

사물인터넷 기반 재난복구자원 관리 및 실시간 행동인지 모듈 개발

IoT-Based Module Development for Management and Real-time Activity Recognition of Disaster Recovery Resources

최상윤(Sangyun Choe)*, 박주형(Juhyung Park)**, 한수민(Sumin Han)***,
박진우(Jinwoo Park)****, 장태우(Tai-woo Chang)*****, 윤혁진(Hyeokjin Yun)*****

초 록

세계적으로 자연재해의 빈도와 그 규모가 커지고 있으며, 그에 따른 피해도 늘어나고 있다. 몇 년 간 자연 재난 피해에 비추어 볼 때, 우리나라도 그러한 피해에서 자유롭지 못한 것이 사실이다. 본 연구에서는 재난 피해가 발생하였을 때, 복구자원을 효율적으로 관리하는 프로세스를 제안하였다. 사물인터넷 기술을 활용하여 실시간으로 자원 현황을 파악하고, 자원행동인지 모듈을 통하여 복구자원의 상태 및 움직임을 실시간으로 파악할 수 있도록 프로세스를 구성하였다. 또한 이를 실제로 구현하는데 필요한 데이터베이스 설계와 스마트폰 센서들을 이용한 자원행동인지 모듈을 개발하고 실험하였다. 이를 통하여 신속하고 효율적인 재난대응시스템 구축에 기여하고자 한다.

ABSTRACT

Globally, frequency and scale of natural disasters are growing, also the damage is increasing. In view of the damage by natural disasters for several years, it is true that Korea is not free from such damages. In this paper, we propose a process to efficiently manage recovery resources in case of disaster damage. We utilize the IoT technology to detect the resource status in real time, and configure the process so that the state and movement of the recovery resource can be grasped in real time through the resource activity recognition module. In addition, we designed the database that is necessary to actualize it, and developed and experimented resource activity recognition module using smart-phone sensors. This will contribute to building a quick and efficient disaster response system.

키워드 : 자원 관리, 사물인터넷, 자연 재해 복구, 행동 인지

Resource Management, Internet of Things, Natural Disaster Recovery, Activity Recognition

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비 지원(17SCIP-B065985-05)과 서울대학교 자동화연구소 (ASRI)의 지원으로 수행되었습니다.

* First Author, Department of Industrial Engineering, Seoul National University(csy8959@snu.ac.kr)

** Co-Author, Department of Industrial Engineering, Seoul National University(twiinimd89@gmail.com)

*** Co-Author, Department of Industrial Engineering, Seoul National University(hans8501@snu.ac.kr)

**** Co-Author, Department of Industrial Engineering, Seoul National University(autofact@snu.ac.kr)

***** Corresponding-Author, Department of Industrial and Management Engineering, Kyonggi University (keenbee@kgu.ac.kr)

***** Co-Author, Convergence Transportation Technology Research Team, Korea Railroad Research Institute (scipio@krii.re.kr)

Received: 2017-10-23, Review completed: 2017-11-03, Accepted: 2017-11-15

1. 서 론

1.1 재해 현황 및 재해 대응 시스템

지속적인 지구 온난화 및 기상 이변으로 인하여, 세계적으로 태풍, 홍수, 지진과 같은 자연재해의 발생 빈도가 점차 증가하고 있으며, 개발도상국의 도시화율이 증가하면서 재해로 인한 피해 역시 점차 증가하고 있는 것이 현실이다. 2014년에는 자연 재해가 총 980건 발생하였고, 그로 인한 사망자는 7,700여 명, 경제적 손해액은 약 121조에 달한다[1, 2]. 2015년에는 네팔 대지진을 포함하여 각종 산사태 홍수 등으로 인하여 19,500여 명이 사망하였다[3]. 2016년에는 피지, 일본, 중국, 대만, 아이티 등 수많은 태풍과 토네이도로 인하여 막대한 재산피해를 입었다[4]. 대한민국의 경우, 2007년부터 최근 10년간 피해액은 약 3.5조 원에 이르고, 복구비는 피해액의 약 2배인 7조 원을 넘는다. 특히 피해는 공공시설에서 많이 발생되었으며, 미치는 피해의 비중이 높아 이에 의한 사회적 영향이 심각하다. 최근 10년간 자연 재해에 의한 평균 피해액의 약 70%가 공공시설물에 대한 피해였다[4].

이에 대응하기 위해, 전 세계적으로 다양한 대응 시스템이 구축되어 있다. 대한민국의 경우, 행정안전부에서 관리하는 국가재난관리정보시스템(National Disaster Management System, NDMS)이 운영되고 있다. 해당 시스템은 재난의 유형별로 예방, 대비, 대응, 복구 순으로 재난관리의 절차를 구축하며, 각 절차에 맞는 정보화 대응 체계를 제공하며, 표준행동절차에 따른 업무를 지원하고 있다. 또한 모바일을 기반으로 한 스마트 피해조사 역시 지원하고 있다.

하지만 그 절차는 주로 행정적인 관리와 재해 발생에 대한 정보수집 및 전파에 초점이 맞추어져 있다. 실질적인 복구자원 관리나 복구 현장 상황 관리에 대한 절차는 부족한 것으로 판단된다. 또한 복구 도중에 일어날 수 있는 돌발 상황에 대한 대비 및 대응책이 부족하여, 작업자나 현장 담당자의 임기응변에 의존하고 있으며, 이는 재해 물류에 많은 비효율을 발생시키고 있다.

본 연구에서는 재해 대응 시스템의 세부 관리 중 중요한 부분인 자원 관리 기능에 초점을 맞추어, 평상 시 재해 대응을 위한 자원 관리, 재해 발생 후의 필요 자원 할당 및 자원의 상태 파악과 돌발 상황 발생 시의 대응을 모두 포괄하는 자원 관리 통합 프로세스를 제안하였다. 생산 및 건설 현장과는 다르게 재난 현장에서 복구는 일분일초가 중요하다. 따라서 작업의 진행경과와 복구자원 정보를 빠르게 인지하고 대응할 수 있어야 한다. 따라서 재난관리 시스템에서 실시간 정보 파악을 구현할 수 있는 체계가 필요하다. 본 연구에서는 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술을 활용하여 복구자원 현황을 실시간으로 파악하고, 돌발 상황이 생겼을 때 이를 중앙시스템에 즉각적으로 보고하는 절차를 구성하였다. 특히 자원 상태를 확인하기 위한 자원행동인지 모듈을 개발하여, 현재 자원이 구체적으로 어떤 행위를 하고 있는 파악할 수 있게 하였다.

1.2 재난복구자원의 관리와 행동인지

본 연구에서 제안하는 복구자원 관리 통합 프로세스는 재해가 발생하기 전에 미리 자원에 관한 충분한 정보들을 수집하고 관리하는

것부터 시작하여, 실제로 재해가 발생한 후, 자원 관리 데이터베이스를 통해 복구 작업에 적합한 자원들을 검색하여 신속하게 호출, 자원 현황 파악, 자원 동적 파악을 통한 복구 상황 파악, 돌발 상황까지 관리하는 통합적인 절차를 말한다.

재해가 발생하면, 복구자원들을 재해 지역으로 보내어 복구 작업을 시행한다. 특히 재해가 진행되는 상황에서 초기 대응 또는 긴급 복구를 위해서는, 필요한 복구자원들을 빠르게 호출하고 신속하게 재해 지역으로 배치해야 한다. 그러려면 재해가 발생하기 전에 미리 자원에 관한 충분한 정보들이 수집되고 관리되어야 한다. 실제 재해가 발생하였을 때, 자원 관리 데이터베이스를 통해 복구 작업에 적합한 자원들을 검색하여 신속하게 호출해야 한다. 더불어 호출된 자원들이 재해 지역으로 정확하게 움직이고 있는지 실시간으로 확인되어야 한다. 그리고 그 자원들이 재해 지역에 도착한 후, 복구 작업이 원활하게 이루어지는지도 확인되어야 한다. 게다가 갑작스런 돌발 상황이 생겼을 때 이를 대비하는 방안도 있어야 한다. 결과적으로 이를 종합적으로 관리할 수 있는 복구자원 관리 통합 프로세스가 필요하다.

특히 재해가 진행되고 있는 복구 현장에서 모든 자원들을 일일이 직접 눈으로 관찰하는 것이 쉽지 않다. 복구자원 위치 및 현재 동작 및 상태를, 감독이 직접 보고 확인하는 것은 굉장히 어렵고 위험하며, 시간이 많이 소요된다. 복구자원들의 유휴 시간이나 불필요하게 행동하는 시간을 최대한 줄여 생산성을 높일 필요가 있다. 따라서 장비의 다양한 움직임을 실시간으로 파악할 기술이 필요하다. 행동인지 모듈을 이용하면 자원 행동들에 대한 시간을

측정하고, 복구 공정에 투입된 실제 시간을 계산할 수 있을 것이다. 실제 자원이 작업한 시간을 계산하면, 자원 가동률도 산출될 수 있을 것이라 기대된다. 또한 자원 할당 계획안에서 필요한 자원에 대한 예상되는 작업량이 주어진다면 공정 진행률까지도 파악할 수 있다. 이를 통하여 복구 현장 모니터링은 물론 시공 품질 관리, 물량정산 및 복구비 산정에도 도움이 될 것이다.

2. 선행 연구

자연 재해 발생 시의 대응 시스템에 대한 연구는 다수 존재한다.

Cheng과 Lu[5]은 재해 현장에서 이뤄져야 하는 작업을 기반으로 시스템 모델을 설계하였고, 해당 모델에 기초하여 재난 물류 시스템을 설계하고 제안하였다. 해당 연구는 재난 현장에서의 자원을 어떻게 현장까지 옮기고 분배할 것인가에 중점을 둔 연구이다.

Ozdamar 등[6]은 재난 현장에서의 불확실성에 집중하고, 해당 불확실성에 집중하여 재난 대응 시스템을 설계하였다. 해당 시스템에서는 현장의 교통 시스템의 불확실성에 집중하여, 자원 및 사람의 이동에 존재하는 경로상의 신뢰도를 고려하는 대응 시스템을 제안하였다.

Dai와 Yan[7]은 재난 현장에서의 대응을 위하여 수행되어야 하는 작업들을 모두 찾아내고, 해당 작업들을 클러스터링하여 11개의 서브시스템으로 정의하고, 이들의 관계를 정의하는 것으로 전체 재해 대응 시스템을 정의하는 방식으로 재난 대응 시스템을 구축하였다.

Tovia[8]은 여러 재난대응 사례를 분석하고, 해당 대응에 기반으로 하여 재난 대응 시스템이 꼭 수행하여야 하는 작업의 내용과 해당 시스템이 반드시 고려해야 하는 재난 환경의 특이점에 대하여 논하였다. 해당 시스템은 주로 미국에서 빈번한 허리케인에 대응하기 위한 시스템을 구축하는데 주력하였다.

최근에는 IoT 기술을 이용한 재해 대응 시스템에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

Kim[9]은 IoT의 기술 안정성과 경제 및 대규모 데이터 기반의 의사 결정을 통하여 재해 예방, 준비, 대응 및 재해 복구 프로세스에 적용하는 방법론을 제안하였다.

Lee and Huh[10]는 현장에서 IoT 기반 센서 네트워크를 구축하고 인식 정확도를 향상시키기 위해 지진 선구자의 실시간 모니터링을 구현하였다. 또한 지진에 대한 경고를 제공하는 지진 예측 분석 플랫폼을 제안했다. 플랫폼은 지진 선구자를 감지하기 위해 다양한 유형의 데이터를 사용하여 복잡한 분석을 수행하며, 분석 결과로 효과적인 지진 준비가 가능하게 하였다.

Choi and Min[11]은 공공 안전부가 운영하는 DRSS(Disaster Resource Sharing System)를 이용하여 복구 현장에서 사용되는 굴착기에 범용 ICT를 적용하는 효과적인 방법을 제안했다. GPS를 이용한 ICT 활용은 복구 현장에 가장 가까운 굴착 장치를 배치하고 재해 초기 단계에서 보다 신속하게 대응하게 하였다.

Hwang[12]은 IoT를 이용한 돌발 상황 관리 체계를 제안하였다. 돌발 상황을 자원, 현장 및 피해, 인력, 기타의 총 4가지 관점으로 분류하였으며, 돌발 상황에 시나리오를 구축하고 이를 대응하기 위한 자원 할당 알고리즘을 적용

하여 실험하고 검증하였다.

Yoon[13]은 재난피해 대응속도 향상을 위해 피해 정보를 전자문서로 신속하게 공유할 수 있는 피해정보관리 시스템을 개발하였다. 또한 사회시설물 대상의 긴급복구 수행을 위해 전자문서가 통합된 웹기반 재난피해복구지원 시스템을 구현하여, 적합한 복구방법 및 공법, 자원분배계획, 복구지원요청 등 신속한 복구지원을 가능하게 하였다[14].

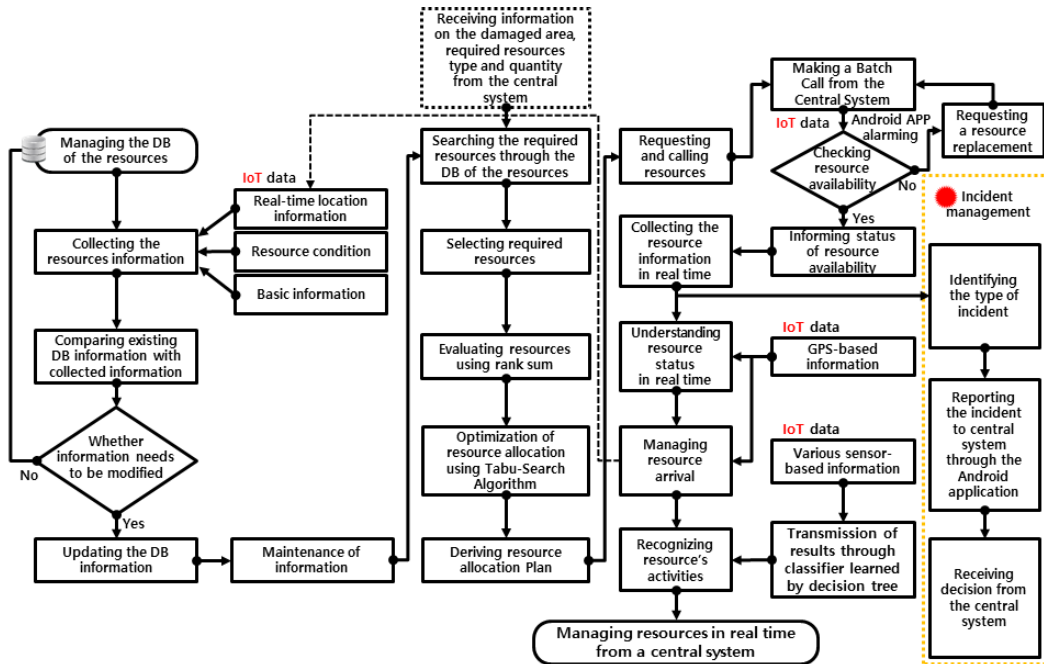
이외에도 많은 연구들이 있지만 자원의 기본 정보 관리부터 시작하여 복구 현장의 자원 현황 파악과 돌발 상황까지 관리할 수 있는 통합적인 체계를 구성하는 연구는 적은 것으로 판단된다.

본 연구에서는 복구자원 관리 통합 프로세스를 통해 자원을 효율적으로 관리하고, 자원 행동인지모들과 함께 자원 현황을 실시간으로 파악해 주는 체계를 제안하고자 한다.

3. 복구자원 관리 통합 프로세스

3.1 통합 프로세스 전개 및 상세 사항

<Figure 1>은 복구자원 관리 통합 프로세스를 나타낸 것이다. 먼저 중앙 시스템에서 복구자원에 대한 정보를 데이터베이스로 관리한다. 평소 주 1회 또는 격주 간격으로 자원 현황 정보에 관한 새로운 정보들을 수집한다. ‘자원명’, ‘자원 종류’, ‘관리 업체명’, ‘직속 담당자’, ‘전화번호’ 등과 같은 자원 기본 정보를 수집한다. 또한 자원을 수시로 점검하여 상시 자원의 가용 여부 또는 이상 유무를 기록하는 ‘자원상태’ 정보를 수집한다. 특히 자원을 사용한 후



〈Figure 1〉 Integrated Process for Managing Recovery Resources

에 필히 점검하여 다음 사용 시 이상이 없도록 관리해야 한다.

‘자원 위치’ 정보는 자원을 재해 지역에 배치할 때 중요한 의사결정 요소인, 시간과 거리에 직접적인 연관이 있기 때문에, 중요한 정보이다. 이 정보는 GPS 기술을 이용하여, 마지막 최종 위치 좌표와 주소로 기록되어, 자원이 사용될 때마다 실시간으로 수집되어야 한다.

자원에 대한 정보들이 새롭게 수집되면, 기존 데이터와 비교하여 수정 여부가 필요한지 확인한다. 수정 여부가 필요하다면 기존 데이터베이스를 갱신하고 최신 정보를 지속적으로 유지함으로써, 자원 정보 현행화를 이룬다.

실제 재해가 발생하면, 중앙 시스템에서 재해 지역과 필요한 자원 및 수량을 알려준다고 가정했을 때, 자원 정보를 저장한 최신 데이터베이스를 이용하여, 필요한 자원들을 재해

지역 부근을 중심으로 검색한다. 검색된 자원들을 선택한 후에, 복구 환경에 가장 적합한 자원들을 선별하기 위해, 자원 평가 및 할당 알고리즘을 수행한 후, 나온 결과를 바탕으로 할당 계획안을 도출한다.

할당 계획안이 도출되면, 실제 자원을 요청하고 호출해야 한다. 중앙 시스템에서 스마트폰 앱을 이용하여 일괄적으로 자원 관리 업체 및 담당자에게 실제 자원들을 요청하고 호출한다. 이 때 자원 운전자 가용 여부를 확인한다. 자원 운전자가 가용하면, 스마트폰 앱 실행 알림을 통하여 장비에 탑승 여부를 파악한다. 만약 자원 운전자가 불가능할 경우 또는 갑작스러운 돌발 상황이 발생했을 때는, 대체

운전자를 요청하거나 돌발 상황 보고를 통하여 중앙시스템 의사결정을 기다린다.

복구자원은 호출된 이후부터 움직이기 시작

하면, GPS와 가속도 센서를 이용하여, ‘자원 위치’, ‘대기 또는 움직임’, ‘이동 거리’, ‘속도’, ‘목적지까지 남은 시간 및 거리’에 대한 정보를 수집한다. 이로써 자원 현황을 실시간으로 파악할 수 있다.

그 다음은 복구에 필요한 자원들이 피해 지역, 즉 복구 현장에 제대로 도착했는지 자원 도착 관리가 이루어져야 한다. 필요한 자원 수 대비 현재 도착한 자원 수의 비율을 계산하여 ‘자원 도착률’을 도출하고, 복구 진행 준비에 기여할 수 있다. 자원 도착 관리는 GPS를 이용해서 자연스럽게 이루어질 수 있다.

다음은 복구 현장에서 복구자원 모니터링을 위해, 자원행동인지 모듈을 이용하여, 자원들이 어떤 행위를 하고 있는 파악한다.

마지막으로 자원들에 대한 갑작스러운 돌발 상황을 대비하기 위해, 스마트폰 애플리케이션 보고 기능을 이용하여 신속히 대응할 수 있도록

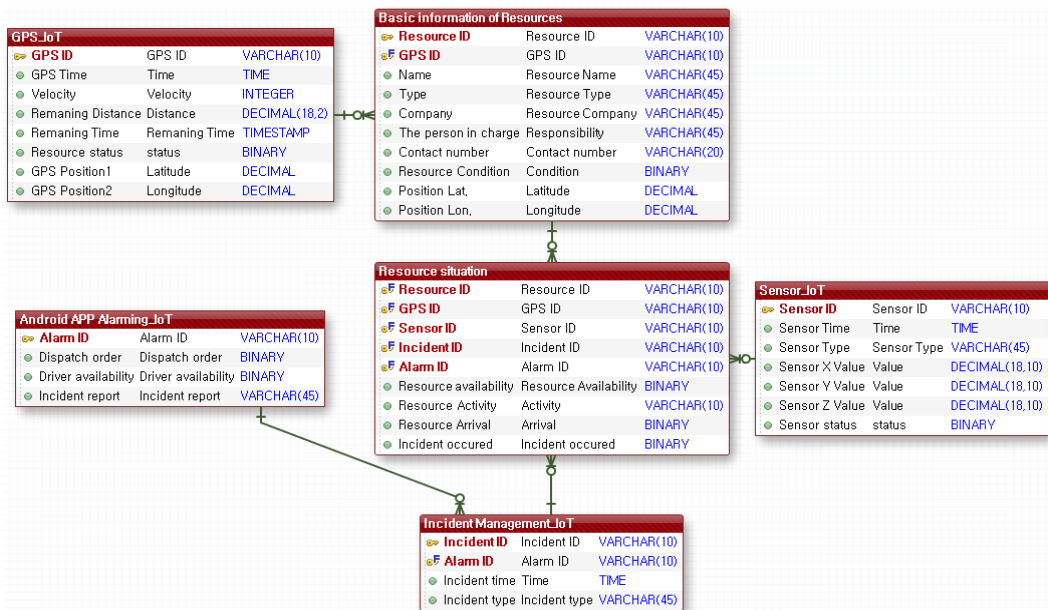
프로세스를 구성하였다. 이로써 자원들에 대한 실시간 관리가 이루어진다.

3.2 IoT 데이터 정의 및 DB 설계

본 연구에서 IoT 기기는 스마트폰앱과 센서를 기준으로 설계하였다. 스마트폰으로부터 얻을 수 있는 데이터 유형은 GPS를 이용한 ‘실시간 위치’, ‘남은 거리 및 시간’, ‘현재 위치’, 자원 나타내는 ‘대기 또는 이동’이다.

자원행동인지 모듈을 통해 받을 데이터는 자원의 움직임이다. 돌발 상황은 스마트폰 앱을 통한 보고로 진행되며, 돌발 상황 유형과 보고 시간을 중앙시스템으로 전달하는 데이터가 될 것이다.

<Figure 2>는 IoT를 통해 수집될 데이터와 그 관계를 정의한 데이터베이스 구조를 ERD로 설계한 것이다.



<Figure 2> IoT Database Design for Building a Resource Management Integrated Process

4. 복구자원 행동인지 모델

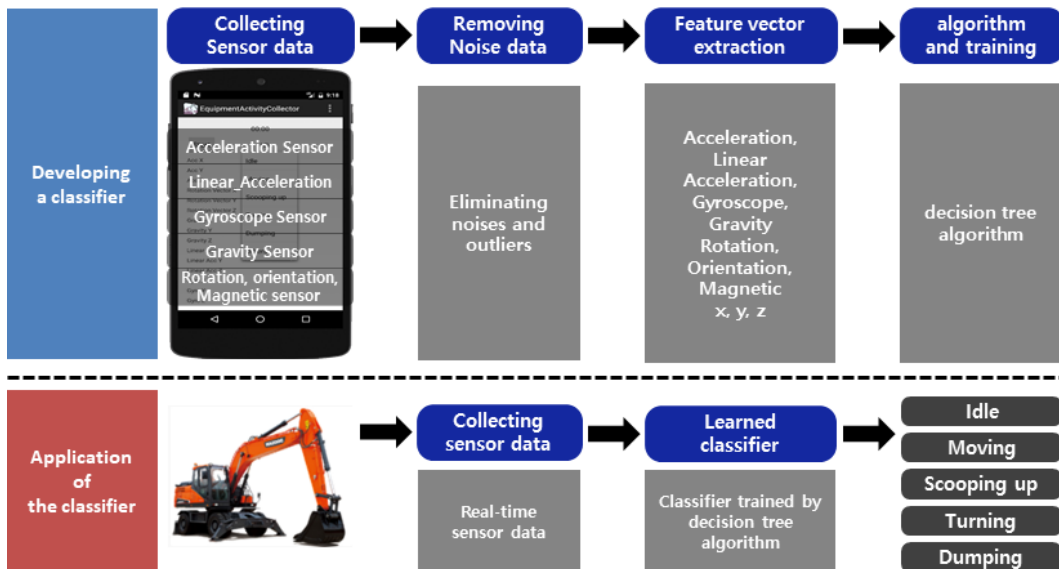
4.1 모듈 설계

<Figure 3>과 같이 스마트폰에 탑재된 가속도, 자이로스코프, 오리엔테이션, 회전, 중력, 선형 가속도, 지자기 등의 센서를 이용하여, 학습을 위한 데이터셋을 충분히 수집한다.

수집된 데이터셋에서 결측치나 이상점, 또는 실험 환경에서 잡음으로 들어간 것들을 제거한다. 데이터셋 속성은 모든 센서들의 공통된 값으로서, 3축 x, y, z 값과, 그 값들의 평균, 최대값, 사분위수 등 많은 특징 벡터를 추출할 수 있으나, 본 연구에서는 가장 기본 값인 x, y, z 값으로 설정한다. 훈련 알고리즘은 지도학습 분류 면에서 높은 성능을 보이는 의사결정 나무를 사용하였다. 훈련된 분류기가 완성되면, 이 분류기를 스마트폰에 탑재하여, 실시간으로 자원 행동을 파악할 수 있다.

4.2 실험 설계 및 모듈 개발

실험에 동원된 자원은 불보사의 6톤 소형 굴삭기이다. 굴삭기는 복구현장과 필수불가결한 복구자원이며 상대적으로 다양한 동작을 수행한다. 굴삭기의 행동을 세부적으로 파악해 보면 Idle, Moving, Scooping up, Turning, Dumping으로 구분할 수 있다. 굴삭기의 다양한 움직임은 파악할 수 있다면 비교적 단순한 동작을 수행하는 다른 장비의 움직임 또한 충분히 파악할 수 있을 것이라 판단하였다. 실험에 앞서, 스마트폰이 장착되는 위치는, 보통 스마트폰은 운전석에 고정적으로 위치하는 경우가 많다. 하지만 센서 값은 받는 위치에 따라 굉장히 달라지기 때문에, 운전석에 부착하는 경우와 굴삭기 팔에 부착하는 경우의 두 가지로 나누어 데이터를 수집하고 실험하였다. 데이터는 분당 1,000개 정도가 쌓이도록 갱신 시간을 설정했고, 총 8분 정도 수집했다. <Table 1>과 같이 굴삭기의 행위를 구분하여, 각 행위별



<Figure 3> Design of Activity Recognition

<Table 1> Activities of a Excavator

Activity	Description
Idle	to wait or idle to prepare for the next action
Moving	to move
Scooping Up	to dip things up
Turning	to rotate the body
Dumping	to put down

로 한 센서 당 8000개 이상 데이터를 수집하였다.

의사결정나무를 이용하는 분류 프로그램은 Java로 개발하였으며, 실험은 CPU i5-4690, RAM 8GB 환경에서 진행하였다. 안드로이드 앱을 통해 추출한 센서값들을 데이터셋으로 만들고, 그 데이터셋 중 9개를 훈련용(training dataset)으로, 무작위 1개를 시험용(testing dataset)으로 사용하는 10-fold 교차검증(Cross-Validation)을 수행하였다.

4.3 행동인지 모듈 실험 결과

첫 번째로 스마트폰을 굴삭기 팔에 부착하였을 경우이다. <Table 2>는 Confusion matrix로 실제 각 동작과 예측 값이 서로 일치하는지를 확인할 수 있는 분류 행렬이다. 여기서 Scooping과 Dumping 동작은 다른 동작보다 정확도가 떨어지는데, 실제 실험을 진행할 때도 이 둘은 연속 동작이라 겹치는 부분이 많았기 때문에 일어난 결과로 판단된다.

분류에서 정확도를 나타내는 척도 중 중요한 값이 정확도(Precision)와 재현율(Recall)이다. 정확도는 실험 예측 값이 참(True)이라고 판단한 것 중 실제 참(True) 값의 비율을 나타내며, 재현율은 실제 참 값 중 실험 예측 값이 참이라고 한 것의 비율이다. F-measure 값은 정확도와 재현율의 조화평균으로 계산된다.

<Table 3>을 통해 모듈 성능을 보면 정확히

<Table 2> Confusion Matrix in Case of Attachment to arm

Predicted \ Actual	Idle	Scooping up	Dumping	Turning	Moving
Idle	8136	0	0	0	0
Scooping up	3	8691	347	6	0
Dumping	0	372	9142	9	9
Turning	0	12	12	8402	30
Moving	4	2	17	39	7906

<Table 3> Model Performance in Case of Attachment to arm

Correctly Classified Instances (Accuracy)	42,277 (98.0%)		
Incorrectly Classified Instances (Error Rate)	862 (2.0%)		
Detailed Index			
Activity	F-measure	Precision	Recall
Idle	1	0.999	1
Scooping up	0.959	0.957	0.961
Dumping	0.960	0.960	0.959
Turning	0.994	0.995	0.994
Moving	0.980	0.980	0.992

분류한 비율 98.0%로, 높은 결과가 나왔다. 각 행동마다 F-measure 값과 정확도, 재현율 값도 모두 95% 이상으로 높은 성능을 보였다.

두 번째는 운전석에 부착하였을 경우이다. 굴삭기 팔에 부착한 것과 마찬가지로, <Table 4>의 Confusion Matrix에서도 Scooping과 Dumping 동작에 대한 정확도는 다른 동작의 것보다 떨어진다. 하지만 <Table 5>와 같이 모델 성능은 굴삭기 팔에 부착한 것과 비슷하게 97.3%로 높은 결과가 나왔으며, 각 동작마다 모두 94% 이상의 정확도를 가지고 있기 때문에, 실제 움직임을 파악하는데 큰 문제가 없을 것으로 예상된다. 이는 실제 재해 환경에서, 운전자가 스마트폰을 운전석에 가지고 탔을 때에도 자원의 행동을 구분할 수 있을 것이라 기대된다.

<Table 4> Confusion Matrix in Case of Attachment to Driver's Seat

Predicted \ Actual	Idle	Scooping up	Dumping	Turning	Moving
Idle	8201	0	0	0	0
Scooping up	3	8076	460	0	2
Dumping	0	459	7923	1	0
Turning	0	0	4	7358	91
Moving	2	0	1	91	7994

<Table 5> Model Performance in Case of Attachment to Driver's Seat

Correctly Classified Instances (Accuracy)	39,552 (97.3%)		
Incorrectly Classified Instances (Error Rate)	1,114 (2.7%)		
Detailed Index			
Activity	F-measure	Precision	Recall
Idle	1	0.999	1
Scooping up	0.946	0.946	0.946
Dumping	0.945	0.945	0.945
Turning	0.987	0.988	0.987
Moving	0.988	0.989	0.988

굴삭기 실험 결과를 통해 스마트폰만으로도 실시간으로 자원 행동인지가 가능한 것으로 판단된다. 이는 복구 현장에서 자원들을 모니터링할 때, 자원들의 상태를 실시간으로 받을 수 있고, 움직임을 통해서 자원이 실제 얼마나 일하였는지도 추정 가능할 것이다. 예를 들어, 굴삭기의 핵심 기능은 Scooping과 Dumping으로, 이 행위가 유지되는 시간을 측정하면, 실제 작업 시간을 계산할 수 있을 것이다. 한편 자원이 지속적인 대기(Idle) 상태라면 고장이나, 돌발적인 상황이 발생하였다는 것을 예측할 수 있거나, 작업이 끝났다고 판단되면 재빠른 의사 결정을 할 수 있을 것이다. 예를 들어, 각 현장마다

각 장비마다 정해져있는 유휴시간이나 한계 시간을 넘는 대기(Idle)가 발생하였다면 이를 돌발 상황으로 판단할 수 있을 것이다. 하지만 이는 정해진 유휴시간이 어느 정도인지를 먼저 파악해야 하기 때문에 각 상황에 따른 판단이 요구된다. 또한 단순 이동(Moving)은 자원이 이동하는 상태이므로, GPS와 함께 자원의 이동 정보를 쉽게 파악할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 IoT 기술을 이용한 복구자원 관리 통합 프로세스를 제안하였고 IoT 기기에서 도출된 데이터를 활용하여 복구 상황 관리를 위한 복구자원의 행동을 인지할 수 있는 모듈 개발에 대해 논하였다.

통합 프로세스에서는 복구자원 정보 관리부터 자원 호출 방법, 자원 현황 파악, 복구 상황 파악, 돌발 상황까지 실시간으로 관리하는 절차를 상세히 전개하였다. 또한 IoT를 통해 수집될 데이터 정의와 데이터베이스를 설계하였다.

자원행동인지 모듈에서는 가속도, Gyro, 방향 센서 등을 탑재한 스마트폰을 활용하여, 상대적으로 자원의 움직임이 다양한, 굴삭기를 대상으로 실제 실험을 진행하였다. 다섯 가지 행동에 대해 센서 데이터를 수집하고 의사결정나무를 이용하여 학습시킨 자원행동인지 분류기를 개발하고 검증하였다. 이를 통하여 실시간으로 복구자원 상황을 파악할 수 있게 하였다.

이는 곧 현장에서 자원 작업 상태에 따른 시공 품질 관리, 물량정산 및 복구비 산정에도 도움을 줄 수 있을 것이라 기대된다. 또한 돌발

상황 발생 시 자원의 움직임을 통하여 빠르게 상황을 인지하는 데 도움을 줄 수 있으며 신속한 판단을 통해 돌발 상황 및 자원 재할당에 대처할 수 있을 것이라 기대된다.

추후 연구로는 복구자원 통합 프로세스를 적용할 수 있는 시스템을 만들고, 정교한 IoT 기기를 기반으로 다양한 자원들의 움직임을 인지할 수 있도록 만들어 정확한 모니터링 체계를 만드는 것이다. 나아가 돌발 상황에 대한 확실한 인지과정에 보완이 더 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 실험 여건의 한계로 인해 Decision Tree에 기반을 둔 인지 알고리즘을 제시하였으나, 추후 연구에는 SVM 등을 적용할 것이다.

References

- [1] Cheng, W. and Lu, J., Operational analysis on emergency logistics system and emergency response model, *Service Operations and Logistics, and Informatics, IEEE/SOLI 2008, IEEE International Conference on*, Vol. 1, pp. 1323-1328, 2008.
- [2] Choi, W. J. and Min, S. H., "A Study on Application of ICT for Excavator of Disaster Management Resources for Emergency Recovery Support," *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 5, pp. 157-161, 2016.
- [3] Dai, W. and Yan, H., "Supply Chain System for Emergency Rescue of Natural Disasters," *Proceedings of International Conference of Information Science and Management Engineering*, pp. 218-221, 2010.
- [4] Hwang, G. S., Han, S. M., Choe, S. Y., Hwang, C. H., Park, J. W., and Yun, H. J., "Development of the Response System for Disaster Recovery Action Plan Using Internet of Things," *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 2, pp. 315-323, 2016.
- [5] Kim, Y. H., *Disaster Management Using Big Data in the IoT Environment*, *Proceedings of KIIT Summer Conference, Korean Institute of Information Technology*, pp. 287-289, 2015.
- [6] *Koreanre, Insurance World*, No. 480. 2015.
- [7] Lee, J. S. and Huh, E. N., *An Analytics Platform for Earthquake Prediction Using IoT and Disaster Data*, *Dept. Computer Science and Engineering, Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp. 1101-1102, 2016.
- [8] *Ministry of Public Safety and Security, 2015 Disaster Annual Report*, 2016.
- [9] *Ministry of Public Safety and Security, 2016 Disaster Annual Report*, 2017.
- [10] Munich, R. E., "Loss events worldwide 2014," *NatCatSERVICE, Geo Risks Research*, 2015.
- [11] Ozdamar, L., Ekinici, E., and Kucukyazici, B., "Emergency logistics planning in natural disasters," *Annals of Operations Research*, Vol. 129, pp. 217-245, 2004.

- [12] Tovia, F., "An emergency logistics response system for natural disasters," *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 10, No. 3, pp. 173-186, 2007.
- [13] Yoon, H. J., Kim, J. S., Park, J. J., and Jang, T. W., "Development of Electronic Documents and Management System for Transfer of Disaster Damage and Recovery Information," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 20, No. 2, pp. 15-16, 2015.
- [14] Yoon, H. J., Lee, K. T., Kim, J. S., and Jang, T. W., "Design and Implementation of Web-Based Support System for Disaster Damage Recovery of SOC Facility," *The Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 20, No. 4, pp. 227-239, 2015.

저 자 소 개



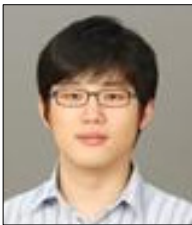
최상운
2013년
2013년~현재
관심분야

(E-mail: csy8959@snu.ac.kr)
서울과학기술대학교 글로벌융합산업공학과 (학사)
서울대학교 산업공학과 (박사과정)
스마트공장, 신재생에너지, 머신러닝



박주형
2016년
2016년~현재
관심분야

(E-mail: twiinimd89@gmail.com)
연세대학교 정보산업공학과 (학사)
서울대학교 산업공학과 (석사과정)
ERP, 스케줄링



한수민
2010년
2010년~현재
관심분야

한수민 (E-mail: hans8501@snu.ac.kr)
서울대학교 산업공학과 (학사)
서울대학교 산업공학과 (박사과정)
재난 대응, 스마트공장, 사물인터넷



박진우
1974년
1976년
1985년
1985년~현재
2015년~현재
관심분야

(E-mail: autofact@snu.ac.kr)
서울대학교 산업공학과 (학사)
한국과학기술원 산업공학과 (석사)
미국 U.C. Berkeley 산업공학과 (박사)
현재 서울대학교 산업공학과 교수
현재 민관합동 스마트공장 추진단 단장
스마트공장, ERP/SCM, 스케줄링 및 시뮬레이션



장태우

1995년

1997년

2004년

2002~2007년

2007년~현재

관심분야

(E-mail: keenbee@kgu.ac.kr)

서울대학교 산업공학과 (학사)

서울대학교 산업공학과 (석사)

서울대학교 산업공학과 (박사)

한국전자통신연구원 연구원/선임연구원

경기대학교 산업경영공학과 부교수

시스템분석, IT융합, 우편/물류/SCM



윤혁진

2000년

2002년

2006년

2006년~현재

관심분야

(E-mail: scipio@krri.re.kr)

한국항공대학교 항공기계공학과 (학사)

한국과학기술원 항공우주공학과 (석사)

한국과학기술원 항공우주공학과 (박사)

한국철도기술연구원 선임연구원

IT 방재 기술, 철도시설물 안전방재기술