IE Interfaces
Vol. 21, No. 4, pp. 435-443, December 2008.

RFID 기반 생산운영 프로세스에서의 BPMS 적용

김태동[1†] · 강동훈[1] · 최병규[2]

한국과학기술원 산업공학과

BPMS Application for RFID based Manufacturing Operation Management

Taedong-Kim[1] · Donghun-Kang[1] · Byoung-Kyu Choi[2]

[1]Ph. D Candidate, Department of Industrial Engineering, KAIST
[2]Professor, Department of Industrial Engineering, KAIST

RFID (Radio Frequence Identification) is emerging technology and it is used for many fields. The research about RFID has been focused on hardware such as increasing hitting ratio. But recently the research about how and where RFID can apply is going on. Especially people are doing research about connecting RFID with existing information system. In this paper, when BPM manage RFID based manufacturing operation process, we show components which is needed and how we can obtain the components. And we apply this to straw manufacturing process on experiment. The claim-handling process and order-handling process which need improvement in straw manufacturing are chosen and we improve those processes. For executing the improved process, we define components which are database, data acquisition workflow and real-time event processing system and then we make prototype system.

Keyword: BPMS, RFID, workflow

1. 개 요

무선인식(Radio Frequence Identification, 이하 RFID) 기술은 근래에 여러 분야에 도입되면서 떠오르는 기술로 각광받고 있다. 특히 물류나 제조업 분야에서는 RFID 기술을 이용하여 실시간 공정 모니터링 및 이상상황 감지 등에 유용하게 이용하고 있다(Song *et al*., 2007). 그러나 RFID 기술을 이용하여 단순히 데이터를 수집하는 것만으로는 실제 생산 현장에서 발생하는 생산 운영 업무의 문제점을 해결하기에는 한계가 있다. 이를 해결하기 위해서는 RFID 기술이 적용되기 이전에 생산 운영 및 관리 업무 수행 시 사용되고 있던 정보 시스템과 RFID 기술 간의 연동이 필요하다.

RFID 기술과 관련된 최근 연구들을 살펴보면 기술의 개선을 위한 연구(Lee, 2004; Lee *et al*., 2004; Park and Oh, 2005)에서 RFID 기술을 어떤 분야에서 어떻게 활용할 것인지에 대한 연구(Kim *et al*., 2006; Kim *et al*., 2007; Zang and Fan, 2007; Ngai *et al*., 2007; Knostantinos *et al*., 2007; Eng, 2006) 쪽으로 관심이 옮겨지고 있다. 특히 RFID 기술을 여러 산업분야에서 활용하는 경우에 있어, 기존의 다양한 정보시스템과의 연동에 관한 연구(Kim *et al*., 2006; Kim *et al*., 2007; Ngai *et al*., 2007; Knostantinos *et al*., 2007)가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구들을 살펴보면 분야에 관계없이 일반적인 정보시스템과의 연동에 관한 것과 특정 도메인에서 사용하는 정보 시스템과의 연동에 관한 연구로 구분 지을 수 있다. 앞에서 말한 일반적인 정보 시스템과의 연동을 위한 연구로는 다음과 같은 연구들이 수행되었다. RFID 리더기로부터

†연락저자 : 김태동 박사과정, 305-701 대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 산업공학과, Fax : 042-861-9155,
E-mail : nimbus@vmslab.kaist.ac.kr
투고일(2008년 06월 09일), 심사일(1차 : 2008년 06월 11일), 게재확정일(2008년 11월 07일).

태그 이벤트를 받아들인 후 규칙 엔진을 이용하여 받아들인 태그 이벤트로부터 실행해야 할 적절한 액션을 찾아 웹 서비스를 통해 액션을 수행하거나(Kim *et al*., 2006) 사전에 정의해둔 언어(business aware language)를 이용하여 RFID 리더기로부터 받은 태그 이벤트를 어플리케이션 실행과 관련된 정보를 가지는 업무 이벤트(business event)로 변환시킨 후 이에 따라서 어플리케이션을 실행함으로서 정보시스템과 RFID 기술 간의 연동을 꾀하였다(Kim *et al*., 2007). 특정 도메인에서의 문제를 해결하기 위해서 기존 정보 시스템과의 연동을 고려한 연구는 여러 산업분야에서 진행되었다. 건설 분야에서는 사용되는 파이프들이 요청한 저장소로 올바르게 운반되도록 RFID 기술을 사용하여 실시간 모니터링을 제공하였다(Knostantinos *et al*., 2007). 물류분야에서는 지식기반 시스템(Knowledge-based system)과 RFID 기술을 연동하여 이상 상황이 발생 시 실시간으로 담당자에게 알리는 동시에 지식기반 시스템을 통해 해결책을 제시함으로써 문제를 해결하였다(Ngai *et al*., 2007). 그리고 컨테이너 창고에서는 컨테이너 관리 시스템을 RFID 및 무선 인터넷 환경과 연동시켜 컨테이너와 크레인의 위치를 실시간으로 모니터링하였다(Eng, 2006). 이러한 기존 연구에서는 RFID와 정보시스템과의 연동을 통해서 RFID의 효용성을 높일 수 있다는 것을 보여주었다. 그렇지만 생산 운영 업무와 같이 프로세스가 자주, 그리고 역동적으로 변화하는 상황이라면 기존 연구에서 제시했던 정보 시스템과의 연동 방식으로는 변화에 신속하게 대응하기가 쉽지 않다. 기존의 정보 시스템들이 프로세스의 변화에 유연하지 못하기 때문이다. 이에 대해 업무 프로세스 관리 시스템(Business Process Management System, 이하 BPMS)은 하나의 대안이 될 수 있다.

BPMS는 기업의 업무 프로세스 실행 및 관리의 핵심 소프트웨어로 부각되면서 주문 적응형 제조업체 뿐 아니라 여러 다양한 분야(서비스 및 공공기관 등)에서도 실제 구축 사례 및 도입에 대한 검토, 평가가 이루어지고 있다(Delphi, 2003; Choi and Hwang, 2005). 특히 BPMS는 변화가 심하게 일어나는 프로세스에 적용 시 그 변화에 유연하게 대처할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 생산 운영 업무 관리 분야에 BPMS를 적용한다고 가정했을 경우 시스템이 구축된 후에 실시간으로 변하는 공정정보를 모니터링하고 그러한 정보들을 업무에 이용할 수 없다면 그 효용성은 떨어지게 될 것이다. 이와 같이 제조분야에서 RFID와 BPMS는 상호 보완적인 역할을 할 수 있는 기술들이다. 역동적으로 변화하는 생산 운영 프로세스가 실행될 때 RFID를 통해 얻을 수 있는 실시간 공정정보들을 BPMS에서 유연하게 활용하여 업무 처리에 큰 도움을 줄 수 있기 때문이다. 이러한 이유로 제조분야에서 생산 운영 업무의 개선을 위해서는 RFID와 BPMS를 모두 고려하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 빨대 제조 공장의 생산 운영 프로세스를 대상으로 RFID와 BPMS를 함께 고려 및 적용하여 현재 운영 프로세스의 문제점을 해결하고 고객 만족과 업무 효율성의 향상을 가지고 올 수 있는 개선된 프로세스를 제안한다. 그리고 개선 프로세스로부터 정보시스템의 구성요소들을 한 단계씩 도출하였다. 앞에서 도출된 요소들을 정리하여 RFID 기반의 프로세스 관리를 위한 BPMS Framework을 제안하고 실제 구현한 사례에 대해 소개한다.

2. 빨대 생산 공정 적용 사례

2.1 현재의 생산 운영 프로세스(As-Is process)

(1) 대상 공장 소개

S공장은 빨대를 생산하는 회사로 생산되는 빨대 종류는 PE(Periscope) 빨대, TE(Telescope) 빨대, I자형 빨대, U자형 빨대 등이 있다. 현재 S공장에서는 생산 및 운영 에 관련된 모든 업무를 정보 시스템이나 데이터 수집 시스템(Data Acquisition System, 이하 DAS)의 도움 없이 수작업으로 처리하고 있다.

(2) 문제점

앞에서 언급한 바와 같이 현재 대상 공장은 정보 시스템이나 DAS가 갖추어지지 않은 상태에서 생산운영 업무를 처리하고 있다. 여러 생산운영 업무 중 고객 불만처리 업무와 긴급 주문처리 업무는 고객의 만족도에 직접적으로 영향을 끼칠 수 있는 업무로서, 업무 처리의 지연을 줄이고 고객에 대한 응답 품질을 높여야 하는 업무들이다. 이는 RTE(Real-time Enterprise 이하 RTE)(Gartner, 2002)에서 추구하는 바이기도 하며 앞서 말한 두 업무가 회사에서 가장 개선을 필요로 하고 있는 업무들이기에 본 연구에서는 이 두 업무를 개선 대상 업무들로 선택하였다. 현재 고객 불만 처리 업무와 긴급 주문 처리 업무 역시 정보 시스템의 도움을 받지 않고 작업자들이 수작업으로 일일이 처리하고 있으며, 이로 인해 여러 문제점들이 발생하고 있는 상황이다. 고객 불만 처리 업무의 경우에는 고객의 불만이 접수되었을 때 제품 불량의 원인을 찾기 위해 이전에 작성했던 검사 보고서들을 모두 검색하는 일에 많은 시간이 소요된다. 또 고객 불만이 접수된 후에 원인을 파악함에 있어 체계적인 틀에 따라 처리하는 것이 아니라 생산 부장의 경험과 지식에 의존하는 경향이 강하다. 긴급 주문 처리 업무의 경우에는 긴급 주문을 처리하는 대안을 마련하기 위해 현재 설비 상태와 인력 상태 등을 점검할 때 수작업으로 일일이 처리함으로써 시간이 많이 소요된다는 문제점이 있다(<부록> 참조).

(3) 기능적 요구사항

(2)에서 말한 문제점들을 해결하기 위한 요구사항을 정리해보면 크게 네 가지로 정리할 수 있다. 우선 실시간으로 공

장의 상태를 파악할 수 있어야 하며, 업무 처리에 필요한 가이드라인 또는 전문가들의 노하우를 미리 정보 시스템에 입력하여 이들을 실제 업무 처리 시에 사용자에게 제공할 수 있어야 한다. 그리고 과거에 수행된 공정 정보나 생산 운영 정보들을 저장하여 이들 정보가 필요할 때 검색을 용이하게 할 수 있어야 한다. 마지막으로 변화가 자주 일어나는 요구사항들을 유연하게 처리할 수 있어야 한다. 이와 같은 고객의 요구사항을 만족하기 위한 시스템의 기능적 요구사항은 세 가지로 정의할 수 있다. 실시간 공정 정보를 수집하고, 업무 처리 정보를 저장하며 모델이 기반이 되는 시스템이어야 한다. 이러한 요구사항들을 만족시키는 정보 시스템이란 어떤 특징을 가져야 하는지에 대해 Axiomatic Design 방법론(Kim *et al.*, 1991)을 사용하여 정리해 보았다<그림 1>.

위에서 말한 세 가지 기능적 요구사항을 만족하는 생산 운영 정보 시스템은 RFID와 BPMS의 두 가지 특징이 모두 적용된 것이라 볼 수 있다. 실시간으로 공정 정보를 수집하는 요구사항은 공장에 RFID를 설치함으로써 해결할 수 있으며, 업무 처리 노하우를 제공하거나 과거 자료 검색의 용이, 그리고 요구사항의 변화에 대한 유연한 대처는 BPMS의 특징을 통해 제공받을 수 있다.

2.2 적용 프로토타입 소개

(1) 생산 운영 프로세스

생산 운영 프로세스는 어느 시점의 정보를 사용하느냐에 따라 크게 두 가지로 정의할 수 있다. 하나는 실시간으로 공정의 변화에 대응해 실행되는 프로세스이고, 다른 하나는 업무 처리 기록 및 과거 공정 정보들을 활용하는 프로세스이다. 본 논문에서 다루고 있는 고객 불만 처리 업무와 긴급 주문 처리 업무는 후자에 해당하는 업무들이다. <그림 2>와 <그림 3>은 두 업무에서 기존에 발생하던 문제점들을 해결하고, 고객의 만족도와 업무의 효율성을 높일 수 있도록 정보 시스템을 적용하여 설계한 프로세스들이다. 각 프로세스들을 간략하게 살펴보면 우선 고객 불만 처리 업무 프로세스에서는 기존의 감시 보고서들을 모두 데이터베이스에 저장하여, 고객으로부터 불만이 접수되어 전달 시 불량이 일어난 물품을 검사했던 감시 보고서를 생산담당자에게 빠르게 제공함으로써 불만 처리 시간을 단축시킨다. 그리고 긴급 주문 처리 업무 프로세스에서는 설비 상태 정보들을 일정한 시간마다 데이터베이스에 저장하여 이들을 통해 과거와 현재 설비 상황을 쉽게 파악할 수 있도록 한다. 긴급 주문 처리 업무 프로세스에서 생산과 배송에 대한 플로우는 생략하도록 한다. 이와 같이 개선된 프로세스들을 살펴보면 우선적으로 과거의 업무 처리 기록과 공정 상태 정보 등을 데이터베이스에 저장해 두는 것이 필요하다. 이를 위해서는 해당 정보들을 저장하는 데이터베이스를 설계해야한다.

(2) 데이터베이스

생산 운영 업무에 사용되는 데이터베이스를 크게 두 가지로 나누어 정의해 보았다. 각각의 데이터베이스는 과거의 공정 흐름 정보들을 저장하는 생산 이력 정보 데이터베이스(Production History Repository)와 현 시각의 공정 상태 정보와 주문 물량에 대한 상태 정보를 저장하는 공정 및 주문 상태 데이터베이스(WIP and Order Status Repository)로 정의할 수 있다. 각 데이터베이스에서 저장해야하는 정보가 무엇인지에 대해 설계가 완료되었다고 한다면 완성된 데이터베이스에 생산 운영 및 공정 정보들을 어떻게 입력시킬지에 대해 고민해야한다. 공정 정보들을 데이터베이스에 올바르게 저장시키기 위해서는 실제 공장에서 정보들을 읽어드릴 DAS가 설치되어 있어야 하며 읽어들인 공정 정보들이 설계한 데이터베이스에 올바르게 입력되도록 공정 정보들을 가공하여 저장시키는 로직이 필요하다.

(3) 데이터 수집 워크플로우

워크플로우란 일련의 작업들의 흐름으로 정의된다. 데이터 수집 워크플로우는 RFID 리더기 또는 RFID외의 DAS로부터 입력받은 정보들의 입력/변경/삭제 등의 작업흐름으

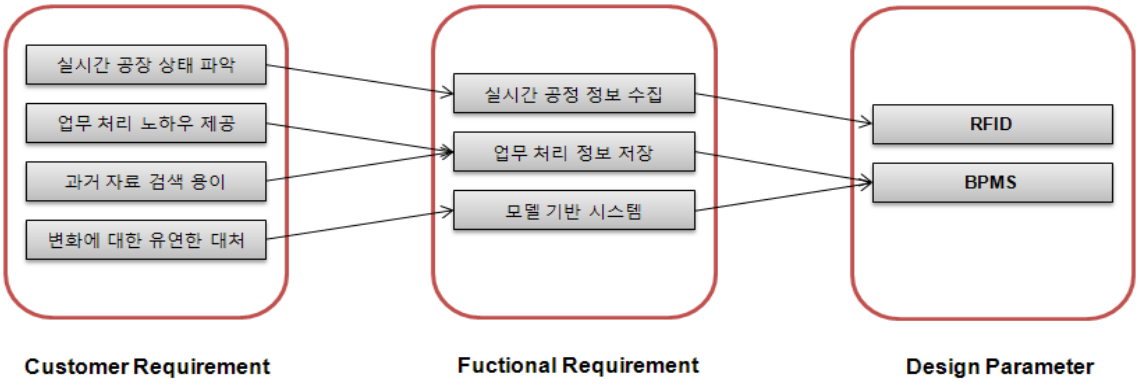


그림 1. Axiomatic 방법론(Kim *et al.*, 1991)을 이용한 요구사항 도출

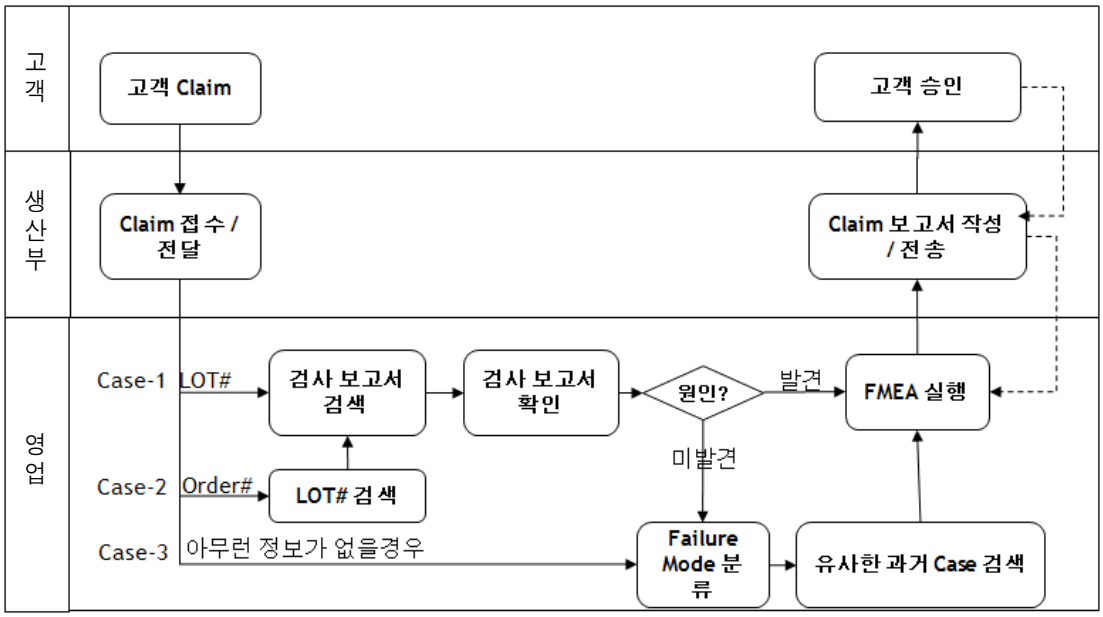


그림 2. 고객 불만 처리 업무의 개선 프로세스 (To-be model)

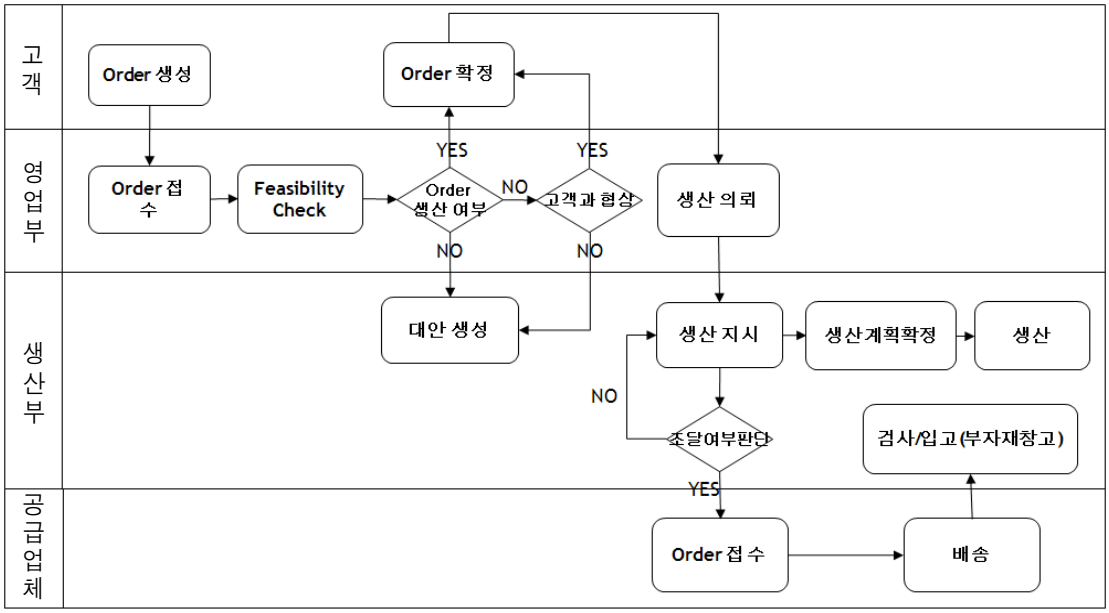


그림 3. 긴급 주문 처리 업무의 개선 프로세스(To-be model)

로 정의할 수 있다. 데이터 수집 워크플로우는 단순히 입력받은 공정 및 태그 정보만을 저장하는 것이 아니라 입력받은 데이터로부터 유추할 수 있는 정보들을 가공하여 설계된 데이터베이스에 저장한다. 또 데이터 수집 워크플로우를 통해 데이터를 받아 처리하는 과정에서는 데이터를 검사하여 잘못된 데이터가 입력되는 경우 등의 이상상황이 발생할 때 즉시 이에 대한 경고를 작업자에게 전달할 수 있다. 이러한 데이터 수집 워크플로우가 실행되기 위해서는 RFID 리더기를 포함한 DAS가 설치되어야 하며, 그들로부터의 이벤트를 받아들여 해석하는 것이 필요하다.

(4) 실시간 이벤트 처리 시스템

실시간 이벤트 처리 시스템(Real-time Event Processing System 이하 REPS)은 RFID 리더기를 비롯한 DAS로부터의 입력 이벤트를 받아들여 각 이벤트별로 정의된 액션을 실행시키는 시스템이다. REPS는 이벤트 모니터, 이벤트-액션 맵퍼, 액션 에이전트의 세 가지 모듈로 구성되어 있다<그림 4>. 이벤트 모니터는 RFID를 포함하는 DAS 등의 데이터 수집 기기들로부터 발생되는 이벤트를 받아들이는 역할을 한다. 여기에는 ALE 어댑터(Application Level Event Adapter)가 내장되어 있어 PML(Physical Markup Language)형태로 전달되는

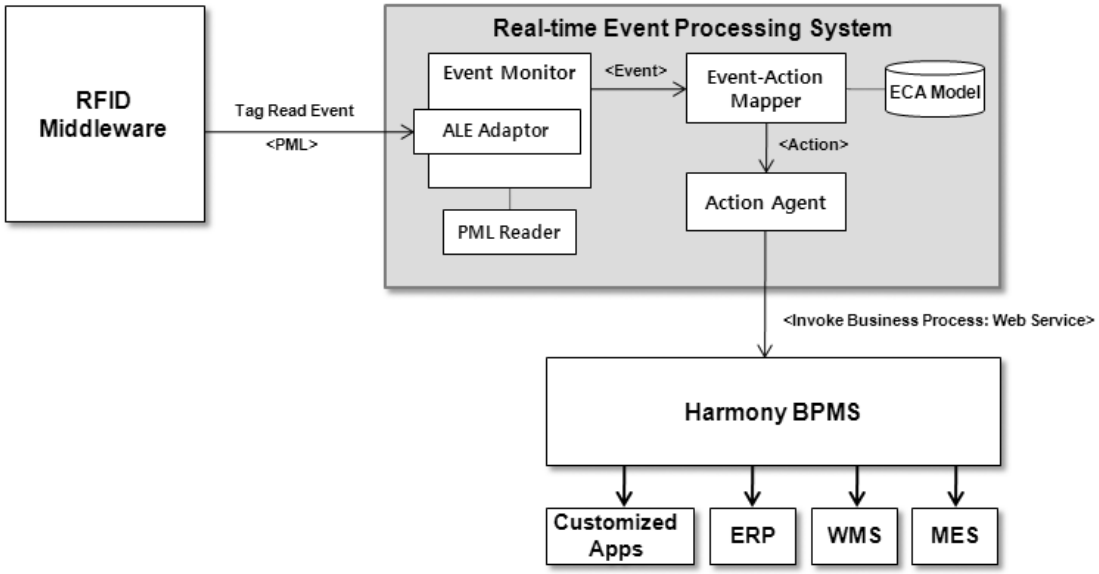


그림 4. Architecture of Real-time Event Processing System

RFID 태그 이벤트 및 다른 이벤트들을 처리할 수 있다. 이벤트-액션 맵퍼는 ECA(Event, Condition, Action) 모델을 이용하여 이벤트 모니터에서 받은 이벤트에 적합한 액션을 찾는다. 이벤트-액션 맵퍼로부터 얻어진 액션은 액션 에이전트에 의해 실행되는데, 이러한 액션의 결과로 데이터 수집 워크플로우가 시작되거나 또는 워크플로우를 구성하는 작업을 완료하는 역할을 한다.

(5) Framework

앞에서 이야기한 여러 구성 요소들을 정리하여 종합하면 RFID 기반의 생산 운영 프로세스 관리를 위한 BPMS의 프레임워크를 제시할 수 있다<그림 5>. RFID를 비롯한 DAS에서부터 공정 데이터를 받아들여 REPS에서 적절한 데이터 수집 워크플로우를 실행시킨다. 그로 인해 다양한 공정 정보들이 데이터베이스에 저장되게 되고, 작업자가 생산 운영 업무를 실행할 때 데이터베이스에 저장되어 있는 정보들을 활용할 수 있게 한다.

2.3 적용 프로토타입 소개

본 논문에서는 실제 서일 공장을 대상으로 설치된 RFID와 DAS를 이용하여 서일 공장의 고객 불만 처리 업무와 긴급 주문 처리 업무의 개선 프로세스를 설계해보았다. 그리고 RFID를 비롯한 DAS로부터 이벤트를 받아들이는 REPS를 구현하고 일부 공정의 데이터 수집 워크플로우를 모델링하였다. 또 이렇게 수집된 데이터를 이용하여 실제 업무를 처리하는 화면을 설계하여 어떤 식으로 정보들을 사용할 수 있는지를 정의해보았다. 그러나 전체 공정에 걸쳐 RFID와 DAS를 설치하고 데이터를 얻어 개선된 운영 프로세스를 실제로 실행해보는 일은 공장 사정으로 인하여 진행하지 못하였다.

우선 공장에 데이터를 수집하기 위한 DAS가 설치되면 각 데이터 수집 기기들의 위치정보들로부터 어떠한 정보가 받아들여지는지에 대해 파악할 수 있다. 데이터 수집 기기들의 위치 정보를 파악한 후에는 각 데이터 수집 기기들과 실행해야 하는 데이터 저장 및 변경 등의 작업간 관계를 설정해주어야 한다. 예를 들어 공장의 한 구역에서 제품이 나갈 때 RFID 리더기로부터 태그 정보를 읽는다고 하면 읽어들인 RFID 리더기의 위치에 따라 관계된 생산이력 데이터베이스와 공정 및 주문 상태 데이터베이스에 정보를 삽입하거나 삭제, 또는 수정하는 일련의 데이터 작업들이 실행되어야 한다. 이러한 데이터 작업들과 DAS간의 관계를 테이블로 설정한 후 하나의 DAS로부터 실행되는 일련의 작업들을 데이터 수집 워크플로우로 정의하게 된다.

<그림 6>는 RFID 데이터 수집 워크플로우의 하나의 예제이다. (1)은 같이 DAS의 설치 위치가 정의된 후 (2)번 그림과 같이 각각의 리더기에 맞는 데이터 작업들을 표로서 정의한다. 그리고 테이블에서 나타나는 하나의 RFID 리더기마다 하나의 데이터 수집 워크플로우를 (3)번 그림과 같이 모델링하게 된다. 데이터 수집 워크플로우를 정의하면 RFID 리더기 또는 그 외의 DAS로부터 이벤트를 받아들일 때 워크플로우 모델로부터 하나의 인스턴스 모델이 생성되고 각 작업이 순차적으로 실행된다. <그림 7>은 실제 프로토타입 시스템에서 데이터 수집 워크플로우를 모델링한 모습이며 <그림 8>에서는 실제 고객 불만처리 업무를 수행시 앞에서 획득한 정보들을 어떻게 사용할 수 있는지를 어플리케이션 화면 설계를 통해 나타낸 것이다. <그림 8>에서 살펴보면 DAS를 이용해 감시 보고서 정보를 저장하여

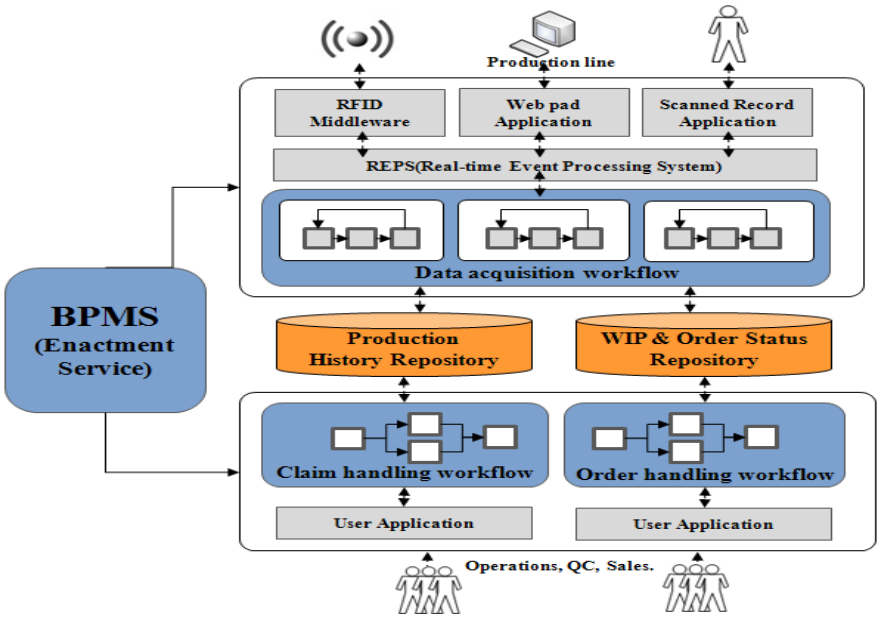
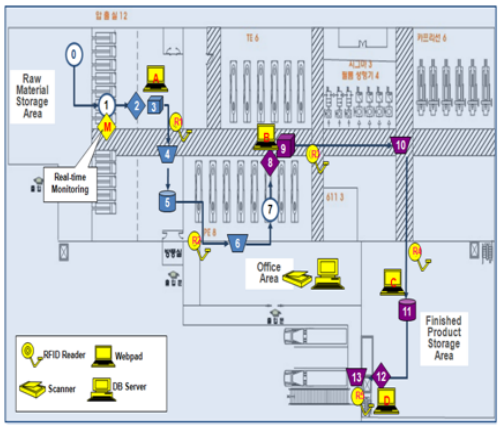


그림 5. RFID 기반의 생산 운영 프로세스 관리를 위한 BPMS 프레임워크

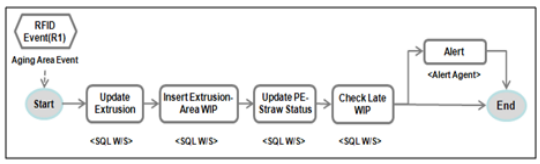


(1) Example of DAS(Data Acquisition System) Configuration

History DB / RFID Reader	Extrusion	Aging	Forming	Move-Event
R1		Insert		
R2		Update		
R3			Query	Insert
R4				Update

WIP DB / RFID Reader	Extrusion-Area WIP	Aging-Area WIP	Forming-Area WIP	Warehouse PE-Straw	PE-Straw Order Status
R1	Delete	Insert			Update
R2		Delete			Update
R3			Delete	Insert	Update
R4				Delete	Update

(2) Reader-to-DB Mapping Table



(3) RFID data acquisition workflow

그림 6. RFID 데이터 수집 워크플로우 예제

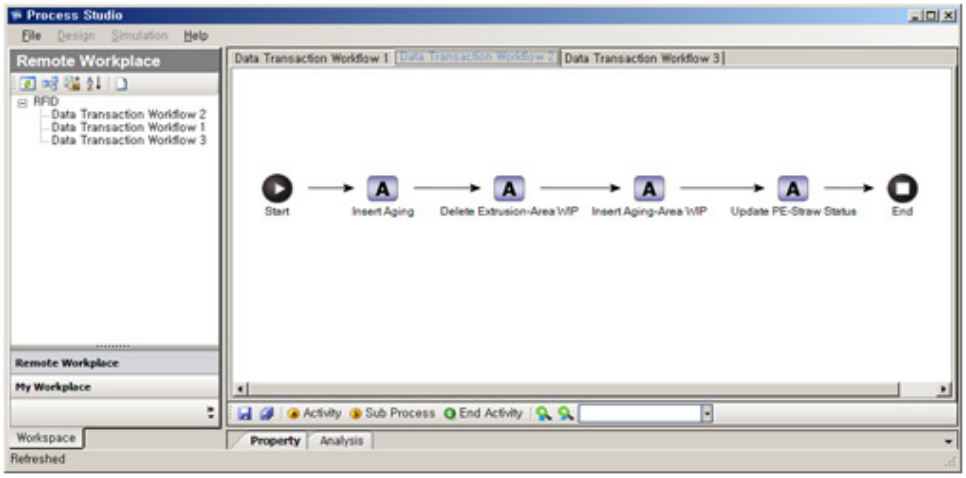


그림 7. 프로토타입 시스템에서의 데이터 수집 워크플로우 모델링

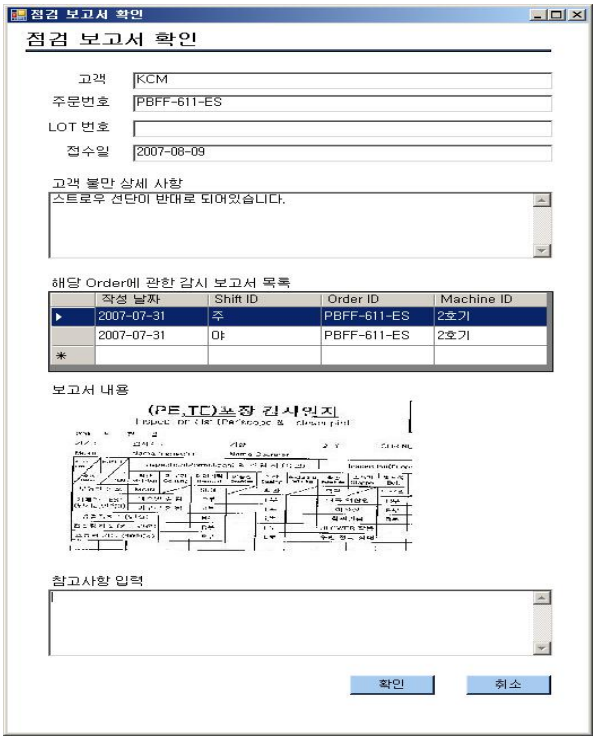


그림 8. 점검 보고서 확인 어플리케이션 화면

고객의 불만이 발생했을 경우 원인을 파악하는데 사용한다. 예를 들어 고객으로부터 Straw에서 검은 이물질이 발견되었다는 내용의 메일이 도착하면 해당 Order를 생산할 때의 기계에 대한 감시 보고서를 검색한다. 감시 보고서에서 기계의 정비 사실을 확인하게 되면 정비과정에서 발생한 기름먼지가 Straw에 묻을 수 있다는 사실을 유추할 수 있다. 이렇게 감시 보고서 정보를 이용하여 불만의 원인을 파악하고 원인을 방지하는 대책을 세워 불량을 줄일 수 있다.

3. 결 론

제조업에서의 RFID는 공정 정보를 실시간으로 취득할 수 있다는 장점이 있다. RFID를 통해 얻은 공정 정보를 제조 운영 업무에 효율적으로 사용하기 위해서는 정보 시스템과의 연동이 필요하다. 특히 역동적으로 변화하는 프로세스를 관리하기 위해서는 기존의 정보 시스템이 아닌 프로세스 모델을 기반으로 관리하는 BPMS와의 연동이 필요하다. 본 연구에서는 빨대 공장의 긴급 주문 처리 업무 프로세스와 고객 불만 업무 처리 프로세스를 개선하기 위해 RFID 기반의 프로세스 관리를 위한 BPMS를 설계하였다. 시스템을 설계 시 생산 운영 프로세스에서부터 시작하여 어떠한 요구사항이 존재하는지를 조사하고 그에 따라 업무 실행에 필요한 구성요소들을 정의하고, 이들을 정리하여 시스템의 프레임워크를 제시하였다. RFID 기반 프로세스 관리를 위한 BPMS는 데이터 수집 워크플로우를 통해 실시간으로 들어오는 정보들을 가공하여 저장하고, 이를 생산 운영 업무 프로세스에서 활용하여 업무의 효율성을 높이고 고객에게 좀 더 나은 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 대상 공장의 문제로 인해 실제 빨대 공장의 전체 공정에 RFID를 비롯한 DAS를 설치하여 적용해보는 일까지는 진행하지 못하였지만 실제로 RFID를 도입 시 정보 시스템 구축에 어떠한 구성요소들이 필요하고 또 그러한 요소들의 도출 방법에 대해 간략하게 제시해보았다. 앞으로 RFID를 도입 시 본 연구에서 제시한 디자인과 디자인을 이끌어가는 방법이 유용하게 사용될 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

Alan D. Smith (2005), Exploring radio frequency identification technology and its impact on business systems, *Information Management and Computer Security*, **13**(1), 16-28.

Choi, B. K. and Hwang, H. C. (2005), A New BPMS Architecture for Order Adaptive Business Process Management, KIIE 2005 fall conference.

Delphi (2003), BPM 2003 Market Milestone Report, http://www.delphigroup. com/ research/whitepaper_request_download.htm.

Delphi (2003), BPM 2003 Market Milestone Report, http://www.delphigroup. com/research/whitepaper_request_download.htm.

Eng, Teck-Yong (2006), Mobile supply chain management : Challenges for implementation, *Technovation*, **26**, 682-686,

Gartner (2002), The Real-Time Enterprise, http://www.gartner.com/pages/story.php.id.2632.s.8.jsp.

Harry, Chow, K. H., Choy, K. L., and Lee, W. B. (2007), A dynamic logistics process knowldege-based system-An RFID multi-agent approach, *Knowledge-Based Systems*, **20**, 357-372.

Kim, S. J., Suh, N. P., and Kim, S. K. (1991), Design of a software system based on axiomatic design, *Robotics and CIM*, **8**(4), 243-255.

Kim, Seongjin, Moon, Mikyeong, Kim, Seonghun, Yu, Sunmee, Yeom, Keunhyuk (2007), RFID Business Aware Framework for Business Process in the EPC Network, Fifth International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications.

Kim, Youngil, Yoo, Jung-Woon, and Park Namkyu (2006), RFID Based Business Process Automation for Harbor Operations in Container Depot, Industrial & Manufacturing Engineering Graduate Research Symposium in IME Department Wayne State University.

Knostantinos Domdouzis, Bimal Kumar, and Chimay Anumba (2007), Radio-Frequency Identification (RFID) applications : A brief introduction, *Advanced Engineering Informatics*, **21**, 350-355,

Korea Ubiquitous Sensor Network Center (2004), UHG RFID Reader and Tag Technology, http://www.rfid-usn.or.kr/.

Lee, Kwang-Jae (2004), High Speed Identification Method of RFID Tag , KISPS Conference.

Lee, Su Ryun, Joo, Sung Don, and Lee, Chae Woo (2004), High-Speed Access Technology of Tag Identification Using Advanced Framed Slotted ALOHA in an RFID System, *The Journal of the IEEK*, **41-TC**(9).

Martin, Strassner and Thomas, Schoch (2002), Today's Impact of Ubiquitous Computing on Business Process,Fifth International Conference on Pervasive Computing.

Ngai, E. W. T., Cheng, T. C. E., Au, S., and Lai, Kee-hung (2007), Mobile

commerce integrated with RFID technology in a container depot, Decision Support Systems, 43, 62-76.

ParK, Jun Seok and Oh, Ha Ryung (2005), Air-Channel Access Method in RFID system, *The Journal of KIEES*, 16(3).

Song, JongChul, Carl T. Hass, and Carlos H. Caldas (2007), A proximity-based method for locating RFID tagged objects, *Advanced Engineering Informatics*, 21(4), 367-376.

Zang, C. and Fan, Y. (2007), Complex event processing in enterprise information systems based on RFID, *Enterprise Information Systems*, 1(1), 3-23.

<부 록>

1. As-Is process

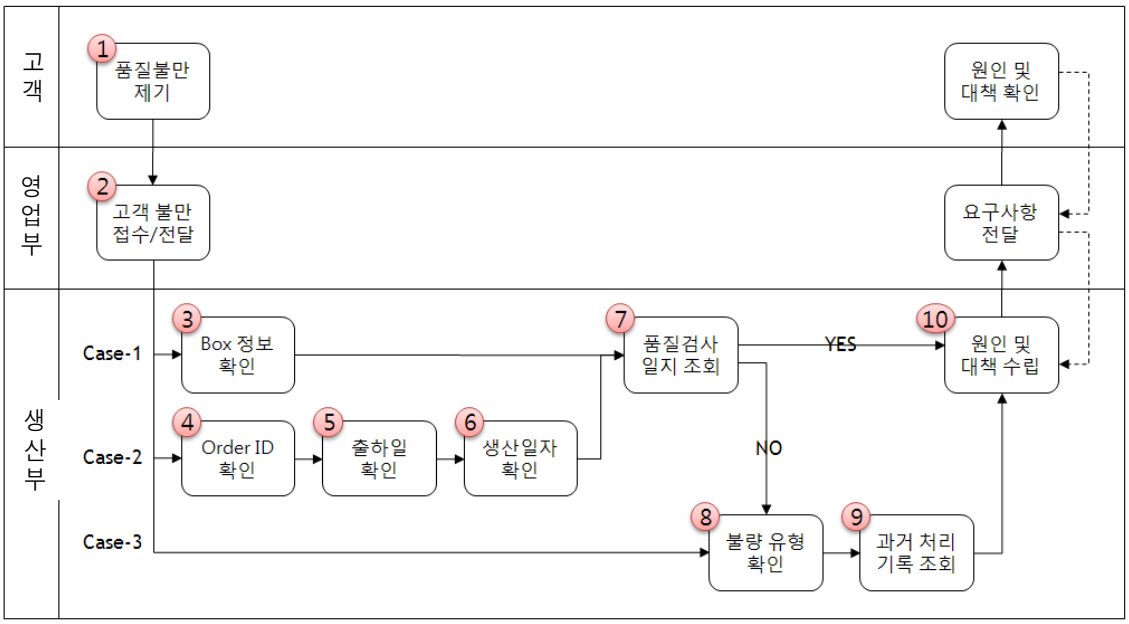


그림 9. 고객 불만 처리 업무 프로세스(As-Is process)

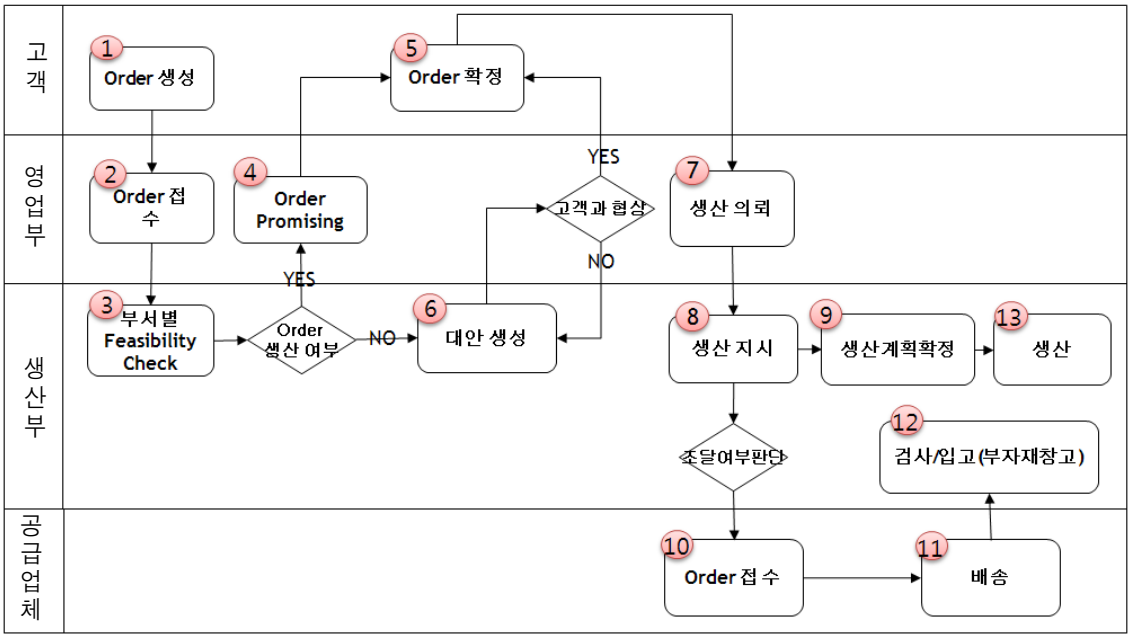


그림 10. 긴급 주문 처리 업무 프로세스

김 태 동
한국과학기술원 산업공학 학사
한국과학기술원 산업공학 석사
현재: 한국과학기술원 산업공학과 박사과정
관심분야: BPM, System modeling and Simulation

강 동 훈
한국과학기술원 전산학 학사
한국과학기술원 산업공학 석사
현재: 한국과학기술원 산업공학과 박사과정
관심분야: BPMS, System modeling and simulation, RFID application

최 병 규
서울대학교 산업공학 학사
한국과학기술원 산업공학 석사
Purdue University 산업공학 박사
현재: 한국과학기술원 산업공학과 교수
관심분야: System modeling and simulation, BPMS, simulation-based scheduling, virtual manufacturing