

# UWB 및 BLE 기반의 중장비 협착 방지 시스템에 관한 연구

유상욱, 정재일\*

한양대학교 융합전자공학과, 한양대학교 융합전자공학부\*

yusangwook@hanyang.ac.kr, jijung@hanyang.ac.kr

## A Study on Prevention of Collision System based on UWB and BLE wireless technology.

Sang Wook Yu, Jung Jae Il\*

Department of Electronic Engineering, Hanyang Univ.,

Department of Electronic Engineering, Hanyang Univ.\*

### 요 약

본 논문에서는 건설업에서 발생하는 주요 사망 원인인 부딪힘과 깔림 등 중장비와의 협착 사고를 방지하기 위한 (Bluetooth-Low-Energy)BLE 와 (Ultra-Wideband)UWB 무선통신 기술 기반의 협착방지 시스템을 제안한다. 중장비에 탈부착이 가능한 ANCHOR를 설치하고, 작업자는 안전모에 TAG를 부착하여 ANCHOR와 TAG 간의 BLE와 UWB 기술 기반의 Ranging을 통해 중장비와 작업자간 거리를 측정하고, 이를 기반으로 위험 상황을 판단하여 중장비 운전자 및 작업자에게 알람을 발생시키고, 이러한 상황을 연동된 작업자의 스마트폰을 통해 관제 시스템에 전송한다. 본 논문에서는 BLE와 UWB의 동작 과정 및 Ranging을 통해 얻은 거리 정보를 활용하여 위험 상황에 대한 판단 및 알람 과정을 제안한다.

### I. 서론

건설업에서의 사고사망자는 기타 업종에 비해 높은 비율을 차지하며, 건설업의 사고원인별 사망자 비율은 떨어짐을 제외하면, 부딪힘 및 깔림 등 중장비와의 사고가 높은 비율을 차지한다.[1]

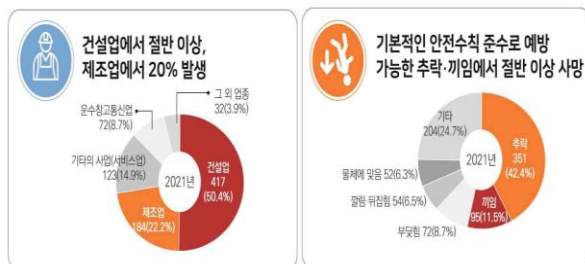


Figure 1. 21년 산재 사망사고 현황 일부(고용노동부)

이러한 중장비와의 충돌 및 협착 사고의 위험을 방지하기 위해 건설현장에서는 무선통신 및 CCTV 등 다양한 방식으로 중장비와 작업자간 충돌 및 협착 방지 시스템을 도입하고 있다. 건설 현장의 경우에는 다양한 건설 자재 및 업무 진행에 따른 환경에 변화 등에 의해 쉽게 CCTV의 사각지대를 만들 수 있다. 따라서 본 논문에서는 무선통신을 이용한 안전관리 시스템을 제안하며, 저전력을 위한 BLE와 정밀 거리 측정을 위한 UWB 기술을 이용하여 시스템을 구성한다.

본문에서는 BLE와 UWB Ranging의 상세 기능과 위험 상황을 판단하여 운전자와 작업자에게 알람을 주고 안전 관제 시스템에 상황 정보를 전송하는 중장비 협착 방지 시스템의 동작 과정을 설명한다.

### II. 본론

UWB 통신 과정에서 고정된 위치에서 Ranging을 하는 디바이스를 ANCHOR라 칭하며, 움직임을 통해 거리의 변화를 주며 Ranging을 하는 디바이스를 TAG라 칭한다. 본 논문에서는 중장비에 부착하는 디바이스를 ANCHOR라 하며, 작업자의 안전모에 부착되는 디바이스를 TAG라 한다.

중장비와 작업자간 협착 방지 시스템의 시작은 중장비에서 주변 작업자를 인지하는 과정부터 이루어진다. 이러한 인지 과정은 상시 전원을 통해 이루어져야 하는 과정이므로 저전력화를 위해 BLE 통신을 이용한다. BLE를 통한 인지과정에서, ANCHOR에서 Scanning을 하고, TAG에서 Advertising을 하여 (Received Signal Strength Indicator)RSSI을 통해 일정 거리 내 작업자의 존재를 확인한다.

중장비에서 주변 작업자를 인지하게 되면, UWB Ranging을 통해 정밀 거리측정을 실시한다. 정밀 거리측정 또한 저전력을 위해 BLE에서 측정한 RSSI의 특정 값 이내에서 이루어진다. 정밀 거리측정은 ANCHOR에서 (Time of Flight)TOF를 측정하여 TOF에 빛의 속력

을 곱하여 계산하며, TOF 를 구하는 알고리즘은 디바이스 간의 클럭 오프셋을 최소화하기 위해 IEEE 802.15.4z 에서 제시한 (Double-Sided Two-way Ranging)DS-TWR 알고리즘을 사용한다.[2]

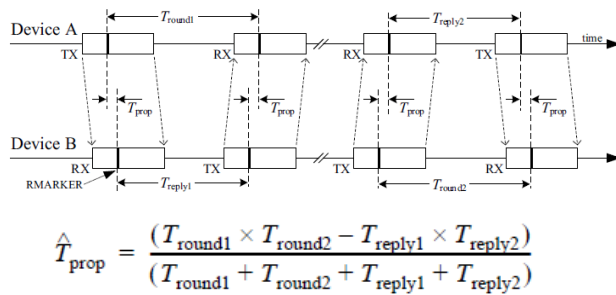


Figure 2. DS-TWR 알고리즘

측정된 거리는 low-pass 필터, high-pass 필터, (Extended Kalman Filter)EKF 를 통해 오차를 보정한다. 이렇게 구해진 거리 값은 사용자가 미리 설정한 위험 단계별 거리와 비교하여 위험 상황을 판단하며, 이러한 정보를 통해 작업자와 운전자에게 알람 신호를 보낸다. 작업자의 TAG 는 이러한 알람 신호에 반응하여 진동 및 소리를 통해 작업자에게 위험상황을 알리며, 운전자는 ANCHOR 에 부착된 INDICATOR 와 소지한 스마트 폰을 통해 위험 상황을 알 수 있다.

중장비에 부착된 ANCHOR 는 운전자가 소지한 스마트 폰과 BLE 통신을 통해 위험상황에 대한 정보를 송신하며, 스마트 폰은 인터넷을 통해 위험상황 정보를 관제 시스템에 송신한다.

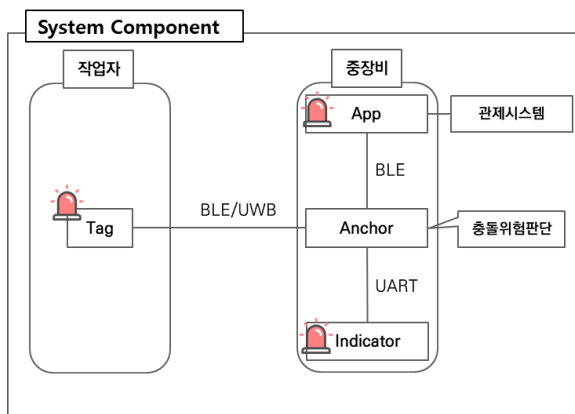


Figure 3. 제안 시스템 구성요소

따라서 본 논문에서 제안하는 중장비 협착 방지 안전 관리 시스템을 통해, 현장에서 근무하는 작업자 및 운전자와 관제소에서 근무하는 관리자 모두에게 안전 상황에 대한 정보를 공유할 수 있으며, 위험 상황에 대한 알람을 주어 중장비와 작업자간 협착 및 부딪힘 사고를 방지할 수 있다. 또한 관제 시스템에서는 이러한 안전 상황 정보를 수집하여 추후 위험 상황에 대한 분석 자료로 활용할 수 있다.

### III. 결론

본 논문은 BLE 및 UWB 무선 통신 기술을 활용한 중장비와 작업자 간 협착 방지 안전관리 시스템을 제안하였다. 저전력화 및 스마트폰과의 통신을 위해 BLE 기능을 활용하였고, 정밀 거리 측정을 위해 UWB Ranging을 사용하였다. 이러한 무선통신을 이용한 안전 관리 시스템

을 통해 사각지대의 단점이 존재하는 CCTV를 통한 안전 관리 시스템을 보완할 수 있을 것으로 기대된다.

하지만 제안하는 시스템에서는 DS-TWR 을 통한 1 차원적인 거리만 측정하므로, 운전자 입장에서 작업자의 위치 판단이 불가능하다. 향후 운전자의 위치를 측정가능할 수 있도록 (Angle of Arrival)AoA 기반의 UWB 측위 알고리즘이 적용된다면, 운전자 입장에서 작업자의 위치를 판단할 수 있어 좀 더 안전한 관리 시스템이 될 것으로 기대된다. 또한, 관제 시스템에서도 작업자의 위치 정보를 통한 안전 관련 빅데이터 수집이 가능하여 협착 방지 시스템 개발에 나은 미래가 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2023 년도 4 단계 두뇌한국 21 사업(4 단계 BK21 사업)에 의하여 지원되었음.

### 참 고 문 헌

- [1] 고용노동부, 산업안전보건정책과 “보도자료, 21 년 산업재해 사고사망 현황 발표”, 2022 년 3 월
- [2] “IEEE standard for low-rate wireless networks—amendment 1: Enhanced ultra-wideband (uwb) physical layers (phys) and associated ranging techniques,” IEEE Std 802.15.4z-2020 (Amendment to IEEE Std 802.15.4-2020), pp. 1–20, 2020.
- [3] Jiwon Park, Jeongmin Lim, Kyujin Lee, and Taekyung Sung, “A Two-Way Ranging WPAN Location System with Clock Offset Estimation,” Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (2013) Vol. 19 No.2, pp 125-130 (in Korean)
- [4] Yi Jiang and Victor C.M. Leung, “An Asymmetric Double Sided Two-Way Ranging for Crystal Offset,” International Symposium on Signals, Systems and Electronics, 2007. ISSSE '07.
- [5] Ranging in the IEEE 802.15.4a Standard Zafer Sahinoglu and Sinan Gezici Mitsubishi Electric Research Laboratories, December 2006.
- [6] "IEEE P802.15.4a/D4 (Amendment of IEEE Std 802.15.4)", Part 15. 4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LRW-PANs), July 2006.
- [7] Chehri, A.; Fortier, P.; Tardif, P.M. UWB-based sensor networks for localization in mining environments. Hoc Netw. 2009, 7, 987–1000
- [8] Sedlacek, P.; Masek, P.; Slanina, M. An Overview of the IEEE 802. In 15.4z Standard and its Comparison to the Existing UWB Standards. In Proceedings of the 29th International Conference Radioelektronika, Pardubice, Czech Republic, 16–18 April 2019. [Google Scholar] [CrossRef]