

산업용 지게차 사고 예방을 위한 스마트 제어방식 도입에 따른 운용 비용 효율성 분석

염상훈 · 홍성웅*

청주대학교

An Analysis of Operating Cost Efficiency in the Introduction of Smart Control Methods to Prevent Industrial Forklift Accidents

Sang-hun Yeom · Sung-woong Hong*

Cheongju University

E-mail : yeom7823@cju.ac.kr / leoking@cju.ac.kr

요 약

물류 창고와 공장에서 다량의 화물을 운반하는 작업에 지게차가 빈번하게 쓰인다. 최근 산업 현장의 사고사망자 중 지게차로 인한 사고사망자가 가장 많았다. 지게차에 부딪히거나 끼이는 사고가 대다수를 차지한다. 지게차 사고를 방지하기 위해 다양한 안전장치가 적용되고 있다. 본 논문은 지게차의 운행에서 일어날 수 있는 산업 재해를 예방하기 위해 스마트 제어방식을 도입했을 때의 효율성을 분석한다. 스마트 제어방식은 초기 도입에 금액이 발생하지만, 정부 지원 사업으로 지원금을 확보한다면, 사업장의 부담을 덜게 된다. 스마트 제어방식을 도입했을 때 작업자와 지게차의 충돌 및 끼임 지게차 사고를 예방할 수 있다.

ABSTRACT

Forklift trucks are frequently used in logistics warehouses and factories to transport large amounts of cargo. Among the recent accidents at industrial sites, the number of accidents caused by forklifts was the highest. Most accidents are caused by being hit or caught by forklifts. Various safety devices are being applied to prevent forklift accidents. This paper analyzes the efficiency of introducing a smart control method to prevent industrial accidents that may occur in the operation of forklifts. The smart control method generates an amount of money for initial introduction, but if subsidies are secured through government-supported projects, the burden on the workplace will be reduced. When a smart control method is introduced, it is possible to prevent collisions between workers and forklifts and accidents of trapped forklifts.

키워드

Forklift, Smart Control, Industrial Disaster, UWB

I. 서 론

지게차는 사람이 운반하기 힘든 화물을 앞에 달린 유압에 의해 작동되는 두 개의 포크를 사용하여 지게와 비슷한 원리로 운반을 가능하게 해주는

건설기계다. 건설기계관리법상 건설기계로 분류되지만, 화물을 운반, 적재, 하역하는 기능에 초점이 맞춰진 장비이기 때문에 건설 현장보다는 공장이나 창고, 야적장과 같은 다수의 화물을 운반하고 처리하는 곳에서 자주 운행한다.

* corresponding author

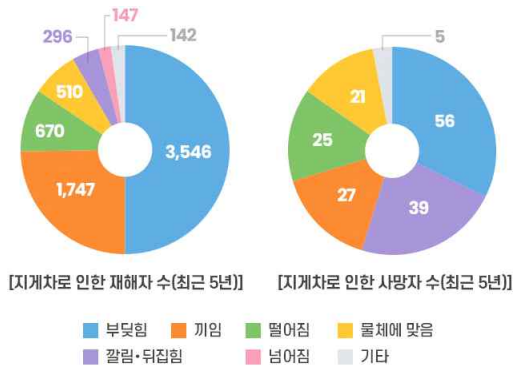


그림 1. 최근 5년간 국내 발생 지게차 사고 유형별 재해자 수^[1]

지게차의 구조상, 포크에 실은 적재물의 크기와 양에 따라 전방의 시야를 차단해 사람이나 사물을 잘 보지 못해 해마다 관련 사고들이 적잖게 발생한다. 2015년부터 2019년까지 지게차 사고로 인한 사망자 수는 총 173명이다. 지게차와 작업자가 부딪히는 사고가 32%를 차지했고, 16%가 지게차와 작업자가 끼이는 경우로 두 가지 형태의 사고가 전체 사고사망자의 절반을 차지했다.

이러한 지게차 사고를 예방하기 위해 적재물의 양과 크기를 줄여 시야를 충분히 확보하거나 지게차를 후진으로 주행하거나 신호수를 두는 방안이 있다. 하지만 법적 의무가 아닌 권고사항일 뿐, 빠른 속도로 작업을 요구하는 현장에 적용하기에는 한계점이 드러난다. 스마트 제어방식을 도입한다면 지게차 운행에서 발생할 수 있는 작업자와의 부딪힘 사고와 끼임 사고를 사전에 예방할 수 있다.

BLE, RFID, Wi-Fi 등의 무선 통신 기술을 이용하여 중장비와 작업자 간의 거리를 측정하고 거리에 따라 경고를 발생시켜 협착 사고를 방지하는 시스템이 건설현장 내 활발히 적용되고 있다. BLE 통신 외 여타 무선 통신 기술과 비교하여 UWB 통신 기반 거리 측정 기술은 정확성이 높으며 신호 간섭에도 강한 특성을 갖고 있어 최근 여러 산업분야에서 주목을 받고 있다[2].

II. 분석 대상

1. 스마트 제어방식

1.1 UWB 기술 개요

작업자와 지게차 간의 거리를 측정하는 방법에는 초광대역(Ultra-Wideband : UWB) 기술이 사용되었다. UWB 기술은 500MHz에 이르는 매우 넓은 주파수 대역폭(Bandwidth)을 이용하여 낮은 전

력으로 cm 단위의 정확한 위치 정보 및 대용량 정보를 빠르게 전송하는 무선 통신 기술이다. 미국 연방 통신 위원회(FCC)가 UWB 주파수(3.1 ~ 10.6GHz)를 민간에 개방하면서 최근 각광받고 있다. 국내에서는 2018년 10월 정부에서 승인되었다.

1.2 UWB 기술의 장점

UWB 기술은 초당 10억개의 짧은 전기 신호를 전송하여 실시간으로 위치 파악이 가능하다. Wi-fi(Wireless fidelity)와 BLE(Bluetooth Low Energy)는 신호의 강도(Signal Strength)에 의해 위치를 측정하지만 UWB 기술은 반응 시간 기반 거리 추정(Time of Flight : ToF), 전파 도달 시간 차이 기반 거리 추정(Time Difference of Arrival : TDoA)을 이용하여 상대적으로 정확한 위치 및 거리 측정이 가능하다. RFID는 UWB보다 위치 측위 정확도의 오차가 낮지만 수신 범위가 1m로 UWB의 수신범위는 최대 150m까지 수신할 수 있다. 벽이나 화물 등 장애물을 통과하여 신호 전송이 가능하므로 구조물의 복잡성에 영향을 거의 받지 않는다. 통신 간섭(Interference)이나 잡음(Noise)의 영향을 거의 받지 않기 때문에 신호 간섭으로 인한 오류를 방지할 수 있다.

표 1. 위치 측위 기술 정확도와 수신 범위 비교

구분	정확도	수신 범위
Wi-fi	< 15m	< 150m
BLE	< 10m	< 75m
UWB	< 30cm	< 150m
RFID	< 10cm	< 1m

1.3 스마트 제어방식 구성

지게차에는 UWB 센서와 Warning Alert Box를 설치한다. 작업자의 헬멧 혹은 벨트에 UWB Tag를 장착한다. 지게차와 작업자, 지게차와 지게차 간의 안전지대(지게차를 중심으로 1~100m)를 설정한다. 지게차에 작업자나 다른 지게차가 근접할 때 알람이 울리거나 자동 정지 기능이 있다. 지게차의 제한 속도 초과 시 알람 기능이 있다. 지게차의 근접 정도에 따라 별도의 조작 없이 지게차 자동 정지 기능이 있다.

III. 분석 과정

스마트 제어방식은 UWB 기술을 바탕으로 지게

차와 작업자 간의 거리에 따라 탐지 및 지게차 제동 정지 기능을 한다. 수동으로 제어할 경우, 사람의 반응 속도에 의존해야 한다. 근접 경보 시스템의 경우 지게차 운행 속도에 따른 단계별 즉 보행자 안전/주의/위험 거리 설정이 필요하며 현재 작업 현장 환경에 따른 안전거리 확보 설정은 어렵다. 예. 지게차가 6km/h로 움직일 경우 초당 1.67m를 이동하기 때문에 5미터 거리에서 멈춘 보행자와 3초 이내에 충돌할 수 있다. 국내 물류센터 내에서 제한 속도가 10km/h로 확인되어 최대 10km/h 달릴 경우 충돌에 걸리는 시간은 1.8초로 제동 반응할 시간이 매우 짧다.

IV. 분석 결과

스마트 제어방식의 설비를 도입하는 데 초기 비용은 약 2860만원의 비용이 발생한다. 산업재해보상보험을 가입하고 건설업을 제외한 근로자 50명 미만의 사업장에 지원 사업에 의해 지원금을 받게 된다면 소요금액의 70%인 최대 2천만원까지 지원 받을 수 있다. 이를 통해 약 860만원으로 스마트 제어방식의 설비를 사업장에 도입할 수 있다. 산업안전보건법 개정으로 2021년 1월 이후부터 지게차 충돌예방장치 설치 의무화 조치가 시행되었다. 또한 산업안전보건법 처벌 기준이 강화되어 최대 10년 6월 징역형까지 대법원 양형 기준이 강화되었다.

V. 결 론

스마트 제어방식을 도입했을 때, 초기 비용이 발생하지만, 최대 2천만원의 지원금액으로 사업장의 금전적 부담을 줄일 수 있다. 장기적으로 봤을 때 사고 예방 및 안전사고에 따른 비용을 절감하는 효과를 가진다.

기술적 기대효과에는 산업기계의 안전성 극대화 목적으로 범용 가능한 지게차 충돌 원천 방지 시스템은 지금까지 해결되지 못한 과제이다. 설비의 물리적인 시스템을 IT와 SW 기술을 통하여 안전성 강화는 승용차의 ABS 또는 AIRBAG 같은 당시 혁신 기술과 동일하다고 볼 수 있다. 본 기술 개발 성과 토대로 다중 산업기계의 충돌 방지 시스템 개발과 앞서 나가 태그가 아닌 스마트폰 근접 인식 시스템 개발의 원동력이 될 수 있게 기대할 수 있다.

산업적, 사회적 기대효과에는 산업 재해 사망사고는 국내외 모두의 사회적 헤드라인 이슈이며 지게차 관련 재해가 끊이지 않는 가운데 본 개발성과는 근본적인 대책으로 기대해 볼 수 있다. 안전한 운행 경로 확보와 제한 속도 준수, 하역·운반을 할 때는 현장과 관련 없는 근로자 출입을 금지하는 등 안전 수칙을 준수의 물리적 대책을 기대

해 볼 수 있다. 산업안전보건공단 발표(2020.4)에 따르면 대한민국 산업 재해 사망률이 OECD 회원국 중 1위를 기록하며 산업 재해로 인한 직간접 손실액은 약 22조원 규모로 심각성을 나타내며 기계 설비에서 기인한 사고 비율 1위를 차지하는 지게차 사고를 줄일 수 있는 기술로서 경제적 사회적 문제에 재편하는 역할을 기대할 수 있다.

Acknowledgement

이 논문은 중소기업기술정보진흥원이 지원한 '2022년도 구매조건부신제품개발사업'으로 지원을 받아 수행된 연구임. [과제명: 산업재해 예방을 위한 지게차 자동 충돌방지시스템 개발 / 과제고유번호: S3218624]

References

- [1] 한국산업안전보건공단 2019-교육홍보-552 : <https://www.kosha.or.kr/kosha/data/mediaBankMain.do>
- [2] 유우상, 현명해, 정재일. UWB를 활용한 건설 현장 내 안전관리 시스템에 관한 연구. 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 1110, 2022