The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)
Vol. 18, No. 5, pp.237-244, Oct. 31, 2018. pISSN 2289-0238, eISSN 2289-0246

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.5.237
JIIBC 2018-5-31

중소제조기업을 위한 IoT기반의 자율이동모듈을 활용한 스마트 창고관리 시스템 개발

Smart Warehouse Management System Utilizing IoT-based Autonomous Mobile Robot for SME Manufacturing Factory

김정아*, 정종필**

Jeong-A Kim* and Jongpil Jeong**

요 약 중소기업 제조공장의 스마트팩토리 수준이 현재에는 기초 수준으로 창고를 관리하기 위해 재고 입출입에 따른 정확한 재고량을 파악하는 시스템이 부족하다. 또한 근로자 수작업과 경험에 의한 생산방식으로 데이터 손실로 정확한 자재를 관리하기 어려운 상황이다. 이를 해결하기 위해 근로자의 재고 파악을 위한 수작업을 최소화하며 자동화를 향상시키기 위해 재고량 자동 수집을 진행한다. 본 논문에서는 IoT기반의 자율이동모듈을 이용한 스마트 창고관리 시스템으로 자율이동모듈이 창고를 이동하면서 재고 보관함의 데이터를 수집한다. 이는 해당 보관함의 자재들 파악하기 위해 카메라 모듈이 비전처리 방식 통해 재고보관함의 네임텍을 인지한다. 인지한 문자화 처리 결과가 일치할 때 센서에 의해 측정된 데이터가 서버로 전달되고 데이터를 처리하여 데이터베이스에 저장한다. 저장된 데이터는 관리자용 웹 기반 모니터링 환경에서 실시간 재고량을 파악할 수 있다. 이를 통해 수작업을 줄이고 자동화된 재고관리시스템의 효과를 기대한다.

Abstract The Smart Factory level of manufacturing factories of SMEs now lacks a system for grasping the accurate inventory amount associated with inventory movements in managing warehouses at the basic level. Also, it is difficult to manage accurate materials for loss of data due to worker manual work and production method due to experience. In order to solve this problem, in this paper, automatic acquisition of inventory to minimize manual work to grasp workers' Inventory and improve automation is done. In the smart warehouse management system using the IoT-based autonomous mobile module, the autonomous mobile module acquires the data of the inventory storage while moving through the line. In order to grasp the material of the Inventory storage, The Camera module recognizes the name of the inventory storage. And Then, If output matches, the data measured by the sensor is transferred to the server. This data can be processed, saved in a database, and real-time inventory quantity and location can be grasped in a web-based monitoring environment for administrators. The Real-time Automatic Inventory (RAIC) systems is reduce manual tasks and expect the effects of automated inventory management systems.

Key Words : SmartFactory, Robot, OpenCV, Inventory Management, BigData

Ⅰ. 서 론

IT기술의 발전으로 사용자들은 모바일 기반의 디바이스를 사용하여 언제 어디서나 상호 연결되어 데이터를 전달 받을 수 있다. 산업에서는 대표적인 IT기술인 산업용 사물인터넷(Industrial Internet of Things, IIoT)[1]과

*준회원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과
**정회원(교신저자), 성균관대학교 스마트팩토리융합학과
접수일자 : 2018년 6월 27일, 수정완료 : 2018년 9월 13일
게재확정일자 : 2018년 10월 5일

Received: 27 June, 2018 / Revised: 13 September, 2018 / Accepted: 5 October, 2018
**Corresponding Author: jpjeong@skku.edu
Department of Smart Factory Convergence, Sungkyunkwan University, Korea

빅데이터[2]그리고 사이버물리시스템(Cyber Physical System, CPS)을 핵심 기술로 적용하여 스마트팩토리로 발전되고 있다. 그러나 현재 제조업에서는 사용자의 다양한 요구사항이 증가하면서 급변하는 트렌드에 따라 대처 방안이 부족한 상황이다[3]. 중소기업은 기존 제조업의 생산방식인 사람이 직접 기계를 작동함에 따라 시간, 비용 문제를 해결하기는 어려운 문제로 제기되고 있다. 현장에서는 제조업의 혁신이 필요해짐에 따라 IT 기술의 적용하는 시도를 보이고 있다. 이는 모든 설비 기기들이 서로 연결되어 있는 센서를 통해 데이터를 수집할 수 있도록 기계자율화로 변화한다[4]. 현재 글로벌 전자상거래 업체들과 대형 물류기업들도 ICT 기술을 기반하여 빅데이터, AI 그리고 로봇을 활용한 스마트물류시스템으로 체제전환 되고 있다.

미국 아마존은 2012년 로봇제작 벤처업체를 인수하여 공급망 및 유통망을 혁신적으로 변화할 수 있는 플랫폼으로 선정된 물류로봇 '키바'를 현장에 배치하였다[5]. 그 결과, 창고에 Kiva MFS를 설치하고 로봇 픽업을 적용함에 따라 2014 년 매출액 185 억 1 천만 달러를 달성하였다. 또한 Kiva MFS는 이른바 "부품 투 피커" 창고 시스템으로, 다른 주문 처리 시스템과 비교하여 전통적인 "AS / DS" 장비와는 달리 설치가 쉽지 않은 유형에서도 쉽게 적응하고 유연성을 높일 수 있어 확장이 용이하다[6].

전통적인 자재 취급 기술은 Mini-load AS / DS에 따라 Kiva MFS는 사용자의 수요 규모가 커지면 그에 따라 로봇과 선반을 점진적으로 추가해야한다. 그러나, 중소제조기업에서는 사용자의 수요에 따라 점진적으로 선반과 로봇을 추가로 구매해서 사용하기에는 인력이나 자금이 부족한 상태이다. 이는 중소제조기업을 위한 인력의 생산방식을 최소화하고 자동화할 수 있는 방안을 높이고 비용을 최소화하는 시스템이 필요함을 의미한다.

본 연구에서는 비용 효율적인 자율 이동성 모듈을 통한 IoT기반 실시간 측정 및 관리가 가능한 스마트 창고관리 시스템을 제안한다. 자율이동모듈이 공장 내부의 창고를 이동하면서 보관함을 인식한다. 보관함의 네임텍에서 추출된 문자가 일치하면 보관함 상단에 설치된 초음파센서를 통해 재고의 입출입에 따른 거리를 측정하여 수량을 확인한다. 관리자용 웹 기반 모니터링 환경에서 재고보관함의 위치와 수량을 자동으로 파악할 수 있다. 이는 실시간 재고 입출고 관리가 가능함을 의미 한다.

본 논문의 구성은 2절에서는 산업 현장에서 사용되는 AVG시스템과 비전 방식 기반의 이미지처리와 텍스트처리에 대한 관련연구를 설명한다. 3절에서는 제안하는 효율적인 율 이동성 모듈을 통한 IoT기반 실시간 측정 및 관리가 가능한 스마트 창고관리 시스템에 대해 설명한다. 4절에서는 구현 및 평가를 통해 제안하는 시스템의 효율성을 평가한다. 그리고 5절에서는 본 논문의 결론과 요약 대해 설명한다.

II. 관련연구

1. OpenCV을 이용한 이미지 인식 및 텍스트 처리

OpenCV[7]는 초기에 Intel Corporation에서 개발한 인공지능 기반의 실시간 이미지처리 오픈소스 라이브러리이다. OpenCV는 방대한 양의 컴퓨터 비전알고리즘을 기반으로 이미지 처리, 추적, 객체감지 그리고 영상처리 등 다양한 기능을 제공한다. Tesseract기술을 이용하여 텍스트 포인트가 작은 문자도 높은 인식률과 결과를 추출하기 위해 사용한다[8].

Giuseppe Guido et. al.[9]은 무인 항공기와 비디오 처리 기술을 이용한 차량 이동을 추적하는 방법론을 제안하였다. 차량 위치 파악 알고리즘은 OpenCV 라이브러리와 고정밀 GPS센서를 이용하여 차량 추적 데이터를 수집 및 평가를 제시하였다. AmitD homne et al.[10]은 Deep Convolutional Neural Networks (D-CNN) 기법을 통해 인식한 이미지의 패턴의 따른 해당 요소의 특징을 추출하여 성별을 추론하는 방법을 제안하였다. 하지만 이미지 인식률이 낮아 정확한 성별을 예측하기 어렵다. Binbin Yong et al.[11]은 Tensorflow CNN기반의 동작인식을 통해 올바른 운동 상태를 확인하였다.

IoT 환경에서 사용자는 건강 정보를 측정하기 위해 심박 수, 혈압, 그리고 혈당량 등을 확인하여 인공지능 기술을 접목한 지능형 모니터링 시스템으로 스스로 판단하여 진단이 필요한 시점이다. 따라서 OpenCV 라이브러리를 사용하여 인식률을 높이고 정확한 데이터 수집이 가능한 시스템이 필요하다.

2. 창고관리 관련 시스템

전통적인 자동 창고 시스템은 자동 저장 및 검색 모듈,

리프팅 장비 및 컨베이어 시스템을 사용하여 물류 센터의 입출고 물품을 쌓아 올리고 운반하는 것을 의미 한다[12]. 이러한 시스템 형태는 현저하게 인적 오류가 발생하고 인건비용이 지속적으로 증가함에 따라 자재 취급 작업의 효율성이 떨어지는 원인으로 작용한다.

물류센터에서 설비는 수동 오류가 많은 웨어 하우스의 단점을 극복하기 위해 사용된다. 하지만, IoT환경의 변화로 인해 최근 몇 년 동안 제품을 온라인으로 주문하는 상황이 되면서 신속한 배송을 요구하는 사용자의 수가 증가하였다. 이는 기존의 수작업 및 ICT기술 미적용 창고 시스템은 변화하는 사용자의 요구를 충족시키는 데 어려운 상황이다. Zongguo Wen et al.[13]은 IoT기반 중국의 음식물쓰레기 처리를 위한 시스템을 활용하여 운송, 모니터링 그리고 추적할 수 있도록 개발하였다. 이 시스템은 음식물 쓰레기통을 식별하기 위해 각 쓰레기통에는 RFID를 장착하여 음식물 쓰레기 트럭에 음식물쓰레기를 실은 후, 수집 시간과 무게 등이 실시간 감지되어 위생관리에도 유용하다. 하지만 RFID 태그의 정보과 불일치하거나, 교체와 같은 문제점으로 인해 신뢰성이 다소 부족하다. Jasleen Kaur et al.[14]는 클라우드 기반의 자동 식료품 주문시스템을 제안하였다. 식료품 용기에 초음파센서를 부착하여 식료품의 남은 재고수량을 파악하였고, 재고가 일정수준 이하로 떨어지면 GPS센서를 통해 가장 가까운 상점에 자동 주문을 요청하게 된다. 사용자는 안드로이드 기반 애플리케이션을 통해 피드백을 받을 수 있는 유용한 시스템이다. 이에 따라 해당 재고보관함의 재고량을 파악하기 위해 초음파센서를 사용한다. 재고보관함의 위치를 정확히 감지하기 위해 OpenCV 라이브러리를 통한 인공지능 기반의 IoT기반 창고관리 시스템을 설계한다.

Ⅲ. IoT기반 스마트 창고관리 시스템

1. IoT 스마트 창고관리 시스템

현재 공장 물류는 여전히 자동화 제조 공정에 통합되어 있지 않아 어려움을 겪고 있다. 이를 해결하기 위해 공장 물류는 근로자 수동으로 구동되는 지게차작업을 줄이고 자동화할 방안이 필요하다. 자동화 창고관리를 위한 AGV 시스템은 생산 효율성과 유연성 문제를 해결하기 위한 솔루션으로 사용되고 있다. 그러나 AVG 시스템은 전자 유도식 방안으로 바닥면에 유도선을 설치하는 케이블 공사가 복잡하고 설치비용이 많이 든다. 또한 유도파가 발생되므로 공장 내부의 다른 설비기기의 영향을 미칠 수 있어 사용하기가 어렵다.

AVG는 이동경로를 설정하기 위한 layout 변경이 광학식에 비해 사물을 인지하는 기술이 부족하다. 따라서, 본 논문에서는 중소제조기업을 위한 고비용의 AGV와 맞춤 Layout 설계를 위해 광학식의 자율이동모듈을 이용한 IoT기반의 창고관리 시스템을 제안한다. 그림1은 예상하는 창고환경에서 IoT기반의 스마트창고관리 모델이다.

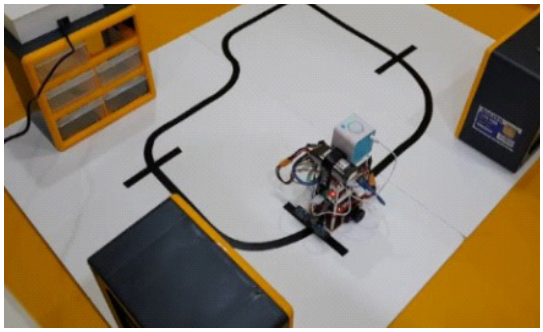

그림 1. 자율이동모듈을 이용한 IoT기반 실시간 자동 창고 관리의 모델
Fig. 1. Model of real-time automatic inventory management based on Autonomous mobile module

그림 1의 자율이동모듈은 공장의 스마트 재고 관리 방안으로 작업자가 자재수량을 수작업으로 파악하는 방식을 활용하여 자동화하기 위해 전용 라인으로 이동한다. 자율이동모듈은 AVR ATMega128 MCU 기반의 라인트레이서 키트를 사용하였다. 광학방식인 자율이동모듈은 바닥면에 전자테이프로 경로를 설정하여 설치비용이 저렴하고 공장 환경에 따른 맞춤형 layout 설계가 가능하다.

자율이동모듈의 이동경로 운영은 라인을 따라 이동하면서 해당 보관함 앞에 멈추기 위해 검정라인이 겹치는 부분을 인지한다. 회전구간에선서는 바퀴가 해당 라인 방향으로 회전하면서 광센서가 인지한 방향으로 이동하도록 구현하였다.

그림 2는 실시간 자동 재고관리를 위한 구조도 나타낸다. 실시간 자동 재고관리 구조도는 Robot과 Inventory, Server 그리고 Monitoring으로 구성된다. 그림 2의 Inventory 부분에는 재고보관함 별 네임텍이 부착되고,

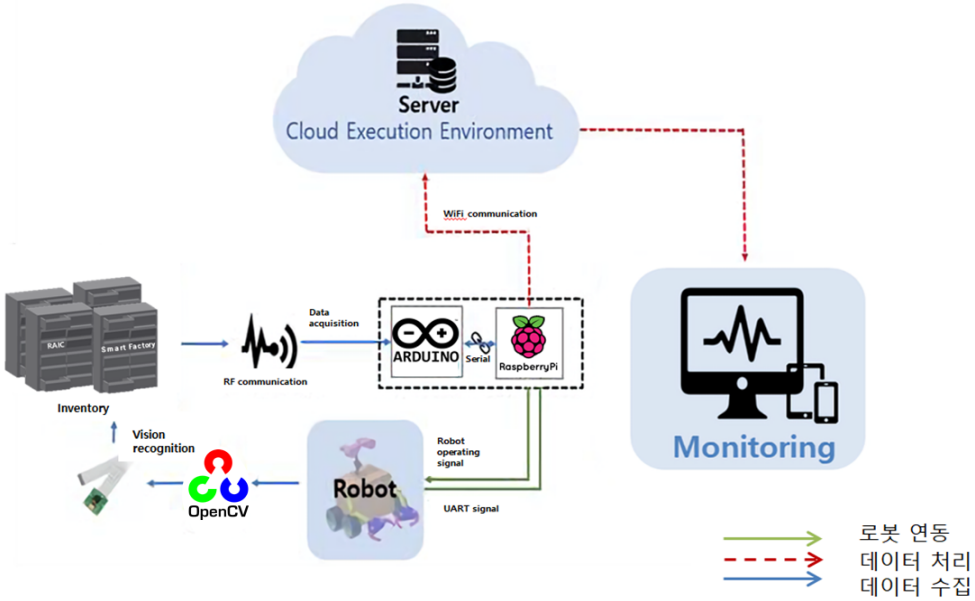

그림 2. IoT기반 실시간 자동 재고 관리의 모델 구조 다이어그램
Fig. 2. Model structure diagram of real-time automatic inventory management based on IoT.

상단에 설치된 초음파센서를 통해 재고 입출입에 따른 재고량 파악이 가능하다. Robot 부분에는 자율이동 로봇과 라즈베리파이와 OpenCV 그리고 카메라모듈(비전카메라)로 구성된다. 로봇이 라인에 따라 이동하면서 해당 보관함의 네임텍을 비전카메라가 감지한다. 이미지의 네임텍 인지를 위해 OpenCV 라이브러리와 Tesseract-OCR엔진을 사용하여 네임텍 결과를 추출한다.

자율이동모듈이 해당 보관함 앞에 멈추면, 모듈에 달린 카메라를 통해 네임텍 이미지를 인식하고 해당 문자를 추출한다. 를 통해 재고량을 측정한다. 각 보관함의 보관함 상단에는 3D프린터로 제작된 케이스를 확인할 수 있다. 내부에는 초음파센서와 전원 그리고 아두이노가 부착되게 설계한 모습이다.

네임텍과 추출된 문자가 일치하면 아두이노의 부착된 초음파센서 측정된 데이터는 RF모듈을 통해 무선으로 자율이동모듈 내부의 아두이노로 전달한다.

통신부분에는 자율이동모듈 내부에 있는 라즈베리파이와 아두이노에서 측정된 센서 값을 라즈베리파이 간의 Serial통신을 통해 전달된다. 전송된 데이터는 라즈베라파이에서 처리한 후, 데이터베이스 서버에 저장된다. Monitoring 부분에서는 저장된 DB데이터를 서버에 요청하여 웹 기반 관리자 페이지를 통해 관리자가 적시에 해당 보관함의 재고량을 날짜, 시간 그리고 요일에 따라 선택하여 확인할 수 있다.

2. 문자 & 음성인식을 통한 재고보관함 식별

공장의 각 창고에는 다양한 재고보관함을 식별하기 위해 각 보관함별로 네임텍을 활용한다. 감지된 재고보관함의 네임텍(문자)에 따라 해당 보관함의 재고의 입출입을 적시에 판단 할 수 있다. 창고 안에서는 라인에 따라 자율이동모듈이 이동하면서 재고보관함을 인지하면 멈춘다.

영상 화면에서 최소 2초 동안 카메라 설정 대기 시간이 필요하며 5초 후부터 안정적으로 이미지를 저장한다. 저장한 이미지는 가우스 필터를 적용하여 불필요한 노이즈를 제거함에 따라 부드러운 이미지를 얻게 된다. 노이즈가 제거된 이미지의 문자는 선명도를 높이는 방법으로 임계값을 조절하여 인식률을 높였다. 또한, Contour 함수를 사용하여 해당 이미지의 문자의 윤곽선을 추출하여 해당 재고보관함의 네임텍과 일치 가능 여부를 판단하도록 구현하였다. 이는 보관함의 네임텍과 추출된 문자의 결과가 일치 하였을 경우에는 음성을 통해 해당보관함의 문자와 text true를 확인할 수 있다.

자율이동모듈 내부의 라즈베리파이에 부착된 카메라

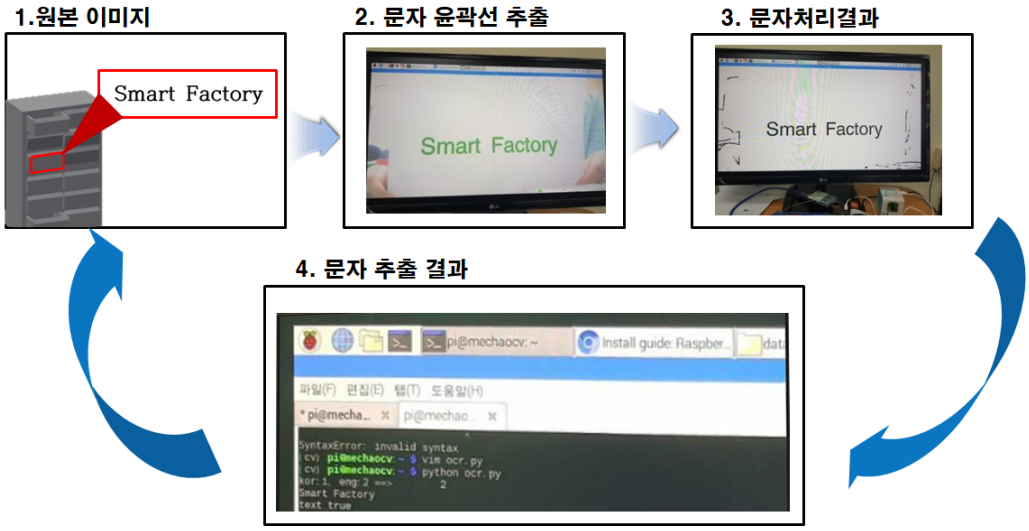

그림 3. 문자 인식 처리 및 추출 결과
Fig. 3. Model structure diagram of real-time automatic inventory management based on IoT.

모듈과 OpenCV 라이브러리를 통해 해당 재고보관함의 네임텍을 인지하고 추출한다. 그림 3은 문자인식을 처리한 프로세스 및 결과를 의미한다. 비전카메라가 원본 이미지를 촬영한다.

반대로 보관함의 네임텍과 추출된 문자의 결과가 불일치 경우에는 음성으로 text false를 출력하여 해당 보관함을 정확히 인지 및 판단하도록 구현하였다. 그림 3의 콘솔이 출력된 문자추출 결과를 통해 측정된 문자의 일치 여부를 확인 할 수 있다.

3. 재고량 데이터 수집 및 DB 저장

공장의 창고에서 재고의 변화를 자동으로 감지하기 위해 초음파 센서를 각 재고의 보관함 상단에 설치한다. 설치한 센서를 통해 감지된 거리에 따른 수량 변화를 판단하여 재고의 출고의 유무를 판단한다.

감지기능은 재고 수량의 변동을 감지한다. 사용되는 아두이노 버전은 아두이노 우노(Arduino Uno)와 초음파 센서로부터 재고 수량 데이터를 측정한다. 다양한 재고 보관함의 아두이노에서 측정된 초음파 센서가 감지한 재고량은 로봇 내부의 메인 아두이노와 RF모듈을 통해 무선 통신하여 데이터를 전송하였다.

또한 로봇 내부의 아두이노와 라즈베리파이(서버) 간의 데이터 전달을 위해 시리얼 통신을 이용하였다. 서버에 전송된 재고량 값은 터미널 상의 콘솔에서 재고 보관함의 칸 수를 개당 재고량으로 가정하고, 결과를 1~3(칸)으로 확인할 수 있다. 확인된 데이터는 연결된 데이터베이스 서버에 저장 된다. 데이터베이스에는 인지된 해당 재고 보관함 네임과 재고량 확인이 가능하다.

Ⅳ. 시스템 구현 및 검증

본 논문에서 제안한 시스템의 검증을 위해 표 1과 은 환경을 갖는 창고관리 시스템에 구현되었다. 이는 실시간 자동재고 수집 기반의 시스템으로 RAIC 시스템이라 부른다. RAIC 시스템은 관리자용 모니터링이 가능한 애플리케이션을 웹기반으로 개발되었다. 근로자들의 시스템 접근성을 높이기 위해 스마트창고관리를 위한 자재정보를 처리할 애플리케이션은 안드로이드 기반으로 설계하여 구현할 예정이다.

시스템 구성 도는 표 1과 같이 라즈베리파이를 서버로 활용하기 위해 리눅스 기반의 OS인 라즈비안을 설치하고 웹서 버는 Apache2, 데이터베이스는 MYSQL 그리고 관리자 모니터링 페이지 구현을 PHP를 이용한다. Software부분에서 자율이동모듈인 MCU 기반의 라인트레이서를 이동시키는 코드는 C로 구현하였다. 아두이노와 라즈베리파이간 통신 부분 그리고 데이터베이스는 Python 기반으로 구현하였다.

표 1. 시스템 구성
Table 1. Testing system the configurations

	System Environment
Server	Raspberry Pi 3 Model B
Operating System	Rasbian
Software	Python, C
	Tesseract - OCR, OpenCV
	MySQL server 5.7.18
	HTML5, PHP 7.0
Hardware	Arduino Uno Rev3
	Pi Camera
	RF HC-11
	Ultrasonic sensor
	AVR ATMega128 MCU

Hardware부분에서는 라즈베리파이 3 모델과 아두이노 우노 사용한다. RF모듈을 통한 라즈베리파이와 아두이노 무선통신을 구현하였다. 초음파센서는 아두이노에 부착하여 물체의 거리인식을 통해 재고 수량을 체크할 수 있다.

1. 관리자 재고 모니터링

그림 4는 재고보관함에 재고 입출고를 파악하기 위한 보관함 설계와 재고량 파악 방법을 나타낸다. 재고보관함 상단에 3D프린터로 제작한 케이스의 내부 설계 모습이다. 초음파센서를 부착하기 위해 해당 부분을 그라인더로 매끄럽게 갈아 아두이노 우노와 전원 그리고 초음파센서가 놓이도록 설계하였다.

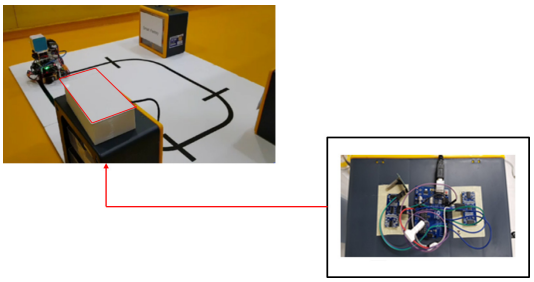

그림 4. 재고 수량을 파악하기 위한 보관함 설계 및 방안
Fig. 4. Inventory storage design and grasping Inventory quantity

재고 보관함에서 재고의 입출입을 파악하기 위해 1칸~6칸의 보관함이라 가정할 때, 왼쪽 상단의 2번째 칸의 자재가 출고 되면 아두이노에서는 5칸의 재고가 남는다. 이에 따라 오른쪽 상단 2~3번째 칸의 자재가 출고되면 4개의 재고량이 남도록 구현하였다. 이는 각 재고의 보관함 상단에 설치된 초음파센서를 통해 감지된 거리에 따른 수량 추이를 계산하여 재고의 입출고의 유무가 판단된다. 계산된 해당 보관함의 남은 재고량은 실시간 측정되어 재고의 입출고 정보를 DB서버에 저장된다. 저장된 정보를 확인하기 위해 모니터링 시스템을 제공한다. 담당자는 PC를 통해 보관함의 남은 재고량을 확인할 수 있으며 창고담당자는 그림5의 관리자용 페이지를 통해 재고량 확인이 가능하다.

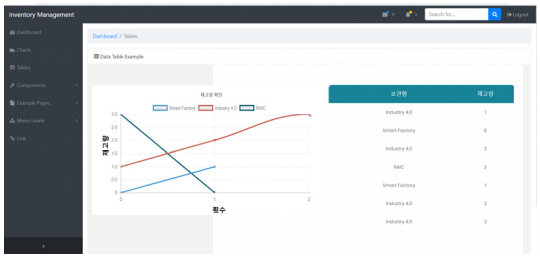

그림 5. 모니터링 시스템 화면
Fig. 5. Monitoring system screen

그림 5는 모니터링 시스템에 대한 설명이다. 시각화를 높인 그래프에는 사용자에게 높은 직관성과 시각화를 제공하기 위해 재고 추이를 확인한다. 표에는 보관함의 재고 입출력에 따른 재고량 값이 처리되어 DB에 저장된 값으로 재고 보관한 네임(위치 확인)이 가능하다.

V. 결 론

기존의 중소제조기업에서는 경험과 수작업으로만 업무를 처리하고 있어, 사용자 주문 시 해당 품목의 재고 수량이 일치 하지 않아 사용자의 니즈를 만족시킬 최적의 환경을 조성하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 자율이동성 모듈을 통해 자동 재고 데이터 수집 시스템이 필요하다.

데이터 수집을 고도화하기 위해 라즈베리파이에 OpenCV를 설치하여 이미지를 처리하고 Tesseract-OCR을 통해 재고보관함 네임텍(문자) 인지가 가능하다. 아두이노에 수집된 초음파 센서의 거리측정에 따른 데이터를 분석한 결과, 5번시도 했을 때, 3~4번의 Text false

가 출력 되었다. 이미지 인식 시 이미지 촬영 환경에 따른 촬영조명과 이미지 대비 등 다양한 변수가 존재한다. 이를 해결하기 위해 가우시안 필터를 적용하여 노이즈를 제거하고 Contour함수로 이미지 인식률을 높였다.

재고량은 재고보관함의 한 칸이 빠질 때마다 초음파 센서가 거리 값으로 출력한다. 정확한 재고보관함 수치를 측정하여 보관함의 칸 수마다 해당 값과 거리 값을 일치시켜 재고 수량 데이터의 신뢰성을 높였다. 이에 따라 자율이동모듈은 재고보관함의 네임텍을 인지하면 멈춰, 보관함의 재고량 측정한다. 해당 보관함의 네임텍과 문자인식을 통해 추출된 결과가 Text true인 경우 아두이노의 수집된 데이터가 서버로 전달된다. 서버로 전달된 데이터를 처리하여 DB에 저장한다.

창고관리자가 재고 수량과 위치를 실시간으로 모니터링하기 위해. 관리자 페이지를 구현하였다. 데이터 시각화를 높이기 위해 그래프를 구현하여 재고량을 쉽게 파악할 수 있다. 따라서 기업의 수작업 생산방식에 따른 문제를 해결하기 위해 제안하는 IoT기반의 스마트창고관리 시스템을 통해 데이터를 자동 수집이 가능하다. 이에 따라 사용자의 니즈를 적시에 대응이 가능하고 수작업이었던 작업자의 시간적, 노동적 비용을 감소되어 재고관리의 비용절감 효과를 예상한다.

References

[1] Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, and Tim Watson, “The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework Computers in Industry”, Vol. 101, pp.1-12, 2018, https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015.

[2] Jae-Young Chang, “An Experimental Evaluation of Box office Revenue Prediction through Social Bigdata Analysis and Machine Learning”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 3, pp.167-173, Jun. 30, 2017. https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.3.167

[3] Jeong-A Kim, Jongpil Jeong, Tae-hyun Lee, and Sangmin Bae, “Effectiveness Evaluation of Demand Forecasting Based Inventory Management Model for SME Manufacturing Factory”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 18, No. 2, pp.197-207, Apr. 30, 2018. https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.2.197

[4] J. W. Kim, S. H. Sul, J. B. Choi. “Development of unmanned remote smart rescue platform applying Internet of Things technology”, International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 14, No. 6, pp.1-14, 2018.

[5] Min-soo Kang, Chunhwa Ihm, Jaeyeon Lee, Eun-Hye Choi, and Sang Kwang Lee, “A Study on Object Recognition for Safe Operation of Hospital Logistics Robot Based on IoT”, The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), Vol. 17, No. 2, pp.141-146, Apr. 30, 2017. https://doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.2.141

[6] Zhe Yuan, Yeming(Yale) Gong, “Improving the Speed Delivery for Robotic Warehouses”, This research is supported by China Scholarship Council and Chutian Scholarship. IFAC-PapersOnLine, Vol 49, NO, 12, pp. 1164-1168, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.661

[7] Shu-Jing Zhang1, Lei-Zhang1, and Ri Gao, “Research on Visual Image Processing of Mobile Robot Based on OpenCV”, Journal of Computers Vol. 28, No. 5, pp. 255-275, 2017. https://doi:10.3966/199115992017102805023

[8] M. Rajesh, Bindhu K. Rajan, Ajay Roy, K. Almaria Thomas, Ancy Thomas, T. Bincy Tharakan, and C. Dinesh, “Text recognition and face detection aid for visually impaired person using Raspberry PI”, International Conference on circuits Power and Computing Technologies [ICCPCT], pp .1-5, 2017. doi: 10.1109/ICCPCT.2017.8074355

[9] Giuseppe Guido, Vincenzo Gallelli, Daniele Rogano, and Alessandro Vitale, “Evaluating the accuracy of vehicle tracking data obtained from Unmanned Aerial Vehicles”, International Journal of

Transportation Science and Technology, Vol. 5, No.3, pp.136-151,2016.
https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2016.12.001.

[10] Amit Dhomne, Ranjit Kumar and Vijay Bhan, “Gender Recognition Through Face Using Deep Learning”, Procedia Computer Science, Vol. 132, pp. 2-10, 2018.
https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.053

[11] Binbin Yong, Zijian Xu, Xin Wang, Libin Cheng, Xue Li, Xiang Wu, and Qingguo Zhou, “IoT-based intelligent fitness system”, Journal of Parallel and Distributed Computing, Vol. 118, No 1, pp. 14-21, 2018.
https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.05.006.

[12] Saleh Alyahya, Qian Wang, and Nick Bennett, “Application and integration of an RFID-enabled warehousing management system - a feasibility study”, Journal of Industrial Information ntegration, Vol. 4, pp. 15-25, 2016.

[13] Zongguo Wen, Shuhan Hu, Djavan De Clercq, M. Bruce Beck, Hua Zhang, Huanan Zhang, Fan Fei, and Jianguo Liu, “Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management”, Waste Management, Vol 73, pp. 26-38, 2018.
https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.054.

[14] Jasleen Kaur, Pankaj Deep Kaur, “CE-GMS: A cloud IoT-enabled grocery management system”, Electronic Commerce Research and Applications, Vol. 28, pp. 63-72, 2018.
https://doi.org/10.1016/j.elerap.2018.01.005.

저자 소개

김 정 아(준회원)

• 2017.3 ~ : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정 재학중
<주관심분야 : 스마트팩토리, IT융합, 스마트 헬스케어, 사이버물리시스템, 사물인터넷, 웨어러블 컴퓨팅 , 인공지능, 첨단 로봇 등>

정 종 필(정회원)

• 2008년 ~ 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
• 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단 교수
• 2015년 ~ 현재 : 전자부품연구원 IoT융합연구센터 전문연구위원
• 2016년 ~ 현재 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 사업총괄책임자
<주관심분야 : 스마트팩토리, 모바일융합컴퓨팅, 센서 네트워크, 차량 모바일 네트워크, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스, 스마트 헬스케어, IoT/M2M, 웨어러블 컴퓨팅 등>

※ 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2018-08-01417).
※ 본 연구는 교육부 및 한국연구재단의 기초연구사업의 연구결과로 수행되었음(NRF-2016R1D1A1B03933828).