

RFID 냉동창고 관리시스템의 품질향상을 위한 슈퍼바이저 시스템 개발

문 미 경 *

Supervisor System Development for Improving Quality of RFID Cold Storage Management Systems

Mi-Kyeong Moon *

요 약

냉동창고는 일반 창고와 달리 냉각설비를 갖춘 단열된 건물의 창고로서, 0°C이하의 다양한 유형의 냉장/냉동고에 물품들을 입고, 적재, 출고하는 일련의 업무가 운영된다. 최근 냉동창고에 RFID 기술이 도입됨으로써 창고 내 물품관리를 네트워크화, 지능화할 수 있게 되었다. 그러나 RFID 시스템으로 인한 물리적 인식 실패뿐만 아니라 논리적 인식 실패로 인한 물류정보 불일치가 발생하게 되면 RFID 냉동창고 관리시스템의 신뢰도가 떨어지고 업무의 효율이 감소하게 된다. 본 논문에서는 RFID 냉동창고 관리 시 발생하는 다양한 종류의 오류들을 즉각적으로 탐지할 수 있는 슈퍼바이저 시스템의 개발내용에 대해 기술한다. 이는 RFID 냉동창고 관리업무상 발생할 수 있는 오류들의 제약조건들을 미리 설정하고 오류의 알림을 받을 수 있는 마스터 슈퍼바이저와 냉동창고 내 업무를 처리하는 작업자가 오류에 대한 알림을 받고 그 자리에서 오류를 직접 확인하고 처리할 수 있는 모바일 슈퍼바이저로 구성된다. 본 논문에서는 슈퍼바이저 시스템이 RFID 냉동창고 관리시스템 상의 오류들을 탐지/분석하는 시간을 줄임으로써 신뢰성을 높이기 위한 평균복구시간을 줄일 수 있음을 보인다.

▶ Keywords : RFID, RFID 시스템, RFID 오류, RFID 인식률, 오류감지시스템

Abstract

A cold storage is a warehouse of a insulated building with cooling installations. It has many different types of cold rooms with temperatures below 0 degrees Celsius, and the sequential workflow such as receiving, picking and packing runs in that rooms. Recently, the cold storages have adopted RFID technology, and consequently, warehouse product management in them are becoming intelligent and network. However, information inconsistency in warehouses caused by

•제1저자 : 문미경 •교신저자 : 문미경

•투고일 : 2014. 5. 9, 심사일 : 2014. 5. 19, 게재확정일 : 2014. 6. 17.

* 동서대학교 컴퓨터정보공학부(Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University)

※ 본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No.2011-0014556)

physical and logical errors reduces reliability in the RFID cold storage management system and worsens their work efficiency. Therefore, it is necessary to develop an early detection system to identify errors. In this paper, we suggest a supervisory system detecting logical errors on business processes of the RFID cold storage. It is composed of a master supervisor and mobile supervisor. In the master supervisor, the manager can set the constraints conditions and get alerts, and in the mobile supervisor, the workers confirm and deal with these faults directly. The supervisory system improve reliability of the RFID cold storage management system by recognizing a failure to identify physically and logically using these constraint conditions. This paper shows that the supervisory system can reduce the average recovery time to improve reliability by decreasing the time for detecting and analyzing errors in the RFID cold storage management system.

▶ Keywords : RFID, RFID system, RFID error, RFID recognition rate, Error monitoring system

I. 서 론

창고관리시스템 (Warehouse Management System: WMS)은 현재 많은 기업들이 솔루션을 구매하거나 또는 자체 개발을 함으로 적용하여 활용하고 있다. 창고관리시스템은 창고에 물품이 입고되어 출고되기까지 일어나는 상태변화, 재고의 흐름을 파악함은 기본이고, 전산회계상의 정보와 실물의 정보를 동기화함으로써 시스템을 통한 투명한 정보파악이 가능하게 되어 빠르게 변화하는 시장요구에 효과적으로 대응할 수 있게 한다[1]. 냉동창고는 일반 창고와 달리 냉각설비를 갖춘 단열된 건물의 창고이다. 냉동창고는 10도 이하의 냉장실(cold room)과 c&f급(-30℃~-0℃), f급(-20℃~-30℃), sf급(-20℃이하) 냉동고를 가지고 있다. 현재 보통의 냉동창고는 오랜 기간 작업해 온 지게차 기사가 물품의 적재 방법에서 장소지정까지 직접 결정하는 방식으로 관리되고 있다. 그러나 담당 지게차 기사가 부재 시에는 낮은 온도의 냉장/냉동실에서 물품을 찾아야하는 힘든 상황에 처하게 된다. 그러므로 냉동창고의 특성에 맞게 정확한 적재위치와 상황정보를 인지하는 시스템이 만들어지면 냉동창고를 관리함에 있어 특정 작업자에게 의존하지 않고 효율적이고 빠르게 일을 처리할 수 있게 된다.

RFID (Radio Frequency Identification)는 사물에 부착된 태그의 정보를 전파를 통하여 비접촉식으로 인식하고, 수집된 정보를 저장 및 가공하여 사용하는 기술이다[2]. 창고

관리 영역에서는 이 기술을 이용하여 창고의 입고에서 출고까지 전 과정은 물론 제품의 정보 및 위치 정보까지 전송이 가능하여 창고 내의 재고 파악을 실시간으로 가능하게 해준다. 이런 특성으로 인해 일반창고뿐만 아니라 특수창고 서비스에도 RFID가 확산되고 있다.

그러나 RFID 시스템을 사용하려는 기업들에게는 현재의 창고관리시스템을 업그레이드하는 것 이외에 몇 가지 장애물들이 있다. 예를 들어, 몇 가지 종류의 액체나 금속으로 만들어진 제품과 팔레트는 특별히 제대로 읽어 들이기가 힘들다. 또한 팔레트에 있는 박스들 중 가장자리에 있는 것들은 정확하게 읽어 들이지만, 내부에 들어가 있는 박스들을 정확하게 읽어 들이는 것이 힘들다. 이와 같은 많은 요소들로 인해 RFID를 이용한 시스템을 갖춘 작업환경마다 오류가 발생하게 된다[3]. RFID가 설치된 작업환경마다 일어나는 오류들은 창고업무 프로세스 전체에 피해를 입히게 되고 그로인해 업무 효율을 떨어뜨리게 된다. 사용자가 느끼는 RFID 창고관리시스템의 성능 향상은 이를 지원하는 RFID 시스템의 품질 향상에서부터 온다. 지금까지 RFID 시스템을 도입한 경우에는 단지 RFID 장비들의 물리적 인식률에만 초점을 두고 있었다. 그러나 사용자가 느끼는 RFID 창고관리시스템에 대한 신뢰는 각 장비마다의 물리적 인식뿐만 아니라 전체 프로세스 상의 인식된 데이터가 끊어지지 않고 올바르게 처리되는 논리적인 인식에 좌우된다. 그러므로 RFID를 도입한 냉동창고 관리시스템의 품질을 향상시키기 위해 오류 발생을 감지하고 이를 즉각적으로 알려줄 수 있는 시스템이 필요하다. 본 논문에서는 RFID 냉동창고 관리 시 발생하는 다양한 종류의

오류들을 즉각적으로 탐지할 수 있는 슈퍼마이저 시스템의 개발내용에 대해 기술한다. 슈퍼마이저 시스템은 마스터 슈퍼마이저와 모바일 슈퍼마이저로 구성되어 이중으로 오류를 탐지할 수 있다. 마스터 슈퍼마이저는 RFID 냉동창고 관리업무상 확인해야 하는 제약조건들을 미리 설정하고 이에 따라 오류의 알림을 받을 수 있고 전체적인 RFID 시스템을 모니터링 할 수 있다. 모바일 슈퍼마이저는 냉동창고 내 업무를 처리하는 작업자가 들고 다니며, 오류에 대한 알림을 즉각적으로 받고 그 자리에서 오류를 직접 확인하고 처리할 수 있도록 해 준다. 이러한 이중감시 형태의 슈퍼마이저는 RFID 시스템의 물리적 인식 실패뿐만 아니라 논리적 인식 실패를 감지할 수 있음으로 인해 전반적인 RFID 냉동창고 관리시스템의 신뢰성을 향상시킬 수 있게 한다.

II. 관련 연구

RFID 시스템의 신뢰성 향상을 위해서 지금까지 대부분의 연구는 RFID 태그, RFID 리더기, RFID 미들웨어 등 RFID 시스템의 구성요소 각각의 영역에서 신뢰성을 향상시키기 위한 방법들을 제시하였다. RFID 태그는 생산제조 분야에서 다양한 환경적인 제한 상황에서도 인식이 가능하고 높은 평균고장수명을 만족하는데 목표를 둔 연구들이 많았다. RFID 리더기는 송신출력, 주파수 허용편차, 온도, 습도, 충격 등의 성능 및 환경테스트를 통과할 수 있도록 하는데 주력하고 있다[2]. RFID 미들웨어는 데이터 수집능력과 질의 처리능력이 중요한 요소로 인식되기 때문에 이에 대한 검증을 거치는 방법들이 많이 제시되었다[4, 5, 6, 7]. 또한 RFID 태그, 리더기 및 안테나에 대한 원천기술 개발이 성숙기에 접어들면서 선진 RFID 장치 제조업체에서는 제품 차별화 및 신기술 선도를 위해 RFID 장치의 지능화 및 원격제어 기술 개발에 주력하고 있다. Impinj, Intermec, Alien, ODIN 등 수동형 RFID 리더기 장치 개발 선도 기업에서는 RFID 리더기에 대한 원격 모니터링 및 장치 제어 기술 등 지능형 RFID 시스템 연구를 진행하고 있다. RFID 장치에 대한 이상 상태 모니터링 및 장애 대응에 대해서는 MIT를 비롯한 Auro-ID Labs 관련 대학 중심의 연구 단계가 진행 중이다.

그러나 RFID 시스템이 도입되는 도메인의 대부분은 n개 이상의 장치가 서로 연결되어 구축되는 환경을 갖추기 때문에 장비 하나하나의 결합뿐만 아니라 중간의 데이터 손실 없음을 보장해주는 방법들이 요구되고 있다. 연구 [8]에서는 물류시스템에서의 RFID 애플리케이션 신뢰성 향상을 위해 태그인식 수준을 구분하고 상위수준의 복잡한 이벤트를 통해

하위 수준의 인식률을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하고 있다. 또한 최근 RFID 기반 물류정보 동기화를 위한 연구가 진행되고 있는데, 이는 상품재고 및 자산관리 등 물류 공급망 프로세스를 RFID 인프라를 이용하여 관제함으로써, 물류 공급망에서 수집한 정보의 신뢰성과 프로세스 효율을 향상시키는 것을 목표로 하고 있다[9]. 그러나 아직까지 RFID 기반 시스템의 정보 불일치 오류 감지 및 보정 기술에 관해서는 뚜렷한 연구 사례가 확인되지 않고 있는 실정이며, RFID 기반 프로세스 상의 데이터를 가시화하고 추적할 수 있는 도구를 제시하는 연구가 부족한 상태이다. 지금까지의 연구들은 RFID 시스템의 물리적 오류에 대한 해결 방법과 도구 개발에 초점을 두었으나 논리적 오류에 대한 연구내용은 미비한 상태이다. 본 논문에서는 RFID 시스템의 논리적 오류에 대한 탐지 및 분석을 위한 방법과 도구개발에 초점을 두고 있다.

III. RFID 시스템의 논리적 오류유형

본 장에서는 여러 개의 RFID 리더기가 설치된 곳에서, 태그들이 인식되어 처리되는 프로세스를 가진 RFID 시스템에서 식별될 수 있는 네 가지 논리적 오류유형과 이러한 오류를 감지하기 위한 두 가지 사전조건들에 대해 설명한다[10].

3.1 오류유형 감지를 위한 사전조건

- 논리적 리더기 네이밍: 같은 행위(activity)를 하는 1개 이상의 물리적 RFID 리더기의 이름을 논리적 리더기명으로 매핑한다. 논리적 리더기명 정의는 다음과 같이 한다.
 - 논리적 리더기명 = {물리적 리더기명1, 물리적 리더기명2, ..., 물리적 리더기명n}
 - 예) Rin = {Rin1, Rin2, Rin3}
- 대상태그 네이밍: 각 제약조건이 주어지는 대상 태그를 지정한다. 대상 태그는 같은 제약조건이 가해지는 일련의 태그들을 하나로 그룹핑하고 이를 논리적 태그명으로 명시한다. 대상태그를 지정하는 방식은 다음과 같다.
 - T(그룹핑되는 태그개수)특정태그이름
 - 개수를 알 수 없는 임의의 태그 집합:T(*)
 - n개의 태그 집합:T(n)
 - 특정한 목적으로 인식되는 이름(예:start)을 부여할 수 있는 하나의 태그인 경우:Tstart

3.2 RFID 시스템의 오류유형

- Reader Sequence/Time 오류: 반드시 순서대로 인식되어 지나가야 하는 리더기들을 나열하고 인식되는 리더기들 사이의 지연시간을 명시한 후, 이에 부합되지 않는 경우를 탐지하는 오류이다.

Reader Sequence/Time 제약조건 명시 방법
<대상태그>: ((시작논리적리더기명1 →논리적리더기명2):지연시간 →논리적리더기명3 →.. →끝논리적리더기명)최대총착업시간

- Exclude 오류: 대상태그가 임의의 리더기에서 인식되지 않아야 하는 경우를 명시한 후, 이에 부합되지 않는 경우를 탐지하는 오류이다.

Exclude 제약조건 명시 방법
<대상태그>: ~논리적리더기명

- Precondition Reading 오류: 대상태그가 임의의 리더기에서 인식되기 위해 사전조건으로 반드시 특정 리더기에 인식되어야 하는 경우를 명시한 후, 이에 부합되지 않는 경우를 탐지하는 오류이다.

Precondition Reading 제약조건 명시 방법
<대상태그>: 논리적리더기명1+논리적리더기명2

- Tag Sequence/Count 오류: 연속적으로 끊임없이 인식되는 태그값을 특정 단위별로 끊어 처리하기 위한 방법으로, 임의의 태그가 특정 태그들 사이에 포함되어 인식되어야 하는 조건을 명시한 후, 이에 부합되지 않는 경우를 탐지하는 오류이다.

Tag Sequence/Count 제약조건 명시 방법
<대상태그1,...,대상태그n:최소인식간격>:논리적 리더기명

IV. 시스템 아키텍처

그림 1은 RFID 냉동창고 관리시스템과 연관되어 있는 슈퍼바이저 시스템에 대한 구성도이다. RFID 기반 냉동창고

관리시스템은 입고-적재-출고의 프로세스를 거친다. 입고대기장과 출고대기장에 n개의 RFID 리더기가 설치되어있고 지게차에는 2대의 RFID 리더기가 설치되어있으며 각 추마다 1대의 지게차가 있다. 입고요청을 받은 물품이 입고대기장에 오면 RFID 리더기를 시작시키는 시작태그와 물품태그를 읽는다. 적재 시에는 지게차에 설치된 두 대의 RFID 리더기가 천정에 부착된 위치태그와 지게차에 실린 물품태그를 읽는다. 출고 시에는 출고대기장의 RFID 리더기가 물품태그 값을 읽어 들이고 물품의 정보를 비교한 후 출고처리를 완료한다. 이러한 n개의 RFID 시스템으로부터 인식되는 태그 데이터를 백업하고 감시하는 슈퍼바이저 시스템이 있다. 슈퍼바이저 시스템은 RFID 시스템으로부터 올라오는 태그 데이터를 수집하고 모니터링하는 마스터 슈퍼바이저와 각 해당 RFID 시스템이 설치되어 있는 곳에서 오류 알람을 받고 그 결과를 확인해서 응답을 보내줄 수 있는 모바일 슈퍼바이저로 구성된다.

마스터 슈퍼바이저를 사용하는 창고시스템 관리자는 RFID 리더기 미작동, RFID 리더기 연결 끊김과 같은

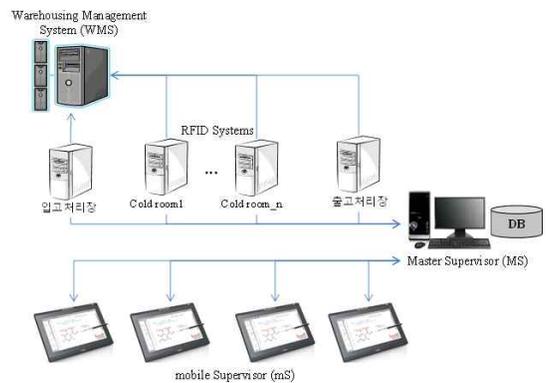


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Architecture

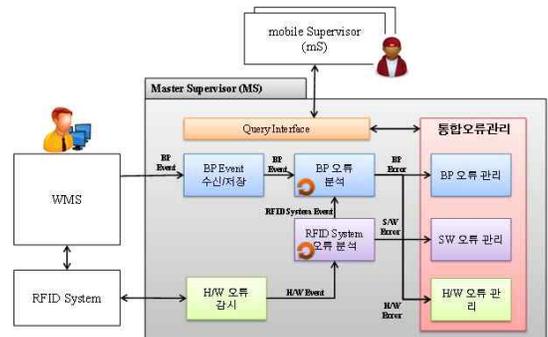


그림 2. 마스터 슈퍼바이저 모듈구성도
Fig 2. Module Structure of Master Supervisor

RFID 시스템의 물리적 오류들을 확인할 수 있다. 즉, RFID 장비들 각각에 대한 작동여부를 모니터링 할 수 있고, 이상이 있을 경우 이에 대한 알림을 받는다. 뿐만 아니라, 창고시스템 관리자는 하나 이상의 RFID 장비를 거치는 물품들에 대한 논리적 오류를 감시하기 위해 3장에서 설명한 각 오류유형별 제약조건들을 설정한다. 그림 2는 마스터 슈퍼바이저의 세부 운영 모듈들을 표현한 것이다.

설정해 놓은 오류조건에 따라 마스터 슈퍼바이저가 오류를 탐지하는 방법은 다음과 같다. RFID 시스템의 H/W 구성요소들에 대한 동작 상태를 실시간으로 모니터링(H/W오류감시)하여 장애상태를 판단(RFID오류분석)하고 이를 저장하고 오류로 보고를 하게 된다(SW오류관리, HW오류관리). 관리자가 설정하게 되는 오류탐지를 위한 제약조건들은 해당 제약조건을 시작시키는 대상태그가 인식되었을 때, 모니터링이 시작되게 된다. 도중에 오류가 탐지되면(BPEvent수신/저장) 먼저 RFID H/W에 대한 물리적 오류를 확인하고 물리적 오류의 이상이 없을 경우 오류유형을 분석하게 된다(BP오류분석). 오류이력 데이터베이스에 오류정보를 저장하게 되고 오류를 보고하는 절차를 가진다(BP오류관리).

마스터 슈퍼바이저에서 논리적 오류를 탐지하게 되면, 해당 RFID시스템의 장비상태를 확인할 수 있는 곳의 작업관리

자에게 모바일 슈퍼바이저를 통해 알림을 주게 된다. 마스터 슈퍼바이저와 모바일 슈퍼바이저는 서로 HTTP 통신을 이용해 웹브라우저에 JSON형식의 데이터 패킷으로 자료를 전송하고 전송한 데이터를 받아서 JSON으로 형 변환 후 사용한다. HTTP 통신은 웹브라우저에 정보를 표시하는 것과 같이 클라이언트의 요청이 있을 때 서버가 해당 페이지에 대한 자료를 전송하고 곧바로 연결을 끊는다. 그러므로 HTTP 통신은 서버의 부하를 줄여서 다른 접속을 원활하게 처리할 수 있다는 장점이 있다.

V. 슈퍼바이저 시스템

5.1 마스터 슈퍼바이저

그림 3은 RFID 오류탐지를 위한 이종 슈퍼바이저 시스템 중, 마스터 슈퍼바이저의 메인 화면이다.

- H/W Monitoring Map: 메인화면의 가운데 위치한 화면으로 모니터링 대상이 되는 RFID 리더기와 태그들이 표시된다. 왼쪽 패널에는 이러한 하드웨어 장치들에 대한

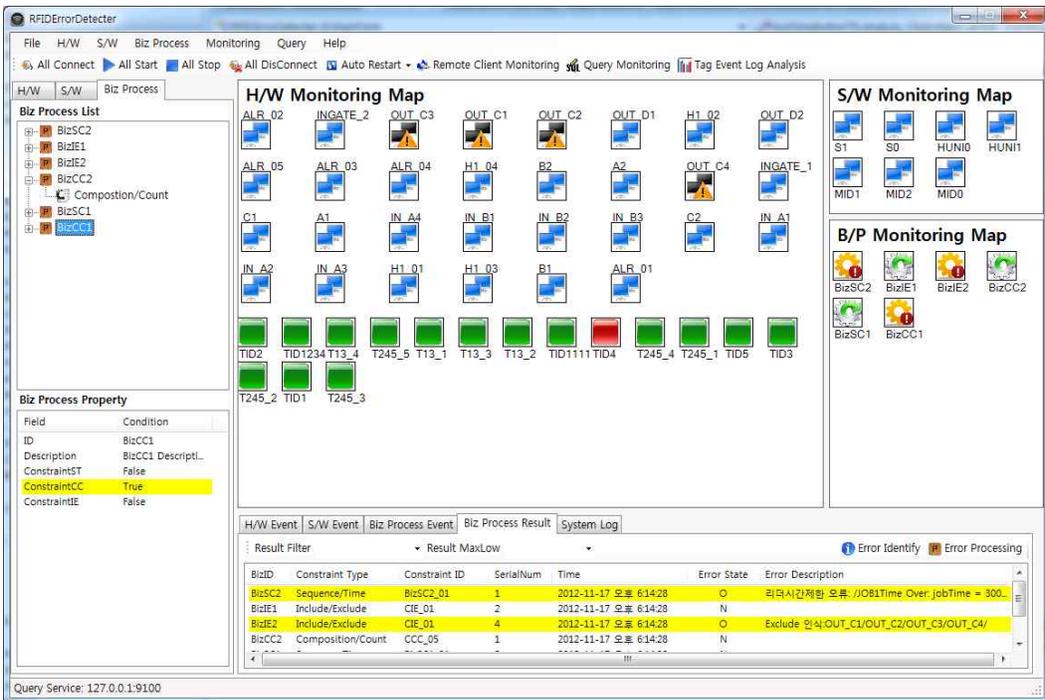


그림 3. RFID 오류탐지를 위한 마스터 슈퍼바이저 시스템 메인화면
Fig 3. Master Supervisor Main UI for Detecting RFID errors

목록이 나열되며, 각 장치에 대한 속성창이 나타난다. 이러한 장치들에 대한 물리적 오류 즉, 기능불량이나 연결 끊힘의 오류가 발견된 경우에는 H/W Monitoring Map에서 직관적으로 알 수 있게끔 오류표시가 나타난다. RFID 리더기의 하드웨어 상태에는 정상, RFID 리더기의 고장, RFID 리더기의 충돌, RFID 리더기의 연결 끊김이 있다. RFID 리더기의 하드웨어 상태에 따라 RFID 리더기의 이미지가 변하며, RFID 리더기를 선택하면 해당 RFID 리더기의 상세정보를 확인 할 수 있다. RFID 리더기의 상세 정보에는 모델명, ID, RFID 리더기의 고장 상태, RFID 리더기의 충돌 상태, RFID 리더기의 연결 끊김 상태가 있다.

- S/W 및 B/P Monitoring Map: 상위의 메뉴에서 Biz Process를 통해 오류감지를 위한 제약조건을 입력할 수 있다. 입력한 제약조건에 대해 본 Map에 표시된다. 그리고 설정된 태그가 읽힘과 동시에 모니터링이 실시되고 제약조건에 걸리는 오류가 탐지되는 경우 오류표시가 나타나게 된다. 표시된 오류탐지 제약조건을 클릭하면 이에 대한 제약조건 유형, 오류탐지 시간, 오류상태, 오류상세 내용이 아래 패널에 나타난다. 비즈니스 프로세스 상태에는 정상, Sequence/Time 제약오류, Exclude 제약오류, Composition/Count 제약오류(3.2절의 Tag Sequence/Count 오류에 해당), Precondition Reading 제약오류가 있다. 비즈니스 프로세스 상태에 따라 비즈니스 프로세스의 이미지가 변한다. 비즈니스 프로세스를 선택하면 해당 비즈니스 프로세스의 상세 정보를 확인할 수 있다. 비즈니스 프로세스의 상세정보에는 ID, 비즈니스 프로세스의 설명, 각 오류유형에 대한 제약정보와 제약오류 상태를 확인할 수 있다.
- 메인화면의 하단에 있는 시스템 로그창에는 오류 타입, RFID 리더기의 하드웨어 오류 및 비즈니스 프로세스 오류, 발생시간이 표시된다.

5.2 모바일 슈퍼바이저

모바일 슈퍼바이저는 원격에서 관리할 수 있는 마스터 슈퍼바이저와는 달리 작업자가 현장에서 업무를 처리하면서 직접 RFID 오류를 확인하고 처리를 해야 하기 때문에 작업장의 모습을 최대한 반영시켜 개발하도록 한다. 본 연구에서 목표로 하는 냉동창고는 한 층에 2~3개의 냉동고를 가지고 있는 형태이고 1층을 제외하고 유사한 설계를 가지고 있다. 현재 RFID 시스템이 1층에서 4층까지 설치가 되어 있어 이에 대한 도면도를

모바일 슈퍼바이저의 배경화면으로 사용하고 있다.

그림 5는 모바일 슈퍼바이저의 첫 번째 화면으로, 창고 총 관리자가 한 번에 전체적으로 보기 용이하도록 창고 전체의 모습을 나타내고 있다. 이 화면에서는 RFID 시스템이 설치된 모든 창고 도면 위에 RFID 리더기의 하드웨어 상태를 표시하고 전체 비즈니스 프로세스 상태를 표시한다. 그림 5의 ①에서 창고 1층의 입고대기장의 RFID 리더기 상태의 오류를 표시하고 있으며, ②에서 비즈니스 프로세스 오류를 알려주고 있다.



그림 4. 모바일 슈퍼바이저 메인화면
Fig 4. Mobile Supervisor Main UI

RFID 리더기의 하드웨어 상태를 선택하면 RFID 리더기의 상세정보를 볼 수 있고 비즈니스 프로세스 상태를 선택하

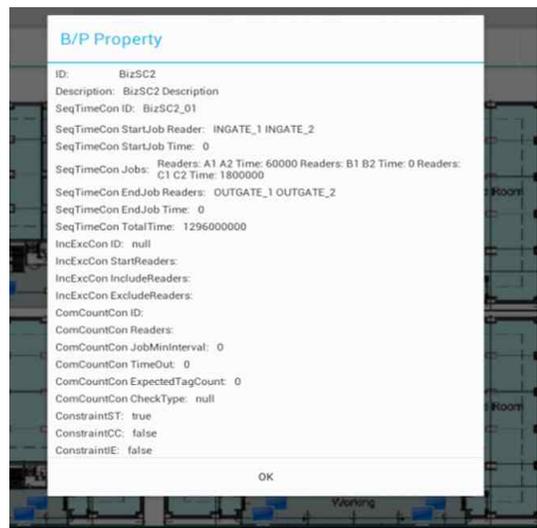


그림 5. 오류상세 정보
Fig 5. Detail Information of an Error

면 비즈니스 프로세스의 상세정보를 볼 수 있다. 그림 5는 비즈니스 프로세스 상의 오류표시를 선택하였을 때 나타나는 상세정보 화면이다.

두 번째 화면은 입출고장 화면이다. 이 화면은 입출고장에 해당되는 도면, RFID리더기와 비즈니스 프로세스가 출력된다. 그리고 다음 화면부터는 각 층에 해당되는 지도, RFID리더기와 비즈니스 프로세스가 출력되고 해당 층을 관리하는 관리자가 보기 쉽게 화면이 설계되어 있다. 오류가 없을 때는 기본 아이콘으로 표시되고 오류가 발생하면 오류발생 아이콘으로 실시간으로 변환한다. 해당 오류를 상세히 보기 위해서는 해당아이콘을 클릭하면 팝업창에 상세정보가 출력된다. 작업자는 모바일 슈퍼바이저로부터 오류 발생 알림을 받고 그 자리에서 RFID H/W 구성요소들에 대해 점검을 하고 그에 대한 결과를 반환한다. 비즈니스 프로세스에 대한 오류가 발생하였을 때는 어떤 오류 유형인가를 살펴보고 그 제약조건대로 물품태그를 점검한다. 잘못 인식된 경우, 인식이 지연된 경우 등 그 원인에 따라 오류를 회복시키고 그 결과를 마스터 슈퍼바이저에게 반환한다.

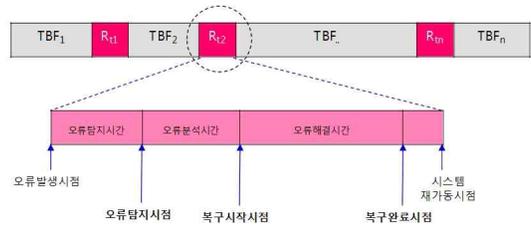


그림 6. 모바일 슈퍼바이저의 세부화면
Fig 6. Mobile Supervisor Sub UI

VI. 평가

신뢰성 (Reliability)은 시스템이 유효하지 않은 입력, 연결된 소프트웨어 또는 하드웨어 컴포넌트의 결점, 예기치 않은 운영환경을 만났을 경우에도 제대로 기능을 하는 정도를 나타낸다. 소프트웨어의 신뢰성은 실패사이의 평균 운행시간 (Mean Time Between Failures: MTBF)을 이용하여 측정할 수 있다. 아래 그림에서 TBFn(n:1~n 운행횟수)가 실패사이 운행시간, Rm(m:1~n-1 복구횟수)이 복구시간을

의미할 때, 신뢰성은 시스템의 총운용 시간 중 정상적으로 가동된 시간의 비율로서, 다음과 같이 구할 수 있다.



평균운행시간

$$MTBF = \frac{(TBF_1 + TBF_2 + \dots + TBF_n)}{n}$$

$$\text{평균복구시간} MR = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_m)}{m}$$

$$\text{신뢰성(가용성)} = \frac{MTBF}{(MTBF + MR)} \times 100\%$$

위의 공식에 의해 MR의 값을 낮추게 되면 신뢰성이 높아지게 됨을 알 수 있다. MR의 값을 낮출 수 있는 방법은 오류를 얼마만큼 빠르게 탐지하고 복구할 수 있는가에 좌우된다. 복구시간은 위의 그림과 같이 다시 세분화 시켜볼 수 있다.

- 오류발생시점: 시스템 내외부적으로 오동작을 하기 시작하는 시점
- 오류탐지시점: 시스템 오류발생 이후, 관리자 또는 사용자에게 이상이 발견(탐지)되는 시점
- 복구시작시점: 시스템에 발생한 오류의 원인을 찾고 오류 발생한 곳으로 가서 해결하기 시작하는 시점
- 복구완료시점: 시스템에 발생한 오류의 원인을 모두 제거한 시점
- 시스템재가동시점: 오류가 발생하기 이전의 상태에서 시스템이 다시 정상 작동하기 시작하는 시점

슈퍼바이저 시스템의 유용성을 분석하기 위해 RFID 기반 냉동창고 시스템에서 발생할 수 있는 비즈니스 프로세스 상의 오류들에 대해 세분화된 MR값을 비교해본다. 표 1은 슈퍼바이저 시스템의 유무에 따라 입고, 적재, 출고 시 발생 가능한 오류들을 탐지해 내는 시간과 오류원인을 분석해 내는 오류분석시간에 대해 비교한 것이다. 또한 표 1의 마지막 열에서는 오류분석 후, 복구할 수 있는 방법에 대해 제시하였으며, 이것은 슈퍼바이저 유무와 상관없이 이루어지는 일이기 때문에 복구시간 비교에는 포함시키지 않았다.

슈퍼바이저의 모니터링 기능이 부재할 경우 정상 입고처리 된 물품이 적재되지 않게 되면 이에 대한 오류탐지시간은 해당 물품의 적재정보를 조회하여 그 값이 정상적으로 나오지 않을 경우 탐지할 수 있게 되어 그 시간은 최대 무한대일 수가 있다(E4~E7 경우). 그러나 슈퍼바이저 시스템을 통해 60분 내에 적재되어야 한다는 오류 조건을 설정해 놓음으로써 그 시간 이후 적재되지 않으면 바로 오류 알람이 오게 된다. E8~E10의 경우, 1~2시간 전 출고요청을 받은 물품이 예기치 못한 곳에 방치되어 출고장에 도착하지 않는 경우 이를 탐지하는 시간을 표시한 것이다. 슈퍼바이저 시스템이 있는 경우 E9는 H/W 맵을 통해 오류를 바로 알 수 있으며, E8과 E10도 설정해 놓은 오류조건 시간(60분, 45분)이 지나면 바로 오류 알람을 받을 수 있다. E1과 E2의 경우, 슈퍼바이저 시스템이 있는 경우 오류는 즉시 탐지할 수 있지만, 그 원인을 분석하기 위해서는 태그 손상으로 인한 인식 실패인지, 실제 물품 개수 오류인지를 직접 현장에서 확인해야 하는데, 모바일 슈퍼바이저 시스템이 있는 경우는 현장 실무자가 오류 알람을 즉각적으로 받아 처리할 수 있기 때문에 오류 분석시간이 단축될 수 있다. 만약 입출고검수 시간을 10분, 오류인식 불가능의 경우 최소 인지시간을 60분, 즉시 오류탐지시간을 2분으로 설정하였을 경우, 슈퍼바이저 유무에 대한

복구시간 비교는 다음과 같다.

슈퍼바이저 부재 시,
 오류탐지시간
 $= (10 \times 3) + (60 \times 4) + (60 \times 3) + (10 \times 3) = 480\text{min}$
 오류분석시간 = $30 + 21 + 21 + 30 = 102\text{min}$
 오류탐지분석시간/오류 = $582/13 = 44.8\text{min}$
 슈퍼바이저 활용 시,
 오류탐지시간
 $= (2 \times 3) + (60 \times 2 + 2 \times 2) + (60 + 2 + 45) + (2 \times 3) = 243\text{min}$
 오류분석시간 = $10 + 2 + 2 + 10 = 24\text{min}$
 오류탐지분석시간/오류 = $(243 + 24)/13 = 20.5\text{min}$

표 1을 통해 슈퍼바이저 시스템이 하나의 오류가 발생하였을 경우 복구로 지체되는 시간을 53%정도 줄여줄 수 있음과 오류가 발생하는 모든 상황에서 오류탐지와 오류분석시간을 줄여 줄 수 있음을 확인할 수 있다.

VII. 결론

본 논문에서는 RFID 냉동창고 관리시스템의 신뢰성 향상을 위하여 RFID 구성요소별 오류를 탐지할 수 있는 슈퍼바

표 1. 슈퍼바이저 시스템 유무에 따른 복구시간 비교
 Table 1. Comparison of Recovery Time According to Supervisor System

발생가능 오류	슈퍼바이저 부재 시		슈퍼바이저 활용 시		복구방법	
	오류탐지시간	오류분석시간	오류탐지시간	오류분석시간		
E1: 입고물품 개수 오류	입고검수 시	물품명세 확인(5) + 물품 개수확인(10) + 태그상태확인(15)시간 (30min)	즉시	물품개수확인시간 (10min)	입고검수 부적합처리(개수오류) 태그 재부착	
E2: 입고물품태그 미부착/미인식 (실물품개수OK)		∞ (오류인식 불가능) 적재정보 조회 시	지게차리더기확인(1) + 물품발견(20)시간 (21min)	즉시	즉시	입고검수 부적합처리(내역오류)
E3: 입고내역불일치 (실물품개수OK, 태그OK)				즉시	즉시	지게차리더기ON
E4: 시간 초과인 경우: 입고물품 지게차 미인식 (지게차리더기 off)	60min			즉시	미인식영역 물품탐색	
E5: 미인식 영역방치	60min			즉시	지게차 물품탐색	
E6: 물품이 적재되지 않고 바로 다시 cold room을 빠져 나간 경우	∞ (오류인식 불가능) 출고처리 지연경고 시	지게차리더기확인(1) + 물품발견(20)시간 (21min)	즉시	즉시	지게차 물품탐색	
E7: 물품이 적재되지 않고 계속 지게차에 실려 있는 경우			즉시	즉시	지게차 물품탐색	
E8: 출고물품이 cold room에서 빠져 나가지 않은 경우			60min	즉시	cold room 물품탐색	
E9: 시간 초과인 경우: 출고물품 지게차 미인식 (지게차리더기 off)	출고검수 시	물품명세 확인(5) + 물품 개수확인(10) + 태그상태확인(15)시간 (30min)	즉시	물품개수확인시간 (10min)	출고검수 부적합처리(개수오류) 태그 재부착	
E10: 출고물품 미인식영역 방치			45min	즉시	미인식영역 물품탐색	
E11: 출고물품 개수 오류			즉시	즉시	출고검수 부적합처리(개수오류) 태그 재부착	
E12: 출고물품태그 미인식 (태그손상)	출고검수 시	물품명세 확인(5) + 물품 개수확인(10) + 태그상태확인(15)시간 (30min)	즉시	즉시	출고검수 부적합처리(개수오류)	
E13: 출고내역불일치 (출고물품개수OK, 태그OK)			즉시	즉시	출고검수 부적합처리(개수오류)	

이저 시스템의 개발내용에 대해 기술하였다. RFID 슈퍼마이저 시스템은 원격에서 감시할 수 있는 하나의 마스터 슈퍼마이저와 현장에서 이동하며 오류를 확인할 수 있는 1대 이상의 모바일 슈퍼마이저로 구성된다. 마스터 슈퍼마이저는 RFID 비즈니스 프로세스 상에서 발생할 수 있는 오류를 탐지하기 위한 제약조건들을 설정하고 하위수준의 물리적 오류를 포함하여 RFID 시스템 운영 업무로직에서 발생하는 오류를 신속하게 탐지할 수 있다. 모바일 슈퍼마이저는 마스터 슈퍼마이저로부터 분석된 오류에 대한 내용을 현장에서 바로 확인하고 답을 줄 수 있는 기능을 가진다. 이러한 이중 감시 슈퍼마이저 시스템을 활용하여 RFID 시스템 상의 오류발생으로 인한 복구지연시간을 53%가량 감소할 수 있음을 확인할 수 있었다. 향후 연구계획으로는 다양한 도메인에서 활용되고 있는 RFID 시스템의 특성에 맞게 사용자 중심으로 커스터마이저 될 수 있는 통합슈퍼마이저 시스템을 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] RFID/USN Association, RFID Concept Diagram, <http://www.karus.or.kr>
- [2] "RFID/USN Center affiliated with Korea Institute for Electronic Commerce", The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.5 No.1, pp.63-68, 2009.
- [3] Y. Choi, D. Han, H. Jeong, W. Han, H. Kim, "The Evaluation of Effectiveness on RFID system based Logistics process", The Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.15 No.6, pp.111-120, 2010.
- [4] Ju, S., Wang, D., & Du, B., "Research and Development of QoS for RFID Middleware", 2010 Second International Conference on Computer Modeling and Simulation, pp.397-402. China, 2010.
- [5] G. O. Oh, D. Y. Kim, S. I. Kim, S. Y. Rhew, "A Quality Evaluation Technique of RFID Middleware in Ubiquitous Computing", International Conference on Hybrid Information Technology, Vol.2, pp.730-735, 2006.
- [6] Seongin Park, Daehwan Kim, Minyoung Son, Keunhyuk Yeom, "The Method of effective obtaining distributed information in EPC Network Environment", The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.6 No.4, pp.4-11, 2010.
- [7] G.O. Oh, J. Park, "A Study on the Selection Process of RFID Middleware and Quality Factor Evaluation in Ubiquitous Computing", The Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.16 No.12, pp.257-263, 2011.
- [8] Liu Wei-ning, Zheng Lin-jiang, Sun Di-hua, "A Data Processing Model for Improving RFID Application Reliability in Logistics Tracking System", International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management, Vol3, pp.1643-1647, 2010.
- [9] S.W. Oh, S.J. Kim, J.G. Hwang, H.C. Bang., "Technology Trends on Logistics Information Synchronization Using RFID", Electronics and Telecommunications Trends, Vol.26 No.6, pp.86-96, 2011.
- [10] Mkiyeong Moon, "Analysis and Modeling of Tag-Identification Requirements for High-Reliability RFID Systems", The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.9 No.3, pp.46-56, 2013.

저 자 소개



문 미 경

1990: 이화여자대학교
전자계산학과 이학사.
1992: 이화여자대학교
전자계산학과 이학석사.
2005: 부산대학교
컴퓨터공학과 공학박사
현 재: 동서대학교
컴퓨터정보공학부 부교수
관심분야: 소프트웨어공학,
프로덕트라인공학,
RFID 플랫폼 및
시스템 개발 및
모바일 애플리케이션 개발
Email : mkmoon@dongseo.ac.kr