JESK J Ergon Soc Korea 2018; 37(5): 575-589
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2018.37.5.575
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Study of an IoT-based Safety System for Agricultural Machine-related Traffic Accidents in Rural Area

Insoo Kim, Kyungran Kim, Hyo-Cher Kim, Min-Tae Seo, Minji Lee, Sooin Park, Myungsun Ko

National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju-si, 54875

IoT 기반의 농촌지역 농업기계 관련 교통사고 안전 시스템 설계에 관한 연구

김인수, 김경란, 김효철, 서민태, 이민지, 박수인, 고명선

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Corresponding Author
Kyungran Kim
National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration,
Jeonju-si, 54875
Mobile : +82-01-7196-0470
Email : kimgr@korea.kr

Received : July 25, 2018
Revised : August 05, 2018
Accepted : August 13, 2018

Copyright@2018 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

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.

Objective: This study proposed an IoT-based traffic safety management system appropriate for the environment as a whole and specifically roads in rural area.

Background: A recent increase in agricultural machine-related traffic accidents resulting from a rapid rise in motorized agricultural machines has become an important issue in rural societies. The mortality rate of agricultural-related traffic accidents is very high and such accidents incur loss of labor force and a lot of costs, and therefore measures to reduce such accidents are required.

Method: This study analyzed the types of agricultural machine-related traffic accidents aimed at designing an agricultural machine-related traffic safety system appropriate for topographic characteristics of rural areas, and presented an effective agricultural machine-related traffic accident prevention system using IoT technology.

Results: This study proposed a traffic safety maintenance system utilizing IoT technology to connect between terminals installed on agricultural machines and terminals for providing traffic information, and designed the structure of the system, its communication method, hardware and software, and user interface. Besides, this study presented a real-time monitoring system that senses agricultural machine-related machine accidents and makes it possible to rapidly cope with them.

Conclusion: The IoT-based traffic safety system for agricultural machines proposed by this study is expected to become an effective measure to prevent agricultural machine-related traffic accidents.

Application: The results of this study will be able to be utilized to construct a system to keep traffic safety via IoT-based agricultural machines.

Keywords: Internet of things, Agricultural machinery, Traffic accident, Safety system, Rural area

1. Introduction

농업기계 보급이 점차 확산됨에 따라 농업기계 사용에 대한 안전 확보는 중요한 문제로 부각되고 있다. 농업의 기계화는 생산성 향상과 농업인의 육체적 노동부담을 어느 정도 해결하였으나, 최근 농업인구의 급격한 고령화, 여성 농업인 및 귀농인의 증가, 농촌의 도농복합지역(Urban-rural complex area)의 확산 등으로 인하여 농업기계 관련 사고의 위험성이 더욱 높아졌다. 특히 농업기계 관련 교통사고는 매년 끊이지 않게 발생하여 농업인에게 막대한 인적·물적 피해를 초래하고 있다(Kim et al., 2011). 최근 5년간(2012~2016년) 농업기계 교통사고 현황조사 결과에 따르면 매년 400건 이상의 교통사고가 발행하였고, 모두 2,341건의 가운데 395명이 사망하여 연평균 치사률이 약 17%로 나타나 일반 차량 교통사고 치사율 2% 대비 8배 이상 높은 것으로 보고되어 농업기계 관련 교통사고 감소를 위한 안전대책 마련이 시급한 실정이다(KOROAD, 2016). 이와 같은 농기계 교통사고는 농업인뿐만 아니라 자동차 탑승자에게도 매우 위험한 것으로 나타나 주의 및 예방이 요구된다(Samsung Traffic Safety Research Institute, 2009).

우리나라의 농업기계 보유대수를 살펴보면, 2010년 132만여대에서 현재 2016년 114만여대로 조사되어 전반적으로 감소추세를 보이고 있다. 경운기와 같은 소형·보행형 기종의 경우 69만여대에서 58만여대로 감소한 반면에 트랙터와 같은 대형·승용형 기종은 26만여대에서 28만여대로 증가한 것으로 조사되었다(MAFRA, 2017). 이와 같이 농업기계 보유대수가 감소추세를 보이고 있음에도 불구하고 농업기계 관련 교통사고 발생 건수가 감소하지 않는 이유는 여전히 높은 보유율을 보이는 경운기 사용과 농촌인력 부족 및 고령화로 인해 작업능력이 높은 트랙터 등의 주행형 농업기계 사용증가로 인해 전복사고 및 일반 차량과 추돌·충돌사고로 이어질 확률이 높은 것으로 판단된다. 또한 농업기계 기종별 100대당 교통사고 발생 건수 보면 트랙터 0.19건, 경운기 0.18건, 이앙기 0.01건, 콤바인 0.01건 등의 순으로 나타났다(RDA, 2013). 그리고 도로 주행 시 발생하는 농업기계 관련 교통사고 유형은 차량과 농업기계 간의 사고가 66%로 가장 높으며, 농업기계 단독사고 28%, 농업기계와 사람과의 사고가 6% 등으로 조사되었다.

일반적으로 교통사고는 운전자의 인적요소, 차량요소, 도로요소, 환경요소가 복합적으로 작용하기 때문에 정확한 원인을 밝히는 것은 어려움이 있으나 대부분의 농기계 사고는 인적요인에 의하여 발생하는 것으로 나타났다(Kim et al., 2014a). 농촌지역 도로를 주행하는 일반 차량 운전자의 경우에는 과속 또는 전방 주시 태만, 잘못된 판단, 농업기계 운행자의 경우는 교통법규 미준수 등이 주요 사고의 원인이다. 그 밖에 환경적 요인으로 농촌의 지형적 특성상 시야 확보가 어려운 교통안전 사각지역(예: 언덕길, 커브길, 교차로, 주변의 장애물 등) 등의 농촌의 도로와 농업기계의 방향 지시등 및 야간 반사장치 미부착 등이 사고요인으로 나타났다(Lee et al., 2003). Dimitrovski (2013)과 Choi et al. (2017)의 연구에서는 도농복합지역에서의 도로를 저속 주행 농업기계에 대한 낮은 시인성과 더불어 도로안전시설물, 교통표지판, 노면표시 등이 도시 기준으로 적용되어 농촌의 특성에 적합하지 못한 교통 시스템 설치도 농업기계 교통사고 원인으로 보고하였다(Kim and Hwang, 2017). 그리고 농업기계 단독사고의 경우에는 논밭이나 농로, 도로 진입 및 출입 시에 발생하는 사고가 50%를 보였고, 이 가운데 전도와 추락사고가 60%를 차지하였다. 사고 원인으로는 운전자 부주의, 운전미숙 등의 인적요인에 의한 사고가 대부분인 것으로 나타났다(RDA, 2013). 최근 농촌의 경우 노동인력 감소로 인해 혼자서 영농작업을 하는 사례가 늘어나고, 대부분의 농작업 시간도 이른 아침부터 밤늦게까지 진행되는 경우가 많아 농업기계 단독 교통사고 발생 시에 주위 사람에게 쉽게 발견되지 못하는 등 신속한 응급구조 지체로 인해 사망사고 등 중대재해로 이어지는 실정이다. 이와 같이 농업기계 교통사고는 사고 발생 시에 제3자에게 발견되기 어려운 상황이 전개되는 경우 있어 안전조치가 취약한 농촌에 적합한 교통사고 안전 시스템에 대한 구축이 요구된다(Kim et al., 2016). 이에 따라 농업기계 교통사고 예방과 더불어 교통사고 발생 시에 사고 상황에 따른 적절하고 신속한 응급조치가 이루어질 수 있는 정보전달 시스템 구축도 중요한 문제이다.

최근 도심 및 공공 도로를 중심으로 사물인터넷(Internet of things, IoT) 기술을 활용한 교통정보 및 안전 관련 시스템 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있으며, 충돌·추돌 교통사고 예방 및 보행자 안전, 효율적 교통 시스템 관리 등 다양한 서비스가 제공되고 있다. 그러나 농촌지역에서 농업기계 관련 교통사고의 심각성에도 불구하고 사고 예방을 위한 IoT 기술 융합을 통한 교통안전 시스템에 대한 연구 개발은 상대적으로 미흡한 현실이다. 이에 본 연구에서는 농촌지역에서 농업기계 교통사고 예방 및 안전을 위하여 새로운 안전 시스템을 제안하였다. 이를 위해 도심 및 공공 도로에는 IoT 기술을 활용 교통안전 서비스를 검토하고, 농촌지역 도로의 지형적 및 통신 등의 인프라를 고려하여 농촌지역 도로 환경에 적합한 IoT 기반의 농업기계 교통안전 관리 시스템 모델을 제시하고, 시스템 구축을 위한 주요 구성요인에 대한 기술을 설계하였다.

2. IoT and Rural Environment

IoT (Internet of Things)는 차세대 기술로 주목 받고 있으며 새로운 패러다임을 제공하고 있다(Widyantara and Sastra, 2015; Lu et al., 2015). IoT는 인간, 사물, 장치, 비즈니스, 서비스 네트워킹 등의 객체를 인터넷 기술을 통해 M2M (Machine to Machine) 간의 상호간 자율적으로 정보처리 협력 관계를 형성할 수 있는 수 있는 기술이다(Chen, 2014; Kim et al., 2014b). 최근 IoT 관련 연구 동향을 보면, 다양한 장치들 간의 호환성 및 연결 기술, 감지센서 및 센싱 기술, 빅데이터(Big Data) 활용 기술이 주를 이루고 있고(Joo and Na, 2015), 다양한 정보 기술과 접목시켜 지능형 첨단 기술로 발전하고 있다. 교통정보 및 안전 관련 시스템에서의 IoT 기술 활용도 빠른 속도로 성장하고 있으며, 이를 활용한 교통 시스템에 대한 연구 개발은 더욱 활발하게 진행되고 있다(Perumalla and Babu, 2013; Wang and Qi, 2012). 교통 분야에서는 협력 지능형 교통 시스템(Cooperative intelligent Transport system, C-ITS), 텔레매틱스(Telematics) 등이 IoT 활성화에 따라 새롭게 주목을 받고 있으며, 운전자와 차량 그리고 도로 사이의 연관성을 높임으로써 교통안전성과 사용자 편의성 향상에 도움을 주고 있다(Orey et al., 2014; Billot et al., 2014). 그 예로 차선 이탈 방지, 주행 중에 충돌 경보 및 회피 시스템(Yoo and Son, 2012), 차량과 차량, 차량과 도로 주변 인프라 등과의 통신을 통해 정보교환(Richard and Wagner, 2013), 다양한 교통정보를 자동으로 인식하여 운전자에게 적시에 정확하게 전달함으로써 운전의 안전성과 효율성을 높이는 방법 등의 연구가 있었다(Im and Kim, 2017; Orey et al., 2014). 기존의 교통안전 시스템 관련 IoT 적용 기술을 살펴보면, RFID (Radio Frequency Identification) 기술을 이용하여 차량과 교통신호 제어기(Traffic light control) 간의 효율적 교통신호 관리 시스템(Choosri et al., 2015), 횡단보도의 보행자와 차량 간의 사고 예방을 위해 카메라 녹화 영상분석 처리를 활용한 사고 예방 시스템(An et al., 2016), 긴급 차량(Emergency vehicle)의 신속한 운행을 위한 IoT Board 및 GPS (Global positioning system) 모듈을 활용한 도시교통 관리 모니터링 시스템(Perumalla and Babu, 2013), 그 밖에 센서 및 영상처리 기술을 활용하여 차량과 차량, 차량과 도로 주변 인프라 등 다양한 정보를 교환 및 공유를 가능한 WAVE (Wireless access in vehicular environment) 등의 연구가 수행되었다(Richard and Wagner, 2013).

기존의 교통안전 관련 연구에 비추어 볼 때, 농촌의 도로 상황에 기존의 도심 및 공공 도로에 활용된 IoT 기술은 그대로 적용하기에는 제한적일 수 있을 것으로 보인다. 농촌지역의 경우 정보통신망 등의 인프라가 열악하며, 농업기계(예: 경운기, 트랙터)의 경우 일반 차량과 달리 정보수집 및 전달장치가 구비되어 있지 않은 것이 대부분이고, 이에 대한 설치가 용이하지 않은 것이 현실이다. 또한 농촌지역 도로 환경은 대부분 농지를 중심으로 형성되었기 때문에 일반 도로와 달리 곡선 또는 언덕 구간이 많고, 도로 주변에 있는 풀, 나무, 각종 작물 등에 의해 운전자의 시야 확보가 어려운 상황 등의 교통안전 사각지역이 많이 존재한다. 이로 인해 주행 중인 농업기계가 가려질 수 있어 주변에 주행 중인 일반 차량의 운전자가 농업기계를 쉽게 인식하지 못할 가능성이 매우 높다. 농업기계는 특성상 주행 가능한 속도가 일반 차량에 비하여 현저하게 떨어지므로 주행하는 일반 차량이 전방의 농업기계와 추돌하는 경우가 발생하게 된다. 이때 차량 운전자가 전방에 대한 시야 확보가 어렵고, 저속 주행 중인 농업기계를 미처 인지하기 어려운 농촌 도로 환경이 주요 사고의 원인으로 분석되었다. Table 1은 대표적인 농업기계 교통사고 사례 및 이에 대한 사고 원인을 보여준다. 농촌 도로에서 주로 발생되는 농업기계 관련 교통사고는 경운기, 트랙터, 콤바인 등이 트럭, 승용차, 오토바이 등과 발생하는 추돌 및 충돌사고이다. 예를 들면, 주차 및 정차되어 있거나 저속으로 주행 중인 농업기계를 차량 운전자가 안전거리 내에서 발견하지 못해 발생하는 추돌사고 또는 곡선 도로, 차로 진입로, 교차로 등에서 차량 운전자 전방시야 미확보, 과속 및 운전 부주의로 인한 충돌사고가 대표적 사례이다.

따라서 기존의 IoT 기술 적용을 위해서는 농촌지역 도로의 특성, 교통사고 유형, 정보통신 인프라 등을 고려한 설계가 요구된다고 볼

Table 1. Cases of major traffic accidents between agricultural machines and vehicles (RDA, 2005; RDA, 2012; RDA, 2016)

Circumstances of accidents	Objects		Causes of accidents
	Agricultural machine	Vehicle	
Collision between a driving vehicle and an agricultural machine parked or stopped near the farm road or the load in the evening	Cultivator Tractor Combine Agricultural vehicle	Truck	A vehicle driver's speeding and carelessness and an agricultural machine not equipped with the lighting system

Table 1. Cases of major traffic accidents between agricultural machines and vehicles (RDA, 2005; RDA, 2012; RDA, 2016) (Continued)

Circumstances of accidents	Objects		Causes of accidents
	Agricultural machine	Vehicle	
Rear-end collision between an agricultural machine that was quickly turning and stopping and a driving vehicle	Cultivator Tractor	Truck Car motorcycle	An agricultural machine driver's failure to operate an indicator or tail light and a vehicle driver's difficulty with forward prediction
Rear-end collision between an agricultural machine driven at a low speed and a driving vehicle on the hill or road curve	Cultivator Tractor	Truck Car	A vehicle driver's speeding and carelessness and failure to see the field of view ahead on the hill and curved road
Collision between an agricultural machine while entering into the road from the farm road and a driving vehicle	Cultivator Tractor	Car	Both an agricultural machine driver's and vehicle driver's failure to see the field of view ahead
Collision between an agricultural machine turning left and right and a vehicle going straight at the crossroad	Cultivator Tractor	Truck Car motorcycle	A vehicle driver's careless response to low-speed agricultural machine entering the road
Head-on collision between an agricultural machine running on the narrow road curve and a vehicle on the opposite side	Cultivator	Truck Car	Failure to see the field of view ahead due to an obstacle

수 있다. 농업기계 관련 교통사고 사례 등을 고려할 때 교통안전사각지역을 주행 차량 운전자에게 농업기계 주행정보를 교통정보 안내 전광표시에 표출하여 안전거리 유지 및 시야 확보가 어려운 상황에서 즉각적으로 주의 운전을 유도하여 충돌·추돌 사고를 예방할 수 있고, 농업기계 사고 발생 시에는 센서 기술을 이용하여 실시간 사고를 감지하여 신속하게 전달함으로써 중대사고를 저감할 수 있는 시스템 구축은 효율적 방안이 될 것이다. 이를 위해서는 농업기계와 교통정보 안내표시 단말기간의 근거리 무선통신 기술, 정보교환 및 정보표현 기술, 사고감지센서 기술, 유무선인터넷 기술, 모니터링 기술 등 다양한 기술이 활용될 수 있을 것이다.

3. Proposed System

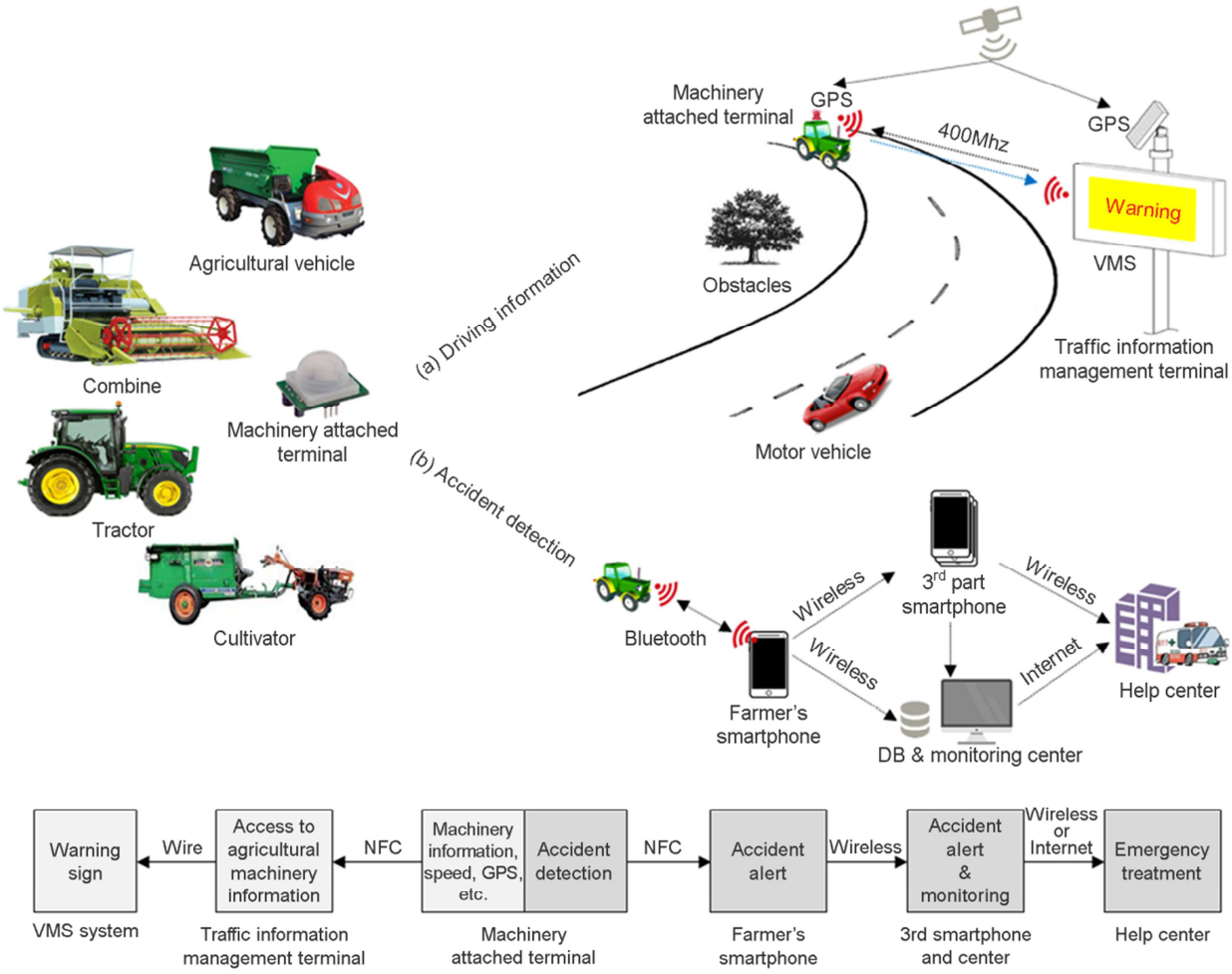
본 연구에서 제안하는 시스템은 농촌의 도로에서의 농업기계와 상대 차량과의 추돌·충돌 등의 사고 예방 시스템과 농업기계 사고 발생 시에 신속한 긴급조치가 가능한 모니터링 시스템에 관한 것이다. 전자의 경우는 농업기계 교통사고가 빈번하게 발생되는 교통안전 사각지역에서 농업기계 부착형 단말기(Machinery attached terminal)와 교통정보 안내 단말기(Traffic information management terminal) 간의 IoT 기반의 시스템이고, 후자는 농업기계 사고(예: 전복, 추락, 추돌·충돌)가 발생할 경우 사고감지센서를 이용하여 사고로 판단되면 제3자 또는 관련 기관에 신속한 사고조치가 가능하도록 사고 관련 정보를 전달하는 것이다.

농업기계 교통사고 예방 시스템은 농업기계에 부착한 단말기와 교통안전 사각지역 등의 지정된 위치에 설치되는 교통정보 안내 단말기 사이의 정보교환 및 정보표현 기술이다. 농촌지역의 도로를 지나는 차량 운전자에게 전방 도로에서 주행 중인 농업기계에 대한 출현정보를 시각적으로 전달하여 차량 운전자로 하여금 주의 및 감속 등의 안전운행을 유도할 수 있다. 또한 농업기계 사고감지 시스템은 농업기계 부착형 단말기 내의 사고감지센서를 통해 농업기계 사고가 발생할 경우 이를 감지하고, 사고로 판단되면 농업기계 운행자의 스마트폰에 사고정보를 전달하고, 응급 상황으로 판단되면 실시간으로 운행자의 스마트폰 어플리케이션을 통해 사고 관련 정보를 제3자(예: 보호자, 마을이장 등) 및 DB & 모니터링 센터, 관련 기관(예: 119 안전센터, 농업인건강안전정보센터 등)까지 사고정보를 전송하여 신속한 사고조치가 가능하게 하는 것이다.

Figure 1은 농업기계 교통안전 시스템의 전반적 구성도를 보여준다. 시스템의 주요 구성은 농업기계 부착형 단말기, 교통정보 안내 단말기, 사용자 스마트폰 어플리케이션, DB & 모니터링 센터이다. 여기서 농업기계 부착형 단말기는 농업기계 종류 및 사용자 정보, 주행속도 정보, 사고감지·판단 등의 기능을 수행한다. 교통정보 안내 단말기는 접근하는 농업기계에 대한 정보를 수신하고, 수신된 정보를 시각적 정보표현(예: LED 문자 및 도형, 경광등 등)을 이용하여 상대방 차량 운전자에게 전방 도로교통 상황을 전달한다. 그리고 사용자 스마트폰 어플리케이션은 농업기계 운행자용과 제3자용으로 설계된다. 농업기계 운행자용은 농업기계 부착형 단말기로부터 사고정보를 수신하고, 응급 상황으로 판단될 경우에 제3자용 스마트폰과 DB & 모티터링 센터에 정보를 전달한다. 제3자용 스마트폰 어플리케이션은 관련 기관에 사고정보를 전달 및 조치가 가능하도록 설계하였다. 그리고 DB & 모니터링 센터에서는 다수의 농업기계 교통사고정보를 동시에 모니터링 할 수 있으며, 관련 정보는 DB에 저장하여 사고분석 등의 자료로 활용될 수 있다. 또한 사고 이후 조치 등의 상황 등의 기술적 통계 상황을 확인할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 제시된 농업기계 교통안전 시스템의 주요 역할은 다음과 같다.

첫째, 지정된 도로에 설치된 교통정보 안내 단말기는 농업기계가 근접할 경우 농업기계 부착형 단말기로부터 농업기계 운행정보(예: 농업기계 종류, 운행속도, GPS 정보 등)를 수신 받는다. 이때 교통정보 안내 단말기는 근거리에 접근하는 농업기계를 인지하고, 농업기



(a) A Guidance and information system for approaching agricultural machines (b) An emergency monitoring system

Figure 1. The models of an IoT-based traffic safety system for agricultural machines

계 ID 체크, 주행속도 및 위치를 분석한 후에 LED 전광표지(Variable message sign, VMS) 및 경광을 실행하여 반대편 차선을 주행 중인 차량 운전자에게 농업기계 접근에 따른 사고주의 등의 정보를 전달한다.

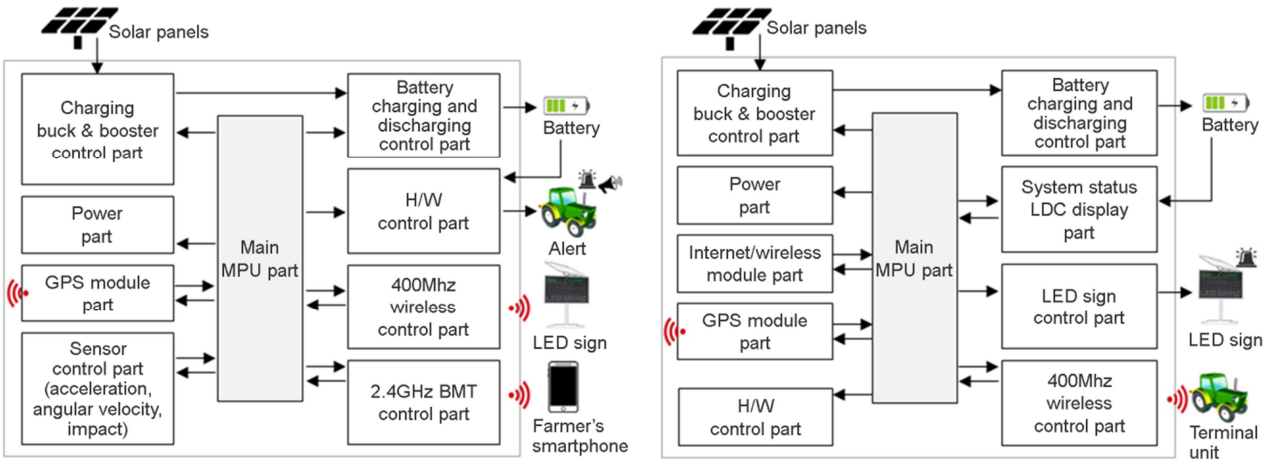
둘째, 농업기계의 전복, 추락, 충돌·추돌 사고가 발생할 경우, 농업기계 부착형 단말기 내에 포함하고 있는 감지센서(예: 각속도, 가속도)로부터 수집된 데이터를 분석하여 사고로 판단될 경우 우선적으로 농업기계 운행자의 스마트폰 어플리케이션에 사고 발생신호를 전달한다. 이때 농업기계 운전자의 스마트폰에 설치된 어플리케이션에 수 초 동안 확인 반응 없을 경우 응급 상황 판단하고, 제3자 및 DB & 모니터링 센터로 자동으로 사고정보(예: 사고자, 사고위치, 발생시간 등)을 전송한다.

셋째, DB & 모니터링 센터는 다수의 농업기계 운행자의 교통사고 발생 현황, GPS 정보를 이용한 사고분포 지역 등을 종합적으로 모니터링 할 수 있다. 또한 사고정보 및 사고 발생 이후에 사고조치 등의 정보를 수신 받고, 사고 통계 및 사고 원인 등의 분석에 활용할 수 있도록 한다.

4. System Design and Implementation

4.1 System design

본 연구에서는 농업기계 교통안전 정보 시스템 구축을 위해 농업기계 부착용 단말기 시스템(Machinery attached terminal system)과 교통정보 안내 단말기 시스템(Traffic information management terminal system)을 설계하였다. 농업기계 부착형 단말기는 농업기계의 운행정보를 교통정보 안내 단말기 시스템에 전달하고, 농업기계 사고 발생 시의 사고정보를 농업기계 운행자의 스마트폰에 전달하도록 구성되었다. 교통정보 안내 단말기는 농업기계 부착용 단말기로 농업기계 정보를 수신하고, 수신된 정보를 분석하여 상대방 차량 운전자에게 전방에서 접근하는 농업기계 관련 정보를 전달한다. Figure 2는 농업기계 부착용 단말기 시스템과 교통정보 안내 단말기 시스템의 Block diagram을 보여준다.



(a) Agricultural machinery attachment terminal system (b) Traffic information management terminal system

Figure 2. System block diagram

농업기계 부착형 단말기 시스템(Figure 2 (a))은 GPS 수신 및 사고감지센서로부터 측정된 데이터를 분석하고, 통신모듈을 제어하는 등의 상황을 판단하는 Main MPU (Micro processor unit), 교통정보 안내 단말기와의 400Mhz 무선통신 및 농업기계 운행자의 스마트폰과 사이에 데이터를 송수신하는 2.4GHz Bluetooth 무선통신 모듈, 농업기계 사고를 감지하는 감지센서부, 농업기계가 교통정보 안내 단말

기에 근접하거나 야간 운행 시, 또는 사고 발생 시에 신호(예: 경광등, 경고음)를 출력하는 알림구동부, 농업기계 위치정보를 수신하는 GPS 수신부, 그 밖에 태양광 충전 및 방전을 위한 전원관리부 등으로 구성될 수 있다. 여기서 GPS 수신정보는 농업기계의 위치 및 주행속도를 측정하고, 교통정보 안내 단말기 사이의 거리정보를 산출하는데 활용될 수 있다. 그리고 가속도 및 각속도 센서로부터 측정된 데이터는 사고를 판단하는데 사용된다. 태양광 시스템은 농업기계 부착형 단말기의 전원공급에 있어 농업기계 자체의 전원공급이 어려운 상황에서 이용될 수 있도록 하였고, 농업기계에서 자체 전원공급이 가능한 경우에는 농업기계의 자체 전원을 사용할 수 있도록 하였다.

교통정보 안내 단말기 시스템(Figure 2 (b))은 농업기계 접근정보를 표현하고 관리하는 Main MPU, 농업기계 정보를 송수신하는 400Mhz 무선통신부, 그리고 농업기계 부착형 단말기로부터 수신 받은 정보를 표현하는 정보표시부 등으로 구성된다. 표시장치(LED 전광표지)는 농업기계가 접근하면 농업기계에 부착된 단말기로부터 수신된 정보를 상대편 차량 운전자에게 농업기계 출현 및 접근거리, 농기계 주행속도 등의 정보를 시각적으로 출력한다. 전원의 경우 지속적이고 안정적인 전원공급을 위하여 태양광 시스템을 적용하였고, 이는 충전 및 방전기능이 포함된다. 추가적으로 교통정보 안내 단말기에 외부망(예: 3G 또는 LTE 등) 통신모듈이 설계되어 외부망을 통해 농업기계 주행횟수 및 종류 등의 정보를 DB 센터로 전송할 수 있고, 지역 날씨 및 다양한 교통정보를 수신 받아 이를 표시장치를 통해 전달할 수도 있다.

Figure 3은 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기는 사이는 정보처리 및 시스템 운용 프로세스를 보여준다. 두 장치가 400Mhz 근거리 무선통신 범위 내에 있을 경우 자동적으로 서로를 인식하고, 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기 사이 정보를 송수신하게 된다. 이때 농업기계 부착형 단말기에 부착된 경광등은 자동으로 커지게 되고, 교통정보 안내 단말기는 접근 중인 농업기계 관련 정보를 LED 전광표지에 출력하게 된다. 그리고 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기 간의 거리가 멀어져서 근거리 통신이 끊이게 될 경우 자동적으로 시스템은 종료된다.

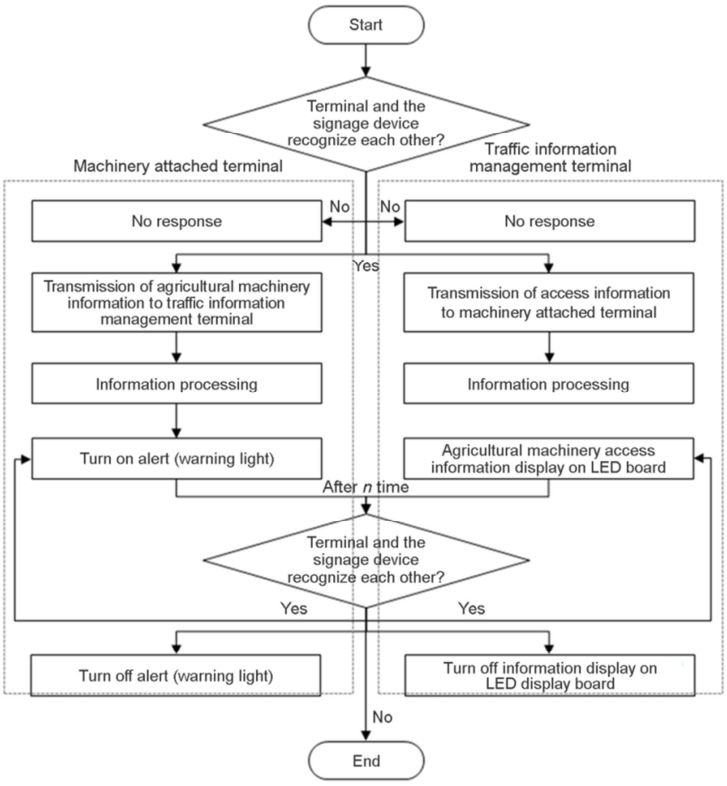


Figure 3. The operational flow chart for information transfer between machinery attached terminal and traffic information management terminal systems

농업기계 사고감지 판단은 농업기계 부착 단말기 내의 감지센서로부터 수집되는 가속도를 이용하여 농업기계의 사고 상황을 검지하도록 설계하였다. 가속도와 각속도의 충격량이 클수록 위험도가 높은 형태의 위험 운전 상황을 나타내고(Jeong et al., 2012), 또한 기울기 측정값은 가속도 신호 값은 통해 움직임 벡터의 방향성을 파악할 수 있다(Park, 2014). 기존의 연구에서 실험을 통해 교통사고가 발생 시에 급제동과 사고를 구분하기 위하여 순간 최대 가속도가 최소인 임계값을 산출하여 그 이상의 값을 사고로 판단하였다(Lee et al., 2016; Mon, 2005). 이에 본 연구에서는 이러한 가속도 특성을 이용하여 미리 설정된 충격량과 기울기의 임계값을 활용할 수 있도록 설계하였다. 이때 설정된 임계값 이상의 값을 나타내면 사고 패턴으로 판단하고, 사고자 정보, 사고 발생시간, 사고위치 등의 정보를 Bluetooth 무선통신을 통해 농업기계 운행자의 스마트폰으로 전송한다. 그리고 사고정보 전달 오류를 최소화 하고 정확한 사고 상황을 확인하기 위해 농업기계 운행자의 스마트폰 어플리케이션에 사고상태 확인 알림 메시지를 호출하도록 하였다. 농업기계 운행자가 사고 확인 신호가 호출되었음에도 불구하고 수 초간 메시지 확인 절차를 수행하지 않을 경우에 응급 상황으로 판단하고, 제3자 및 DB & 모니터링 센터로 자동으로 사고자 정보 및 위치정보를 전달하도록 설계하였다. 제3자 또는 DB & 모니터링 센터의 관리자는 농업기계 운행자에게 연락을 취할 수 있고, 상황에 따라 응급센터 등에 신속한 조치를 취할 수 있도록 하였다. Figure 4는 농업기계 교통사고 판단 및 응급조치 흐름도를 보여준다.

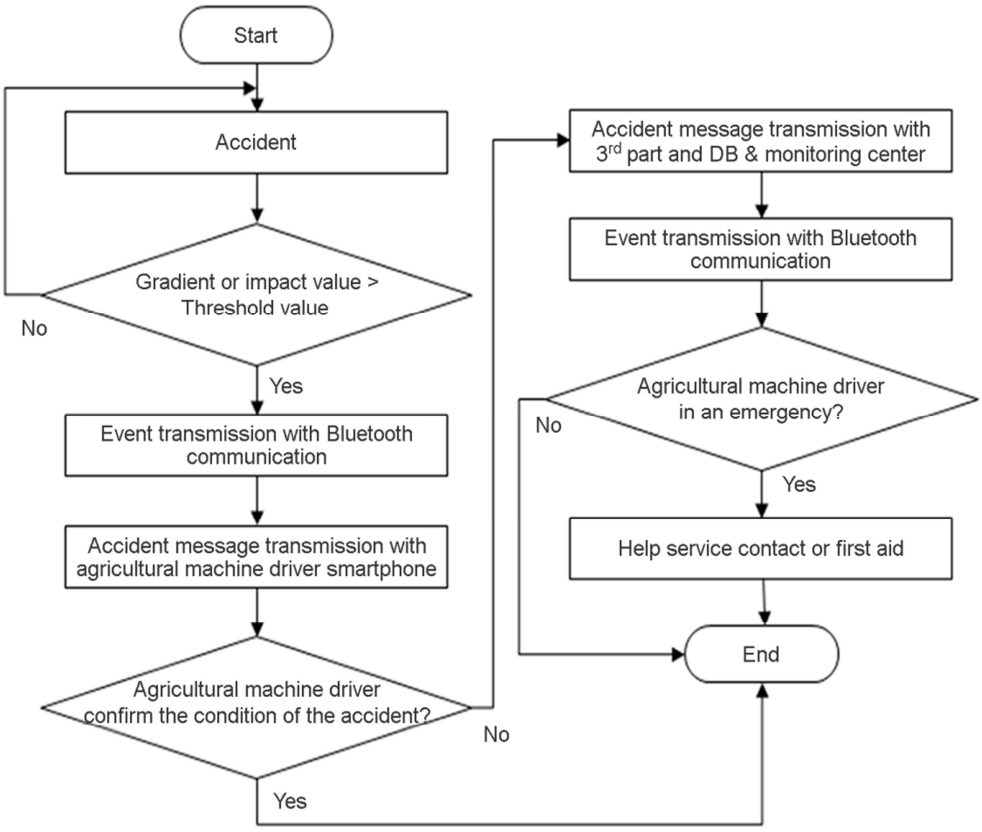
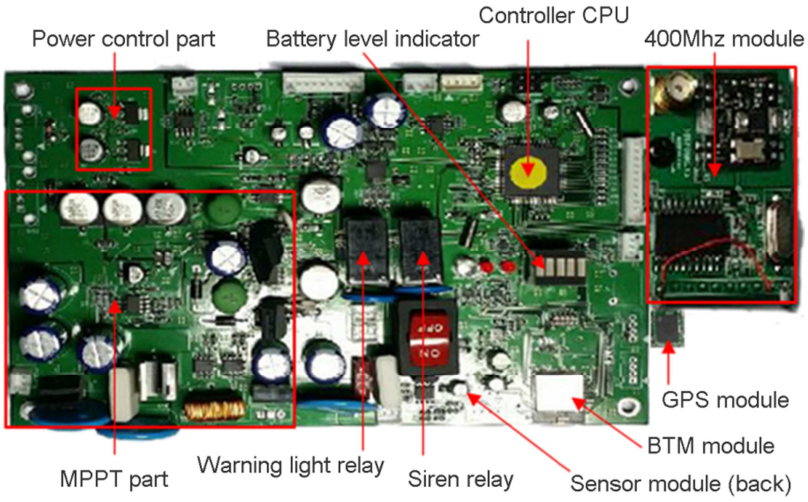


Figure 4. Agricultural machinery traffic accident and situation transmission flow

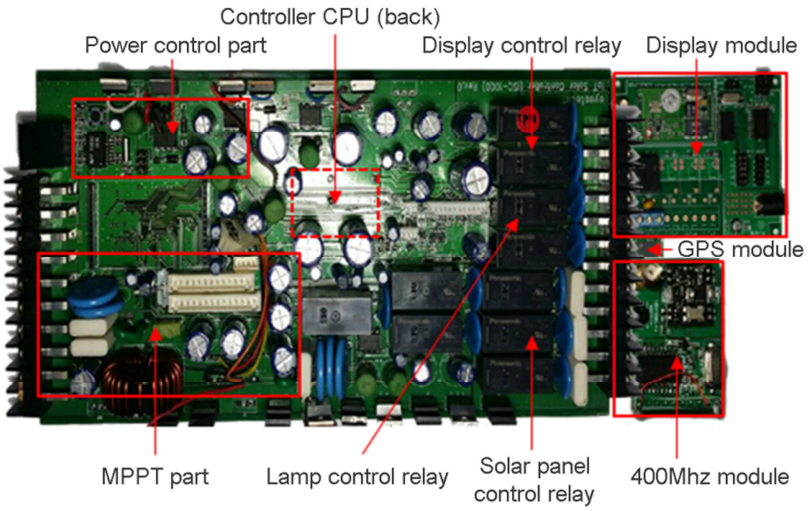
4.2 Hardware design

농업기계 부착형 단말기는 Figure 5와 같이 본체 내에 PCB (Printed circuit board)가 장착된다. 본체 케이스는 가로 100mm × 세로 170mm × 두께 60mm로 농업기계에 장착하기 적합한 형태로 제작하였다. Main MPU는 32 bit ARM Core, ATSAM4S2B를 사용하여 시스템을 제어하고, 내부의 메모리는 128Kb RAM과 128Kb Flash Memory를 탑재하였다. 사고감지를 위한 센서는 충격 및 기울기를 감지

하기 위해 3축 가속도와 3축 자이로 센서를 적용하였다. GPS Chipset은 MediaTec MT-3337로 수신기 감도 -143dBm, 위치 2.5 - 3m로 소모전류는 14.0mA를 사용하였다. 교통정보 안내 단말기 간의 통신은 400Mhz 무선 송수신모듈은 SilliconLabs SI4464로 통신 범위는 100m이며 기본 전송속도는 115Kbps이고, 농업기계 운행자의 스마트폰과의 무선통신은 SilliconLabs의 BGM11 2.4Ghz Bluetooth 모듈을 사용하였다. 그리고 태양광 발전장치는 최대전압이 9.0V, 최대전류 0.77A, 패널의 크기는 가로 100mm × 세로 47mm × 두께 47mm이고, Battery는 축전지 방식으로 용량이 24Ah, 정격전압 6.0V, 전격전류 1.0A를 사용하였다.



(a) Machinery attracted terminal system



(b) Traffic information management terminal

Figure 5. PCB board prototype

교통정보 안내 단말기 시스템의 구성은 제어부, 메모리부, GPS, 통신모듈, 표시부, 전원부로 구성된다. Main MPU는 32bit ARM Core ATSAML22N18A를 사용하여 시스템을 제어하고, 내부의 메모리는 128Kb RAM과 128Kb Flash Memory를 탑재하였다. LED 장치는 Pixel Pitch는 15mm, 256 Dots (16 × 16), 2개 색상을 지원하며 5단 1열로 구성되었고, LED 표지면의 크기는 가로 1440 mm × 세로 240mm

이다. LED 전광표지(Variable message sign, VMS)에 표출되는 글자크기는 너비 240mm × 높이 240mm로 주간·야간 100m 거리 이상에서 판독할 수 있는 200mm 메시지 문자높이 이상으로 설계하였다(MOLIT, 2010). 그리고 메시지 글자 속성은 쉽고 빠르게 인지할 수 있는 굴림체를 사용하였다(Kim et al., 2009). 전광표지에 표출되는 정보표현은 1라인에 비점멸식으로 메시지 전환방법은 나타내기 방식과 밀어내기(Scroll) 방식을 선택 적용할 수 있다. 메시지 전환방법의 경우 나타내기 방식의 경우 휴지시간을 0초 혹은 0.5초로 설정할 수 있도록 하였고(Yeon et al., 2008), 밀어내기 방식의 경우 스크롤되는 속도를 조절이 가능하도록 설계하였다.

태양광 발전장치는 최대전압이 21.5V, 최대전류 8.57A이고, 패널의 크기는 가로 340mm × 세로 250mm × 두께 50mm이고, 2개의 패널을 이용하여 충전한다. 따라서 최대전류는 15A이다. 배터리는 축전지 방식으로 12V, 100Ah 배터리를 4개를 사용하였고, 정격전압은 12V, 정격전류 100A를 적용하였다. 그 밖에 GPS Chipset, 400Mhz 무선 송수신모듈은 농업기계 부착 단말기와 동일하게 설계하였다.

Figure 6은 본 연구에서 구현된 농업기계 부착형 단말기(Figure 6 (a))와 교통정보 안내 단말기(Figure 6 (b))를 보여준다. 농기계 부착형 단말기는 단말기 본체와 시각 및 청각 신호장치, 그리고 태양광 시스템으로 설계되었고, 교통정보 안내 단말기 시스템은 단말기 본체, LED 표시, 등주등의 기구물 및 가로등, 그리고 태양광 시스템으로 구성하였다.

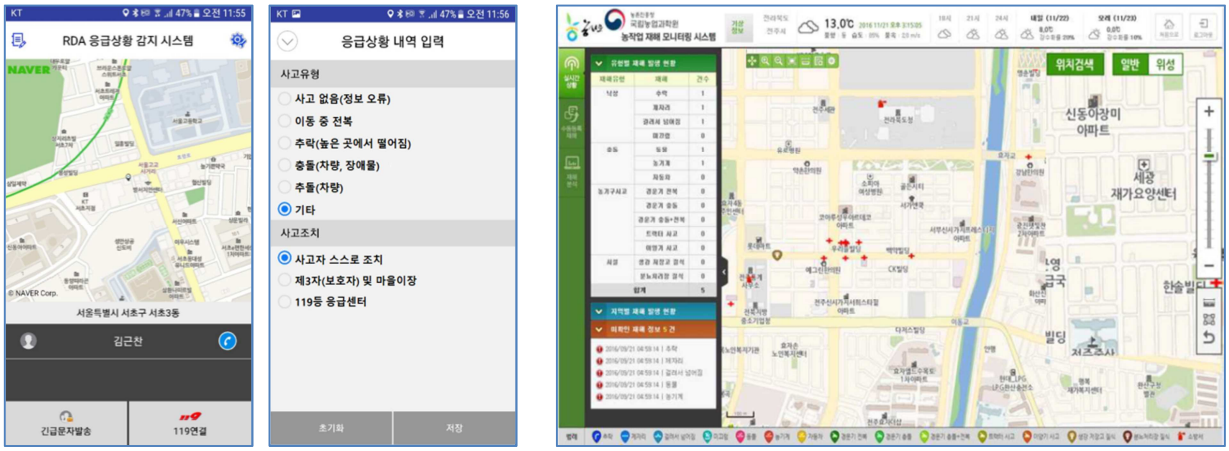
(a) Machinery attracted terminal (b) Traffic information management terminal

Figure 6. Implemented system

4.3 Application system's UI design

사용자 인터페이스 기술은 사용자와 시스템 사이의 인터렉션과 관련된 하드웨어에 및 소프트웨어 대한 설계이다. 본 연구에서 하드웨어 측면은 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기이다. 농업기계 부착형 단말기의 경우에는 교통안전사각지역 접근 시 또는 야간 주행 시에 주행 중인 차량 운전자에게 즉각적인 주의를 전달하기 위하여 시각적(Visual) 신호로 경광등을 활용하였고, 농업기계 사고 등의 위험상태의 경우 경광등과 더불어 사이렌(Siren) 청각적(Auditory) 신호를 동시에 적용하도록 설계하였다. 농업기계 부착형 단말기의 시스템 작동방법은 프로그램에 따라 제어되는 자동모드 방식과 사용자가 On/Off 제어할 수 있는 수동모드 스위치가 제공하였다. 교통정보 안내 단말기의 경우에는 자동으로 제어가 되며, LED 전광표지에 미리 프로그램된 문자 및 그림 문자가 출력된다. 출력되는 메시지는 2가지 색상으로 표현이 가능하고, 깜박(Flicker lights)이는 효과 제어가 가능하다. 교통정보 안내 단말기에 포함되어 있는 경광등은 보다 높은 주의 및 위험에 대한 신호전달을 위해 사용될 수 있다. 그리고 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기의 태양광 충전상태, 배터리 용량상태, GPS 수신상태, 무선통신상태 등의 동작상태는 LED로 표시된다. 본 연구에서 소프트웨어 사용자 인터페이스 부분은 스마트폰 어플리케이션과 모니터링 PC이다. 스마트폰 어플리케이션은 사고 발생 시 신속한 조치를 위한 것으로 농업기계 운행자용(피보호자)와 제3자용으로 설계하였다. 스마트폰 어플리케이션 UI는 농업기계 운행자의 경우 사고정보 수신 및 사고 확인, 긴급 연락처 등록(제3자), 메시지 발송, 응급센터 연락, 사고조치 입력 등의 기능이 제공된다. 농업기계 부착형 단말기로부터 사고 발생 시에 농업기계 운행자에게 즉각적인 사고상태 확인이 가능하도록 촉각(Tactile) 및 청각 신호를 동시에 전달하도록 하였

다. 이때 수초간 상태 확인 반응이 없을 경우에는 제3자에게 응급 상황 발생 메시지를 SMS (Short Message Service)와 동시에 스마트폰 어플리케이션을 통해 사고정보를 전달하게 된다. 제3자용 UI는 피보호자로부터 전달 받은 응급 상황 메시지 수신, 사고자 등록, 사고자에 대한 상태 확인, 관련 기관에 신속한 연락을 위해 전화연결 기능, 사고 유형 및 조치 현황 입력 등의 기능을 수행할 수 있다. 사고 유형은 이동 중 전복, 추락, 충돌, 추돌 등, 사고조치는 스스로 조치함, 제3자의 도움, 응급센터 연락 등에 대한 입력이 가능하다. 입력된 사고 유형 및 조치 현황 정보는 DB & 모니터링 센터로 전달되도록 하였다. 모니터링 PC는 다수의 농업기계에 대한 사고정보를 종합적으로 통합 관리가 가능하도록 실시간 농업기계 교통사고 발생 현황, 지역별 현황, 사고조치 현황 등을 확인할 수 있도록 하였다. 또한 직관적 확인을 위하여 전국 지도상에 사고위치를 정보시각화(Information visualization)하였다. Figure 7은 본 연구에서 제안한 스마트폰 어플리케이션 UI (Figure 7 (a))와 모니터링 PC UI (Figure 7 (b))설계의 예를 보여준다.



(a) Smartphone App. (b) Monitoring PC

Figure 7. An example of a user interface system applied

5. Conclusion and Further Research

본 연구에서는 농업기계 관련 교통사고의 문제점을 해결하기 위해 농업기계 부착형 단말기와 교통정보 안내 단말기 간의 IoT 기술을 활용한 교통안전 시스템을 제안하였고, 주요 시스템에 대하여 설계하였다. 그리고 농업기계 사고 발생 시 신속한 조치가 이루어지도록 실시간 모니터링이 가능한 시스템을 제시하였다. 본 제안된 시스템은 농촌 및 농촌 주변과 인접한 도로를 주행하는 차량 운전자에게 안전운전을 유도할 수 있고, 농업인에게 안전한 농작업 활동이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 농업기계 부착용 단말기 시스템과 교통정보 안내 단말기 시스템 간의 IoT 기술을 활용은 시스템을 간편하게 설치할 수 있고, 저비용으로 효과적으로 가능할 것으로 보인다. 또한 본 연구에서의 IoT 기술을 적용은 기존의 농업기계에 야간 반사소재를 부착, 경광등 설치 등의 방법에서 해결하지 못한 교통안전 사각지역에서의 안전 확보에 보다 효율적 대안이 될 것이다. 특히 본 연구에서 제안된 IoT 기술 적용 농업기계 교통안전 시스템은 정보수집 및 전달, 정보표현 등을 능동적이고 자율적 서비스를 제공하는데 의미가 있다.

그러나 본 연구는 농업기계 교통안전 관리 시스템에 대한 시스템 구성, 하드웨어 및 소프트웨어 설계를 위한 기초 연구로 실제 농촌의 도로에서 현장시험을 통한 시스템의 안정성 및 사고감지 시스템에 대한 사고판단 알고리즘 및 임계값에 대한 구체적 내용을 포함하지 못한 한계가 있다. 이를 위해 향후 사고감지센서 데이터 수집 및 분석을 통한 농업기계 사고 패턴에 대한 연구와 더불어 차량 운전자가 LED 전광표지에 표출되는 정보에 대한 인지성, 운전시 주의성, 운전자의 선호도 등 인간공학적 평가, 주행 차량의 감속 및 속도 준수 효과 등의 반응 등에 현장 적용성 평가 등을 수행 할 것이다. 본 연구가 농업기계 교통사고 예방을 위한 기술적 기반 마련 및 안전한 농촌 환경 조성하는데 기여할 것으로 기대한다.

Acknowledgements

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01193103)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

An, K.E., Jeong, Y.J., Park, J.S., Jeong, S.Y., Choi, H.J., Lee, J.S. and Seo, D., Smart Crosswalk System using IoT, *Conferene of Journal of Information Processing Systems*, 23(1), 931-934, 2016.

Billot, R., El Faouzi, N.E., Guériau, M. and Monteil, J., Can C-ITS lead to the emergence of traffic management 2.0, *2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Qingdao, China, 483-488, 2014.

Chen, W., The Challenges and Opportunities of Advanced Packaging Materials, *12th ISMP-IAAC*, Oct. 16, 2014.

Choi, S.H., Lee, S.Y., Jang, T.Y. and Do, M.S., Effect of Agricultural Machine Lighting systems on Drivers Night Visibility, *Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, 16(4), 25-35, 2017.

Choosri, N., Park, Y., Grudpan, S., Chuarjedton, P. and Ongvisesphaiboon, A., IoT-RFID Testbed for Supporting Traffic Light Control, *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 5(2), 2015.

Dimitrovski, Z., Fatal consequences in traffic accidents with tractors in the agriculture of republic of Macedonia, *Scientific proceedings XXI international Scientific Technical Conference*, Trans & Motauto '13', 3, 60-63, 2013.

Im, C. and Kim, D., Real-Time Traffic Information and Road Sign Recognitions of Circumstance on Expressway for Vehicles in C-ITS Environments, *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers*, 54(1), 2017.

Jeong, E., Oh, C., Kang, K. and Kang, Y., Development of Traffic Safety Monitoring Technique by Detection and Analysis of Hazardous Driving Events in V2X Environment, *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 11(6), 1-14, 2012.

Joo, C. and Na, H., A Study of Research Trend about Internet of Things, *Information Policy*, 22(3), 3, 2015.

Kim, B., Kim, SH., Yun, Y.Y., Yum, N. and Shin, SY., A Study on the Traffic Accidents of Agricultural Machinery, *Proceeding of Korean Society for Agricultural Machinery*, 18(2), 93-95, 2014a.

Kim, H.K., Kim, Y.Y., Shin, S.Y. Kim, B. and Lee, H.S., Evaluation of the Luminous Intensity Distribution of Stop Lamp for Agricultural Tractors, *Journal of Biosystems Engineering*, 36(6), 416-421, 2011.

Kim, I., Lee, K.S., Chae, H.S. and Seo, M.T., Design of ICT-based Agricultural Safety Monitoring System Models, *Journal of the Ergonomics Society Korea*, 35(4), 193-204, 2016.

Kim, J., Lee, J. and Yun, J., M2M service platforms: survey, issues, and enabling technologies, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 16(1), 61-76, 2014b.

Kim, K.B. and Hwang, K.S., A Comparative Study on the Accident Characteristics of the Elderly According to the Urban-Rural

Complex Area and Regional Types, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 18(7), 224-236, 2017.

Kim, N.S., Jee, D.M., Oh, Y.T., Lee, H.P. and Kim, S.B., A Study on Message Set of VMS on Express way Evaluation of Driver's Preferences, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 8(4), 1-13, 2009.

KOROAD (Korea Road Traffic Authority), 2015 Traffic accidents statistical analysis data, 2016.

Lee, J., Park, S. and Yoo, J., A Location-based Highway Safety System using Smart Mobile Devices, *Journal of KIISE*, 43(3), 389-397, 2016.

Lee, K.E., Lee, H.J., Gwak, W.G., Ji, M.G., Song, H.S., Hong, S.Y., Kang, M.J., Ju, S., Lee, K., Cheong, K.H. and Lim, H.S., Relationship Between Reflective Light and Traffic Accidents Involving Power - Tillers, *Korean Society for Rural Medicine and Community Health*, 28(2), 61-70, 2003.

Lu, S., Duan, P., Feng, J. and Li, X., The implementation of intelligent transportation system based on the internet of things, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(3), 1074-1077, 2015.

MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs), Current status of the possession of agricultural machinery 2016, 2017.

MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure and Transport), ITS Business Implementation Guidelines - Installation, operation, maintenance and management of VMS, 2010.

Mon, Y.J., Intelligent airbag deployment algorithm design and implemented by DSP chip, *Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 358-363, 2005.

Orey, D., Pedro, M. and Ferreira, M., ITS for Sustainable Mobility: A Survey on Applications and Impact Assessment Tools, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 15(2), 477-493, 2014.

Park, J.H., Block Error Concealment using Motion Vector Direction Embedding, *Kyungpook National University (in Korean)*, Master thesis, 2014.

Perumalla, B.K. and Babu, M.S., An Intelligent Traffic and Vehicle Monitoring System using Internet of Things Architecture, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(11), 853-856, 2013.

RDA (Rural Development Administration), Agricultural machinery safety accident status in 2010, 2012, https://www.nl.go.kr/nl/search/SearchDetail.nl?service=KOLIS&vdkvgwkey=158421311&colltype=DAN_HOLD (retrieved July 12, 2018).

RDA (Rural Development Administration), Injury to farmers related to agricultural machinery in 2015, 2016, http://www.nongsaro.go.kr/portal/contentsFileView.do;jsessionid=M1AaD7cFwbaYal4QuaTmBQOsnYR5VcBExPETaSzzLVPG7S6F9wVvsaAy9uyPsf9V.nongsaro-web_servlet_engine1?cntntsNo=205111&fileSeCode=185001&fileSn=1 (retrieved July 12, 2018).

RDA (Rural Development Administration), Prevention of safety accidents at agricultural machinery, 2005, http://lib.rda.go.kr/search/searchDetail.do?ctrl=000000164796 (retrieved July 12, 2018).

RDA (Rural Development Administration), Traffic accidents in agricultural machinery: survey and research of National Institute of

Agricultural Science, 2013.

Richard, B.T. and Wagner, J., Policy pathways to vehicle automation: Industry perspectives on the role of public policy in autonomous vehicle development, *Connected Vehicles and Expo (ICCVE), International Conference*, 2013.

Samsung Traffic Safety Research Institute. Study on traffic accidents reduction at night of driving agricultural machinery. *Samsung Fire & Marine Insurance*, Seoul, Korea, 2009.

Yeon, J., Kim, T.H. and Oh, C., Evaluation of Driver's Preference on Messages Delivered by VMS, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 7(4), 36-48, 2008.

Yoo, H. and Son, K., Video based intelligent car technology, *IEIE Journal*, 39(2), 76-84, 2012.

Wang, Y. and Qi, H., Research of Intelligent Transportation System Based on the Internet of Things Frame, *Wireless Engineering and Technology*, 3, 160-166, 2012.

Widyantara, I.M.O. and Sastra, N.P., Internet of Things for Intelligent Traffic Monitoring System: A Case Study in Denpasar, *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 30(3), 169-173, 2015.

Author listings

Insoo Kim: ergonomist@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University
Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Ergonomics, HCI

Kyungran Kim: kimgr@korea.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Textiles, Merchandising and Fashion Design, Seoul National University
Position title: Senior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Ergonomic Tools Design

Hyo-Cher Kim: hyocher@me.com
Highest degree: M.S., Public Health, Seoul National University
Position title: Junior researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Industrial Hygiene

Min-Tae Seo: mtseo85@korea.kr
Highest degree: M.S., Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Physical Ergonomics, Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease

Minji Lee: minji08@korea.kr
Highest degree: M.S, Department of Agriculture Science, Chonbuk National University

Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Agriculture Environment, Occupational Safety and Health Management

Sooin Park: sooinpark@korea.kr
Highest degree: B.S., Department of Electronic Engineering, Konkuk University
Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Electronic Engineering, Ergonomic Tools Design

Myungsun Ko: heimdal@korea.kr
Highest degree: M.S., Department of Industrial Engineering, Chonbuk National University
Position title: Researcher, Department of Agricultural Engineering, RDA
Areas of interest: Occupational Safety and Health Management, Occupational Disease