조 및 능력 등에 따라서 선택된다. 그림 4는 IEEE 802.15.4a 표준의 프리앰블 구조를 나타낸다. 그림에서 프리앰블은 N_{sym} 개의 심볼로 구성되며 T_s 는 심볼 간격이고, T_f 는 연속된 펄스 사이의 시간 간격이다.

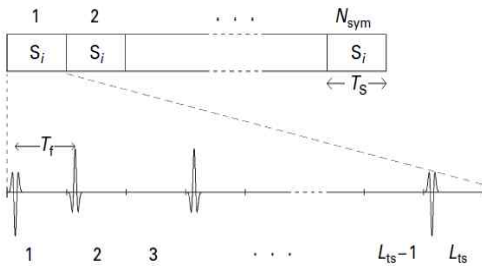


그림 4. IEEE 802.15.4a 프리앰블 구조

Fig. 4. IEEE 802.15.4a Preamble Structure.

코드 길이 L_s 가 큰 심볼은 위치인식의 정확도를 증가시키지만 각 패킷의 특정 섹션을 사용하여 위치인식을 수행하는 통신 시스템의 데이터 속도를 감소시킨다. 따라서 프리앰블의 길이는 해당 광대역 통신 시스템의 규격 및 위치인식 요구 사항에 따라 선택된다. 예를 들어, 높은 수신 신호 대 잡음 전력비 값을 요구하거나 광대역 통신 시스템에서 많은 처리 이득을 제공하기 위해서는 긴 코드의 프리앰블이 선택된다. 반면 짧은 코드의 프리앰블을 사용하면 높은 에너지 효율을 달성할 수 있으나 신호 대 잡음 전력비를 개선하기 위한 충분한 처리 이득을 얻기가 힘들어진다. 위치 추정 프리앰블 구조를 바탕으로 UWB 시스템에서 위치 추정을 위한 N_{sym} 개의 심볼로 구성된 프리앰블 신호 $P_i(t)$ 는 다음과 같다.

$$P_i(t) = \sum_{n=0}^{N_{sym}-1} \omega_i(t - nT_s) \quad (1)$$

여기서, T_s 는 심볼 간격이고 $\omega_i(t)$ 는 프리앰블 심볼을 의미하며 다음 식과 같이 심볼의 에너지, 심볼당 펄스의 수, 펄스의 반복주기로 구성된다.

$$\omega_i(t) = \sqrt{\frac{E_s}{N_f}} \sum_{j=0}^{L_s-1} S_i[j] \omega(t - jT_f) \quad (2)$$

여기서, E_s 는 심볼의 에너지, N_f 는 심볼당 펄스의 수, T_f 는 UWB 펄스의 반복주기, $S_i[j]$ 는 코드 길이가 L_s 인 Ternary 부호이다.

2-2 광대역 채널 모델 및 파라미터

IEEE 802.15.4a 표준에서 UWB 신호를 위한 채널 모델은 환경과 조건의 특성에 따라 9가지로 분류하고 있으며 해당 채널 파라미터를 제시하고 있다[8]. 이 중에서 실내 주거 및 사무 지역 채널 환경에서 LOS 및 Non LOS 특성을 가지는 채널 모델 CM1 ~ CM4의 파라미터는 표 1과 같다. 광대역 채널 모델은 다양한 적용분야에서 기기들이 작동할 수 있는 환경에 대한 채널 모델로 이용할 수 있다. 이러한 채널은 광대역 무선 시스템의 성능을 평가하기 위해 모의실험에서 고려해야할 채널 모델로 충분하며 실내 주거 및 사무 지역 환경의 채널 특성은 다음과 같다. 실내 주거 환경은 비교적 좁은 장소에서의 위험 탐지 센서 뿐만 아니라 서로 다른 가전제품들을 연결시키기 위한 홈 네트워크에 적합한 채널 모델이다. 실내 주거 환경에서의 건물 구조는 소단위로 구성되어 있으며 내부 벽이 충분히 두껍다는 특징이 있다. 그리고 사무 지역 환경은 보통 긴 통로로 연결되어 있는 많은 사무실에 적합하며 가구, 책꽂이 그리고 파티션 등이 신호의 감쇠를 증가시키는 특징이 있다.

표 1. IEEE 802.15.4a 채널 파라미터

Table 1. IEEE 802.15.4a channel parameters.

Channel Model	P_{Loss}	k	n
Residential LOS (CM1)	-43.9	1.12	1.79
Residential Non LOS (CM2)	-48.7	1.53	4.58
Office LOS (CM3)	-35.4	0.03	1.63
Office Non LOS (CM4)	-59.9	0.71	3.07

2-3 광대역 시스템의 신호 대 잡음 전력비 및 채널 용량

UWB 통신방식은 넓은 주파수 대역으로 데이터를 송수신하는 무선통신 기술로 넓은 주파수 폭과 낮은 출력의 전파를 사용한다. 또한 UWB 시스템이 송출하는 전파세기는 잡음레벨보다 낮게 전송되기 때문에 다른 무선통신에 미치는 전파간섭은 적은 특징을 가진다. UWB 통신방식을 사용한 시스템에서 위치 추정의 정밀도를 평가하기 위해서는 광대역 시스템의 송수신 안테나의 영향 및 전파 채널의 특성을 고려하여 수신단의 신호 대 잡음 전력비를 분석하는 것이 중요하다.

송신 안테나의 특성을 고려한 UWB 시스템의 송신 신호의 전력 스펙트럼은 다음과 같이 표현된다.

$$P_{Tx}(f) = P_{Tx-Amp}(f)\eta_{Tx-Ant}(f) \quad (3)$$

여기서, $P_{Tx-Amp}(f)$ 는 송신 증폭기의 출력 전력 스펙트럼이 고 $\eta_{Tx-Ant}(f)$ 는 송신 안테나의 효율을 나타낸다.

UWB 시스템에서 방사되는 신호의 전력 밀도는 통신 거리 d 에 따라서 감소하며 신호의 경로 손실은 주파수에 따라서 변화된다. 따라서 거리 및 주파수에 따른 광대역 신호의 수신 전력 밀도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} P_{Rx}(d, f) &= \frac{K_0 P_{Tx}(f)}{4\pi d_0^2} \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-n} \left(\frac{f}{f_c}\right)^{-2k} \\ &= \frac{P_{Loss} P_{Tx-Amp}(f)\eta_{Tx-Ant}(f)\eta_{Rx-Ant}(f)}{(f/f_c)^{-2(k+1)}} \\ &\quad \frac{1}{(d/d_0)^n} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, P_{Loss} 는 기준 거리 d_0 및 기준 주파수 f_c 에서 등방성 안테나의 경로 손실로 표 1에서 제시한 값을 사용하였고 $\eta_{Tx-Ant}(f)$ 및 $\eta_{Rx-Ant}(f)$ 는 송신 및 수신 안테나의 효율을 의미한다.

송신 증폭기 및 송수신 안테나를 거쳐서 수신 받은 광대역 신호의 총 평균 수신 전력은 광대역 시스템의 주파수 범위 $[f_c - B_W/2, f_c + B_W/2]$ 에 걸쳐 $P_{Rx}(d, f)$ 를 적분하여 얻을 수 있으며 매트랩 툴을 활용하였다. 주파수 적분을 통하여 수신 전력을 계산한 후, 위치 추정 프리앰블에서 신호의 심볼 간격 T_S 및 무선 채널의 잡음 전력 밀도 N_O 를 적용한 광대역 위치인식 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비는 다음과 같다.

$$SNR_{Rx}(d) = 10 \log \frac{T_S}{N_O} \left[\int_{f_c - B_W/2}^{f_c + B_W/2} P_{Rx}(d, f) df \right] - L_{imp} - NF_{Rx} \quad (5)$$

여기서, B_W 는 광대역 시스템의 대역폭, L_{imp} , NF_{Rx} 는 [dB] 단위의 구현 손실 및 수신기 잡음 지수이다.

UWB 통신방식은 푸리에 이론을 이용하여 확산신호를 사용하지 않고 짧은 시간에 펄스를 송출하여 넓은 주파수 대역폭

을 생성하게 된다. 따라서 통신시스템의 채널 용량을 결정하는 사는 법칙에 의하여 UWB는 낮은 출력의 전파를 사용해도 넓은 주파수 대역을 사용하기 때문에 고속통신이 가능하게 된다. 광대역 무선채널에서 UWB 통신시스템의 주파수 대역폭 및 수신 신호 대 잡음 전력비를 적용한 단일 사용자에 대한 채널 용량은 다음과 같다.

$$C_{UWB}(d) = B_W \log_2(1 + SNR_{Rx}(d)) \quad [bits/sec] \quad (6)$$

III. 성능 분석

UWB 시스템은 협대역 시스템과는 달리 정밀 위치 추적이 가능하고, 페이딩에 강인할 뿐만 아니라 근거리의 무선 통신을 위한 기술 중에 하나로 인정받고 있다. 본 논문에서는 대역폭이 B_W 인 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 $SNR_{Rx}(d)$ 를 분석하고 IEEE 802.15.4a 채널 및 시스템의 주요 파라미터를 이용하여 UWB 시스템의 채널 용량 $C_{UWB}(d)$ 을 분석한다. 성능 분석을 위하여 UWB 시스템의 신호 대역폭 $B_W = 1[GHz]$, 중심 주파수 $f_c = 5[GHz]$, UWB 시스템의 잡음 전력 밀도 $N_O = -174[dBm/Hz]$, 구현 손실 $L_{imp} = 3[dB]$, 수신기 잡음 지수 $NF_{Rx} = 7[dB]$ 를 고려하였다. 그리고 송신 및 수신 안테나의 효율은 $\eta_{Tx-Ant}(f) = 1$, $\eta_{Rx-Ant}(f) = 1$ 로 가정한다.

그림 5와 그림 6은 프리앰블 신호의 심볼 간격 $T_S = 1[\mu s]$ 인 경우와 심볼 간격 $T_S = 100[\mu s]$ 인 경우에 4종류의 IEEE 802.15.4a 채널(CM1~CM4)에서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 변화를 나타낸다. 광대역 통신 채널 CM1~CM4의 파라미터는 표 1의 IEEE 802.15.4a 채널 파라미터를 활용하였다. LOS 채널 환경(CM1, CM3)이 Non LOS 채널 환경(CM2, CM4)보다 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 성능이 우수함을 알 수 있다. 또한, LOS 채널 환경보다 Non LOS 채널 환경에서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 변화 폭이 큼을 알 수 있다. 그림 5와 그림 6을 비교해보면 심볼 간격 $T_S = 1[\mu s]$ 에서 심볼 간격 $T_S = 100[\mu s]$ 으로 증가함에 따라서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비는 증가함을 알 수 있다.

그림 7과 그림 8은 광대역 통신 채널 CM1과 광대역 통신 채널 CM3에서 심볼 간격 T_S 와 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 변화를 나타낸다. IEEE 802.15.4a 프리앰블 구조에서 심볼 간격 $T_S = 1[\mu s]$ 에서 심볼 간격 $T_S = 100[\mu s]$ 으로 증가함에 따라서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비는 증가함을 알 수 있으며 이에 따라서 광대역 위치 추정 시스템의 위치인식 정밀도는 우수하게 됨을 예측할 수 있다. 또한 그림 7과 그림 8을 비교해 보면 사무 지역 LOS (CM3) 채널 환경이 실내 주거 LOS (CM1) 채널 환경보다 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수

신 신호 대 잡음 전력비는 높아짐을 알 수 있다.

그림 9와 그림 10은 광대역 통신 채널 CM1과 광대역 통신 채널 CM3에서 프리앰블 신호의 심볼 간격 T_s 와 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 채널 용량의 변화를 나타낸다. IEEE 802.15.4a 프리앰블 구조에서 심볼 간격 $T_s = 1[\mu s]$ 에서 심볼 간격 $T_s = 100[\mu s]$ 으로 증가함에 따라서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비는 증가하게 되며 그에 따라서 UWB 시스템의 채널 용량도 증가함을 알 수 있다. 광대역 통신 채널 CM1에서 통신 거리 $d_{tr} = 10[m]$ 인 경우, 심볼 간격 $T_s = 1[\mu s]$ 과 심볼 간격 $T_s = 10[\mu s]$ 을 비교해 보면 UWB 시스템의 채널 용량은 $5[Gbits/sec]$ 에서 $5.4[Gbits/sec]$ 로 증가함을 알 수 있다. 반면에 통신 거리 d_{tr} 이 증가함에 따른 UWB 시스템의 채널 용량은 감소하고 있음을 알 수 있다.

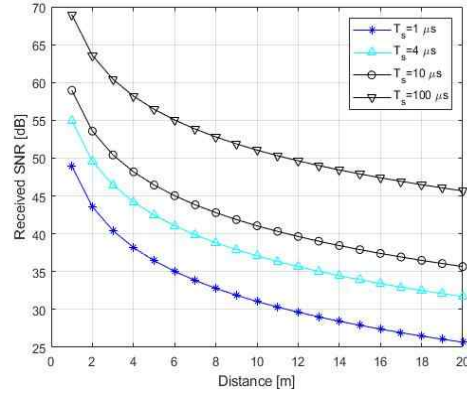


그림 7. 광대역 CM1 채널에서 T_s 와 d_{tr} 에 따른 수신 SNR의 성능
Fig. 7. Performance of Received SNR over T_s and d_{tr} in Wideband CM1 Channel.

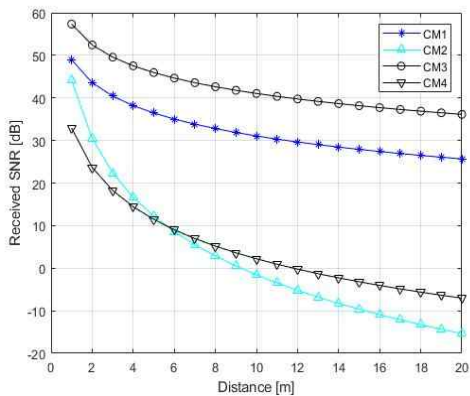


그림 5. 광대역 채널에서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 수신 SNR의 성능 ($T_s = 1[\mu s]$)
Fig. 5. Performance of Received SNR over Communication Distance d_{tr} in Wideband Channels ($T_s = 1[\mu s]$).

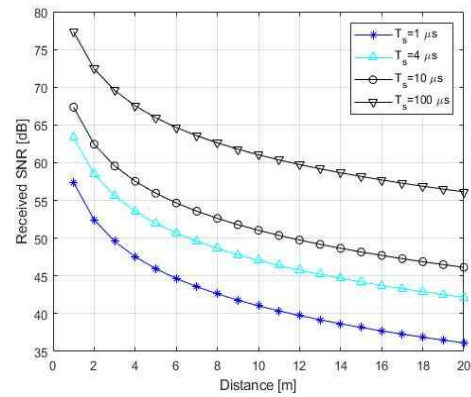


그림 8. 광대역 CM3 채널에서 T_s 와 d_{tr} 에 따른 수신 SNR의 성능
Fig. 8. Performance of Received SNR over T_s and d_{tr} in Wideband CM3 Channel.

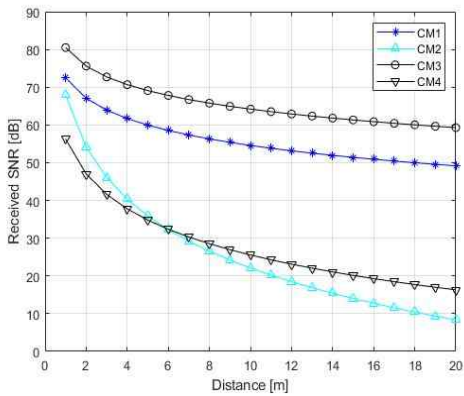


그림 6. 광대역 채널에서 통신 거리 d_{tr} 에 따른 수신 SNR의 성능 ($T_s = 100[\mu s]$)
Fig. 6. Performance of Received SNR over Communication Distance d_{tr} in Wideband Channels ($T_s = 100[\mu s]$).

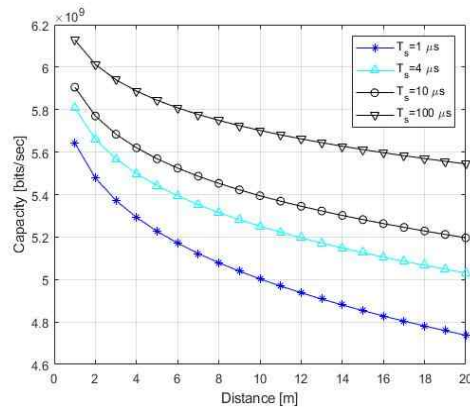


그림 9. 광대역 CM1 채널에서 T_s 와 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 채널 용량
Fig. 9. Channel Capacity of UWB System over T_s and d_{tr} in Wideband CM1 Channel.

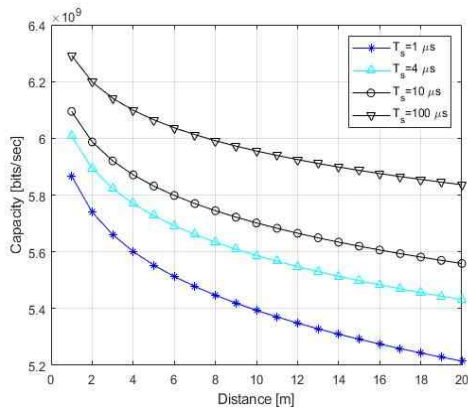


그림 10. 광대역 CM3 채널에서 T_s 와 d_{tr} 에 따른 UWB 시스템의 채널 용량

Fig. 10. Channel Capacity of UWB System over T_s and d_{tr} in Wideband CM3 Channel.

IV. 결론

정보통신 기술의 발달로 위치 정보 서비스에 관심이 높아지고 있으며 특히, 광대역 통신 방식을 활용한 정밀측위 기능은 국내외 스마트 내부에 광대역 통신 칩을 탑재하여 정밀측위 기능을 확대하고 있어서 관련 기능 및 서비스가 고도화되고 있다. 따라서 정밀 측위 기능을 수행하기 위해서는 광대역 통신 시스템의 구조, 광대역 통신 채널의 모델링 및 특성 파라미터, 통신 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비, 광대역 시스템의 채널 용량에 대한 분석 등이 필요하다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.4a 표준에서 제시한 채널모델(CM1~CM4)에서 프리앰블 신호의 심볼 간격과 통신 거리에 따른 UWB 시스템의 수신 신호 대 잡음 전력비 변화와 시스템 채널 용량을 분석하였다. 분석 결과, LOS 채널 환경이 Non LOS 채널 환경보다 통신 거리에 따른 수신 신호 대 잡음 전력비의 성능이 우수함을 알 수 있었고 또한 수신 신호 대 잡음 전력비의 변화 범위도 커짐을 알 수 있었다. 그리고 일정한 통신 거리에서 프리앰블 신호의 심볼 간격이 증가함에 따라 수신 신호 대 잡음 전력비는 증가함을 알 수 있었다. 마지막으로 광대역 통신 채널에서 UWB 시스템의 채널 용량 변화를 분석한 결과, 일정한 통신 거리에서 프리앰블 신호의 심볼 간격이 증가하는 경우, UWB 시스템의 채널 용량은 증가하였고 일정한 프리앰블 신호의 심볼 간격에서 통신 거리

가 증가함에 따른 UWB 시스템의 채널 용량은 감소하고 있음을 알 수 있었다.

Acknowledgments

본 논문은 2021년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

References

- [1] A. Bensusky, *Wireless Positioning Technologies and Applications*, Altech house, 2008.
- [2] M. Verhelst and W. Dehaene, *Energy Scalable Radio Design: for Pulsed UWB Communication and Ranging*, Springer, 2009.
- [3] J. M. Cramer, R. A. Scholtz, and M. Z. Win, "Evaluation of an ultrawideband propagation channel," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. 50, pp. 561 - 570, May. 2002.
- [4] D. Cassioli, M. Z. Win, and A. F. Molisch, "The ultra-wide bandwidth indoor channel: from statistical model to simulations," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, Vol. 20, No. 6, pp. 1247-1257, Aug. 2002.
- [5] P. Sedlacek, M. Slanina, and P. Masek, "An overview of the IEEE 802.15.4z standard its comparison and to the existing UWB standards," *IEEE International Conference Radioelektronika*, Apr. 2019.
- [6] L. Fluoratoru, S. Wehrli, M. Magno, and D. Niculescu, "On the energy consumption and ranging accuracy of ultra-wideband physical Interfaces," *IEEE Global Communications Conference*, Dec. 2020.
- [7] J. M. Cramer, R. A. Scholtz, and M. Z. Win, "Evaluation of an ultra wideband propagation channel," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol.50, pp. 561-570, May. 2002.
- [8] A. F. Molisch, "IEEE 802.15.4a channel model-final report," IEEE 802.15-04-0662-00-004a, Nov. 2004.
- [9] S. Roy, J. Foerster, V. Somayazulu, and D. Leeper, "Ultrawideband radio design: the promise of high-speed, short-range wireless connectivity," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 92, No. 2, pp.2 95-311, Feb. 2004.



노재성 (Jae-Sung Roh)

2000년 8월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학박사)
 2000년 9월 ~ 현재 : 서일대학교 정보통신공학과 교수
 ※ 관심분야 : 무선 임베디드 통신 시스템, IoT S/W 응용