

무선 거리인식 응용을 위한 통신시스템 구현 고려사항에 관한 연구

노재성*, 김성철**, 신유섭***

*서일대학 정보통신과, **한국항공대학교, ***(주)미디어웨이브컴

A Study on the Implementation Considerations of Communication System for Wireless Ranging Applications

*Jae-Sung Roh, **Sung-Chul Kim, ***Yu-Sub Shin

*Dept. of Information & Communication, Seoil Univ.

Korea Aerospace Univ., *Mediawave Corp.

E-mail : jsroh@seoil.ac.kr

요약

본 논문에서는 IEEE 802.15.4a 기반 무선 센서네트워크의 통신시스템 구현 고려사항에 관한 연구를 수행하였고 UWB 위치인식 시스템 설계에 대하여 분석하였다. 먼저, 위치인식을 위한 UWB 신호의 설계 및 다양한 신호 파라미터 선정에 대하여 연구하였다. 또한, 거리에 따른 UWB 신호의 품질을 결정하기 위하여 링크분석을 수행하였다.

ABSTRACT

In this paper, the implementation consideration of communication system is suggested in IEEE 802.15.4a based wireless sensor network, and the practical issues for UWB ranging system design are investigated. First, design of UWB signals for ranging applications is considered, and selection of various signal parameters is studied. Then, link analysis is performed in order to determine UWB signal quality as a function of distance.

키워드

무선 거리인식, UWB, Link Budget, 통신시스템

1. 서론

무선 네트워크 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅 분야의 핵심기술 중 하나로써 무선 센서네트워크의 급속한 발달에 따라 위치기반서비스 응용분야가 최근 많은 주목을 받고 있다. 위치기반서비스의 구현에는 다양한 통신 방식을 이용되고 있으나 실제로 사람들이 생활하는 공간에서의 정밀한 위치인식 서비스를 제공하지 못하고 있는 상태이다.

최근 가장 널리 사용되는 위치인식시스템의 방식으로는 Zigbee, 초음파, UWB(Ultra Wide Band) 등이 있다.

Zigbee는 IEEE 802.15.4 표준은 저속 근거리 개인 무선통신의 국제 표준규격으로 전력소모가 적고 칩셋 가격이 저렴하며 통신의 안정성이 높은

특징으로 최근 USN 분야에서 가장 급속한 발전을 하고 있는 기술이다[1]-[4]. 초음파 방식은 초음파가 RF보다 전송속도가 상대적으로 매우 느리다는 특성을 이용하며 초음파의 전파지연시간을 거리로 환산하는 방식으로 거리를 측정한다. 이 방식은 비교적 정확도가 높지만 초음파 송수신 장치 및 추가 인프라 설치비용이 요구되어 비효율적이라는 단점이 있다.

UWB 무선을 이용한 정밀측위 및 거리인식 방식은 일반 센서정보와 결합하여 센서정보를 보다 유용하게 하며 상황분석을 보다 용이하게 할 수 있는 기술이라고 판단되며 본 연구에서는 정밀한 측위 및 거리인식 시스템 구현을 위한 시스템 파라미터의 특성을 분석, 연구한다.

II. UWB 위치인식 시스템 설계 고려사항

본 UWB 위치인식 시스템의 설계에 있어서 가장 중점적으로 고려한 사항은 다음과 같다.

수신한 RSSI 값을 기반으로 그룹별 측정치를 활용한 통신 모듈간 거리측정 알고리즘 적용

성능 최적화를 위한 무선 네트워크 구성

브로드캐스팅 방식으로 전송하는 신호의 신호충돌 회피 알고리즘 적용

측정 위치 표시 GUI 모니터링 시스템 구현

UWB는 단거리 구간에서 저전력으로 넓은 대역의 주파수를 통해 많은 양의 데이터를 전송하는 기술로 투과력이 우수하고 음영지역에서도 사람이나 사물의 위치를 파악할 수 있기 때문에 정확도가 높다. 약 50m 정도까지 신호가 도달해 위치인식 범위가 넓으나 UWB의 대역이 대부분의 국가에서 이미 다른 용도로 사용 중이므로 간섭 문제가 존재한다. 다음 그림은 UWB 물리계층 신호 흐름도를 나타낸다.

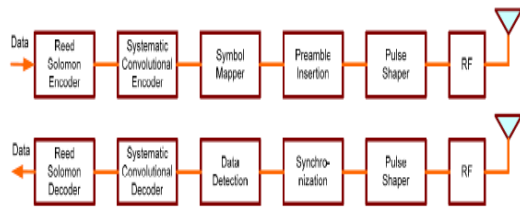


그림 1. UWB 물리계층 신호 흐름도

다음 그림은 UWB 물리계층 신호를 나타내고 있다. Root raised cosine (RRC) pulse에서 Roll-off factor=0.6이고 pulse width=2 ns인 경우이다.

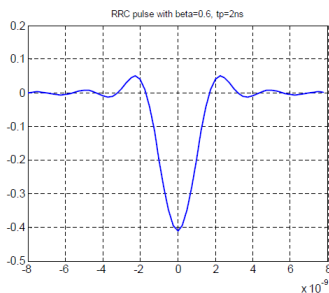
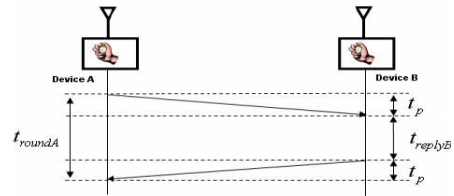


그림 2. UWB 물리계층 신호 모형

IEEE 802.15.4a 표준의 위치인식 시스템 요구 규격은 500 MHz 대역에서 60cm급 정밀도를 요

구하고 있다[5]. 위치인식 시스템 방식으로는 Two-way ranging (TWR) 기반의 TOA를 IEEE 802.15.4a 위치인식 UWB 기술로 사용하고 있으며 시스템 구현시 저전력 소모 및 저가격화 구현 그리고 정밀한 위치인식이 설계의 관건이다.



$$TOF: t_p = \frac{t_{roundA} - t_{roundB}}{2}$$

그림 3. IEEE 802.15.4a 표준의 Two-way ranging (TWR) 알고리즘

III. UWB 위치인식 시스템의 정밀도 분석

UWB 거리인식 시스템을 설계하기 위해서는 시스템 파라미터의 선정이 중요하다. 거리인식 시스템에서의 주된 성능 지표는 거리인식의 정밀도이다. 거리인식의 정밀도 Root MSE(Mean Square Error)는 $\sqrt{E\{(\hat{d}-d)^2\}}$ 로 표현할 수 있다. 전파되는 UWB 신호의 전력밀도는 거리에 따라서 감소하며 잡음 전력 밀도, 구현 손실, 수신기 잡음 지수를 고려한 거리 d 에 따른 거리인식 시스템의 정밀도 Root MSE는 다음과 같다[6].

$$R_MSE = \frac{c}{2\sqrt{2}\pi\sqrt{SNR(d)}\beta} \quad (1)$$

$$SNR(d) = 10\log \frac{T_s \int_{f_L}^{f_H} P_r(d, f) df}{N_o} - L_{imp} - NF$$

$$P_r(d, f) = PL_o P_{tx-amp}(f) \frac{(f/f_c)^{-2(k+1)}}{(d/d_o)^n}$$

$$PL_o = \frac{K_0 c^2}{(4\pi d_o f_c)^2}$$

여기서, $P_{tx-amp}(f)$ 는 FCC Rule에 따른 마스크에 근사하며 관심 주파수 대역폭내에서 동일한 -41.3 dBm/MHz 값을 가진다. 거리인식 시스템에서 거리인식 정밀도를 결정하는 주된 파라미터는 수신 신호 대 잡음 전력비(SNR)가 되며 SNR이 높으면 거리인식 에러에 해당하는 Root MSE는 감소하게 된다.

그림 4는 IEEE 802.15.4a CM-1 채널모델에서

거리 d 와 Ranging Interval T_s 에 따른 UWB 신호의 SNR 변화를 나타낸다. SNR 분석을 위한 주요 파라미터는 UWB 신호 대역폭 $B=1GHz$, 중심주파수 $f_c=5GHz$, UWB 거리인식 시스템의 잡음전력밀도 $N_o=-174dBm/Hz$, 구현손실 $L_{imp}=3dB$, 수신기 잡음지수 $NF=7dB$ 이다. 거리가 감소하고 T_s 가 증가함에 따라서 SNR 값은 증가함을 관찰할 수 있었다. 즉, 우수한 거리인식 시스템의 정밀도를 얻을 수 있었다.

표 1. IEEE 802.15.4a 채널 특성 예

	PL_o	k	n
Residential LOS(CM-1)	-43.9	1.12 ± 0.12	1.79
Residential NLOS(CM-2)	-48.7	1.53 ± 0.32	4.58
Office LOS(CM-3)	-35.4	0.03	1.63
Office NLOS(CM-4)	-59.9	0.71	3.07

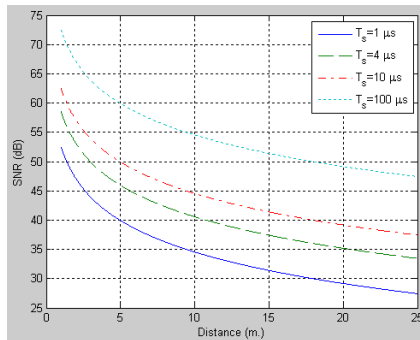


그림 4. IEEE 802.15.4a CM-1 채널모델에서 T_s 에 따른 UWB 신호의 SNR 변화

IV. 결론

본 논문은 IEEE802.15.4a 물리계층에서 사용하는 UWB 신호를 대상으로 거리인식 시스템을 위한 구현시 고려사항에 대하여 분석하였다. 통신 노드사이의 거리 d 에 따른 Root MSE를 계산하는 것은 매우 중요한 거리인식 시스템의 설계사항이다. 또한, 거리인식 시스템의 정밀도는 무선 채널의 다중경로 프로파일 및 시스템 파라미터에 관계됨을 알 수 있었다. UWB 거리인식 시스템 분석결과를 바탕으로 다양한 거리추정 방식에 적용한 거리인식 시스템 정밀도 향상에 기여할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2010년 산학연공동 기술개발사업의 연구수행으로 인한 결과물임.

참고문헌

- [1] 최창용, 이동명, 무선 센서네트워크에서 거리 식별코드를 이용한 위치인식시스템 설계 및 구현, 한국통신학회, 제34권 제8호, pp.575-582, 2009.
- [2] 조영수, 조성운, 김병주, 이성호, 김재철, 최완식, 칠내외 연속측위 기술 동향, 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석, 22권 3호, pp.20-28, 2007.
- [3] 박옥선, 정광렬, 김성희, 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 위치인식 기술 및 시스템, 정보통신연구진흥원, 주간기술동향, 2003.
- [4] 김재호, 김영섭, 박옥선, 김성희, 유비쿼터스 위치기반 서비스 및 위치인식시스템 연구 동향, 정보통신연구진흥원, 주간기술동향, 2003.
- [5] IEEE802.15.4a/D7, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs): Amendment to add alternate PHY, Jan. 2007.
- [6] Z. Sahinoglu, Ultra-wideband positioning system, Cambridge Univ. Press, 2008.