

IR-UWB 시스템의 펄스 형태별 거리 추정 성능 분석

김지훈, 한동석

경북대학교

dshan@knu.ac.kr

Performance analysis of IR-UWB system for distance estimation by pulse type

Jihun Kim, Dong Seog Han

Kyungpook National Univ.

요약

본 논문은 무선 통신 장치 기반을 이용한 거리 추정 방식의 최적의 구조를 제안한다. 제안하는 시스템은 고속으로 샘플링된 펄스를 이용하는 IR-UWB 시스템이다. IR-UWB 시스템은 펄스 신호의 상관기 연산을 통해 송수신기 간의 거리를 추정한다. 일반적으로 수 나노초 길이의 펄스를 사용하는 IR-UWB 시스템은 약 30cm 이내의 거리 추정 성능을 보인다. 본 논문에서는 다양한 펄스에 따른 거리 추정 성능을 비교 분석하고 최적의 성능을 갖는 IR-UWB 시스템 기반 거리 추정 방식을 제안한다. 제안하는 시스템은 실내 무선 채널 환경에서 평균 2cm 내외의 거리 추정 오차를 갖는다.

I. 서론

IR-UWB(impulse radio ultra wideband) 통신 시스템은 수 나노초 단위의 매우 짧은 펄스 신호를 이용하여 신호를 송수신한다. 이러한 시스템의 특성은 우수한 시간 분해능, 낮은 복잡도 등으로 인해 IEEE 802.15.4a 표준으로 채택되어 근거리 통신 및 위치 검출 등에 활용되고 있다[1]. IR-UWB 시스템의 거리 추정을 위해 사용되는 기법은 ToA(time of arrival)와 TDoA(time difference of arrival)기법이 주로 사용된다. 거리 추정 성능은 수신 신호의 ToA를 정확하게 추정하는 것으로 결정된다. 일반적으로 수신 신호의 ToA를 검출하는 방식은 수신 신호의 에너지를 모아 제곱 연산과 적분기를 사용하는 에너지 검출 방식과 수신 신호와 참조 신호의 상관기 연산을 취하는 정합 필터 방식이 사용된다. 본 논문에서는 정합필터 방식을 이용하는 ToA 거리 추정구조의 펄스 형태별 거리 추정 성능을 비교하고 최적의 펄스 형태를 도출한다. 특히 실내 위치 측위를 위한 실내 채널 모델을 적용하여 최소한의 오차를 갖는 거리 추정 시스템 구조를 제안한다.

II. 본론

본 논문에서는 실내 무선 통신 환경에서 IR-UWB 통신 시스템의 거리 추정 성능을 비교하기 위한 시뮬레이터를 구성하였다. 그림 1은 IEEE 802.15.4a 물리계층의 통신 표준에 기반한 거리 추정을 위한 시스템 블록도이다. 송신 신호는 PPM(pulse position modulation)으로 변조된 송신 신호이며 무선 통신 채널은 IEEE 802.15.4a 채널 모델의 CM1 - 실내 사무실 모델을 적용하였다[2]. 거리 추정을 위한 적용된 ToA 기법은 정합 필터의 상관기 결과의 임계값을 초과하는 첫 번째 최대 피크 지점을 도출한다. 첫 번째 최대 피크 지점은 수신 신호의 추정 ToA 값이 된다. 추정된 ToA값에 빛의 속도를 곱하여 송신기와 수신기 간 거리값이 도출된다. 따라서 송수신 펄스 형태에 따른 상관기의 최대 피크 지점이 다르므로 ToA 추정치에 오차를 발생시킨다.

본 논문에서는 펄스 형태별 성능 비교를 위하여 가우스 펄스와 올림 코사인 펄스 등 다양한 펄스 타입에 따른 ToA 추정 성능을 비교하였다. 각 펄스의 서로 다른 특성은 수신기의 정합 필터의 자기 상관 결과에서 ToA 추정 결과의 차이를 발생시킨다. 본 논문에서 사용된 펄스 형태는 가우스 펄스, 1차 미분 가우스 펄스, 2차 미분 가우스 펄스, 제곱근 올림 코사인 펄스를 이용하였다. 최대 피크 지점 검출을 위한 임계값을 상관기 결과값의 진폭비율의 0.8배를 기준으로 설정하였다.

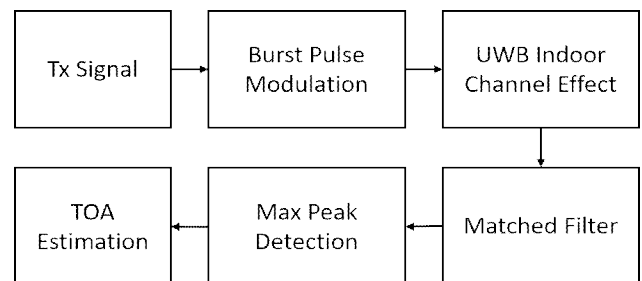


그림 1 IR-UWB 시스템 기반의 제안하는 거리 추정 시스템 구조

제안하는 시스템 구조를 통해 도출된 최대 성능은 2차 미분 가우스 펄스를 사용할 경우 평균 약 2cm 내외의 거리 추정 성능을 보인다. 2차 미분 가우스 펄스의 상호 상관 결과의 최대 피크 값이 가장 크기 때문이다. 가우스 펄스는 약 7cm 내외, 1차 미분 가우스 펄스는 약 3cm, 올림 코사인 펄스는 롤오프율 0.5를 적용할 때 약 3cm의 거리 추정 성능을 보인다.

III. 결론

본 논문에서는 실내 무선 채널 환경에서 IR-UWB 통신 시스템의 거리 추정을 위한 최적의 펄스 타입 도출하였다. 2차 미분 가우스 펄스를 사용하는 거리 추정 시스템의 경우 약 2cm 내외의 추정 오차를 보였다. 제안하는 시스템의 구조를 사용하여 실내 사용자 위치 추정 등에 활용 가능할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2019R1D1A3A03103849)과 삼성전자의 산학협력과제의 일환으로 수행하였음. [60GHz 대역 차세대 WLAN을 위한 MIMO 시스템 구조 및 알고리즘 개발]

참고 문헌

- [1] IEEE Computer society, "IEEE 802.15.4a-2007 Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)," IEEE, Aug. 2007.
- [2] MOLISCH, Andreas F., et al. IEEE 802.15. 4a channel model-final report. IEEE P802, 2004