

개선된 패스트리를 이용한 지능형 생산관리 시스템

권 경 락[†] · 류 재 환[†] · 손 종 수^{**} · 정 인 정^{***}

요 약

최근 RFID 기술과 기업정보시스템을 연계하여 사용하려는 많은 시도가 진행되어 왔다. 하지만, 대부분의 경우 동시에 많은 양의 인식할 수 있는 RFID의 기본적인 특징에만 충실했을 뿐, 리더로부터 생성되는 많은 양의 데이터에 대한 관리적인 측면을 고려하지 못하고 있다. 그 결과, 이러한 시스템을 통해 시간이나 흐름과 관련된 연속적이고 동적인 정보를 얻기가 어렵다.

본 논문에서는 대량의 RFID 데이터를 효율적으로 관리하기 위해 RFID 데이터 마이닝 기법의 하나인 경로 트리(PathTree)를 보완한 공정 트리(Procedure Tree)라는 새로운 방법을 제안한다. 제안한 방법을 실제 기업 정보 시스템과 연계하여 실시간 공정 관리 시스템에 적용한 후 제안한 시스템의 효율성을 평가한다. 제안한 방법을 통해 기존 RFID 기반 생산관리 시스템이 하기 어려운 실시간 공정 관리를 위한 공정 흐름의 예측이나 추적과 같은 업무를 효과적으로 수행할 수 있었다.

키워드: 공정트리, RFID, RFID 큐보이드, 생산관리

Intelligent Production Management System with the Enhanced PathTree

Kwon Kyunglag[†] · Ryu Jaehwan[†] · Sohn Jongsoo^{**} · Chung Injeong^{***}

ABSTRACT

In recent years, there have been many attempts to connect the latest RFID (Radio Frequency Identification) technology with EIS (Enterprise Information System) and utilize them. However, in most cases the focus is only on the simultaneous multiple reading capability of the RFID technology neglecting the management of massive data created from the reader. As a result, it is difficult to obtain time-related information such as flow prediction and analysis in process control.

In this paper, we suggest a new method called 'procedure tree', an enhanced and complementary version of PathTree which is one of RFID data mining techniques, to manage massive RFID data sets effectively and to perform a real-time process control efficiently. We will evaluate efficiency of the proposed system after applying real-time process management system connected with the RFID-based EIS. Through the suggested method, we are able to perform such tasks as prediction or tracking of process flow for real-time process control and inventory management efficiently which the existing RFID-based production system could not have done.

Keywords : Procedure Tree, RFID, RFID Cuboid, Production Management

1. 서 론

대부분의 기업은 비즈니스 자원을 관리하기 위해 ERP, SCM, e-Commerce와 같은 기업 정보 시스템을 많이 사용하고 있다. 최근, 이러한 중소기업들을 중심으로 RFID 기술을 사용하기 위한 많은 시도가 진행되고 있다. RFID를 사용하면 작업자가 상품을 수동적으로 확인할 필요가 없기 때문에 이로 인해 발생하는 인력 낭비를 줄이고 최대의 효율성을 제공할 수 있다 [1]. 또한, RFID 시스템의 장점인 비접촉

성, 편리함, 데이터의 저장 능력 등을 사용하여 효율적으로 상품을 관리 할 수 있는 연구가 보고되었다 [2].

그러나, 이러한 시스템은 동시에 많은 품목을 셀 수 있다는 RFID 시스템의 기본적인 특징에만 충실했을 뿐, 실시간 공정 관리를 하기 위한 공정의 흐름 예측 및 분석 등과 같은 시간의 경과와 관련된 정보는 얻을 수 없다.

따라서 본 논문에서는 기업에서 효율적인 실시간 공정 관리를 위한 데이터 마이닝을 이용한 방법을 제안한다. 기존의 시스템에서 실시간적 특징을 충분히 활용하기 위해서는 RFID로부터 얻은 원시적인 데이터를 활용 가능한 형태로 재가공해야 한다. 예를 들어, 각 공정별 재고 현황이나 상품에 대한 전체 공정 흐름과 같이 더 가치 있는 정보를 얻기 위해서는 원시적인 데이터를 클렌징, 필터링 또는 특정 단

[†] 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 석사과정

^{**} 준 회 원 : 고려대학교 컴퓨터정보학과 박사과정

^{***} 총신회원 : 고려대학교 전산학과 교수

논문접수 : 2009년 3월 19일

수정일 : 2009년 5월 14일

심사완료 : 2009년 5월 14일

위나 기능별로 그룹화하는 등의, 추가적인 과정이 필요하다. 그러나 실시간 공정 정보를 얻기 위해서는 다음과 같은 문제를 해결해야 한다.

- 데이터베이스에서 질의당 처리해야 하는 많은 양의 데이터 조항을 생성함으로써 데이터베이스 서버에 상당한 오버헤드가 발생
- 원시 데이터만으로는 사람이 쉽게 읽을 수 있는 정보를 추출하기가 매우 어려움
- 기존 시스템은 스스로 다음 공정이 어떤 공정인지, 또는 현재 진행되는 공정이 올바른지도 추론하기 힘들
- 현재 상황에 대한 흐름 판단이 힘들기 때문에 사람의 판단이 없이는 특정 시점에 대한 상황을 인지하여 적절한 지식 정보를 제공해줄 수 없음

본 논문에서는, 이러한 어려운 점을 극복하기 위해 RFID 데이터 마이닝 기법 중 하나인 RFID-Cuboid의 패스 트리(PathTree)를 이용한다. 패스 트리는 Info, Stay, Map [3, 4]의 3가지 테이블로 구성되어 있다. 패스 트리를 이용할 경우 특정 시점의 정적인 정보뿐만 아니라 이러한 정보들에 대한 흐름 정보도 파악할 수 있다. 동적인 정보를 관리할 수 있게 됨에 따라 앞서 언급한 네 가지 문제들을 쉽고 효율적으로 해결할 수 있다.

끝으로, 제안한 방법을 RFID 기반의 기업 정보 시스템과 연계하여 실시간 공정 관리 시스템을 적용하고 구현한 후, 제안한 시스템이 기존 방법에 비해 효과적이고 효율적인 시스템을 평가한다. 제안한 방법은 기존의 방법 [2]에서 수행하기 힘들었던 실시간 공정관리를 효과적으로 수행할 수 있음을 확인 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 배경지식과 관련된 기술을 서술한다. 3장에서는 현재의 공정 관리 시스템에 대한 관련 연구 및 사례를 보이며, 4장에서는 제안한 방법을 활용한 제안한 시스템의 아키텍처를 설명한다. 5장에서는 시스템을 구현하고 평가한다. 끝으로, 6장에서는 결론과 앞으로 나아가야 할 방향을 제시한다.

2. 배경 지식

2.1 RFID 시스템과 RFID 데이터

과거 몇 년간, 객체의 이동 추적, SCM 시스템, 접근 카드 그리고 고속도로 감시 감독 시스템 등과 같은 다양한 응용 분야에서 RFID 시스템과 관련된 연구가 활발히 이루어졌다. 이러한 연구에서는 RFID 시스템의 장점을 다음과 같이 기술하고 있다 [2].

RFID 시스템은 바코드와 달리 무선 다량 인식이 가능하기 때문에 품목을 하나하나 읽음으로 생기는 시간적, 인력적 낭비를 줄여 기업의 생산 효율성을 증가시킬 수 있다. 또한, 사용자의 필요에 따라 태그 자체에 추가적인 정보를 저장할 수 있기 때문에 태그의 데이터를 바탕으로 품목에 대한 최소한의 의미 있는 정보를 추출할 수 있다. RFID 시

스템은 크게 RFID 태그, 리더, 데이터베이스, 응용 프로그램으로 구성되어 있다.

RFID 시스템에서 사용하는 RFID 데이터는 다음과 같은 몇 가지 특징을 가지고 있다.

- 간단한 데이터: 각각에 다른 위치에 있는 리더로부터 읽어 들인 데이터는 (EPC, 태그의 위치, 시간)의 형태로 구성되어 있다. EPC는 각 품목을 식별하기 위한 전자 품목 코드 (Electronic Product Code)를 의미한다 [4].
- 엄청난 양의 데이터 집합: 리더를 통해 주기적으로 태그 데이터를 읽어 들이기 때문에 모든 상품에 대해 태그를 부착하게 되면, 월마트와 같이 기업의 규모가 큰 경우 생성되는 데이터는 매우 많으므로 관리가 필요하다.
- 데이터의 신뢰성: 실제 환경의 상황에 따라 인식률의 범위가 60-70% 정도이기 때문에 정확성을 위해서는 리더로부터 읽어 들인 데이터 집합을 정제할 필요가 있다.
- 공간적이고 시간적인 데이터 집합 [1]: 태그가 부착된 상품의 추적이나 모니터링을 통해 위치 변화나 시간에 대한 정보를 생성하기 때문에 응용 레벨의 상호작용에 적합한 데이터 모델이 요구된다.

최근 이러한 RFID 데이터 특성에 기반한 데이터 관리 분야에서 다양한 과제들이 제시되고 있다 [8].

2.2 공정 관리의 정의와 범위

완제품이 되기까지는 원자재와 부자재를 이용한 다양한 작업이 필요하다. 이러한 작업에는 일정한 순서와 계열이 있는데 이를 생산공정이라고 한다. 대부분의 기업에서는 생산공정이 매우 복잡한 조합에 의해 이루어지고 있기 때문에, 공정의 부분적인 오류로 인해 생산공정 전체가 영향을 받을 뿐만 아니라 제품 제조에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 각 공정별 작업을 생산 결과물을 기준으로 일정한 시간계획에 따라 규제 및 통제함으로써 모든 생산공정의 흐름을 원활하게 하려는 것이 공정관리이다 [6]. 공정관리는 크게 다음과 같은 절차로 이루어진다.

- 절차 계획: 생산계획에 따라 각 제품의 제조에 필요한 공정과 공순 결정 및 각 공정의 필요한 시간과 장소를 결정
- 일정 계획: 예정표에서 산출된 소요시간과 제품의 납기 등에 따라 필요한 일수를 실제 연월일에 할당 한 후 일정 계획 작성 및 결정
- 공정 통제: 일정계획에 따른 공정의 전개 및 공정 순서의 변경과 각 작업의 진행상황 파악

공정관리는 각 작업의 세분화와 규격화의 달성을 통해 생산성을 향상하는데 큰 역할을 한다. 본 논문에서는 위의 언급한 공정 관리 절차에서 공정 통제를 효율적으로 하기 위한 방법을 제안한다.

2.3 RFID 흐름 관리를 위한 RFID Cuboid와 PathTree

2.3.1 RFID Cuboid.

RFID 데이터 흐름 분석 분야에서는 다양한 연구가 진행되어왔는데, 데이터의 압축의 측면에서 바라보면서 Jiawei Han은 RFID Cuboid [3] 라 불리는 새로운 데이터 흐름 분석 방법을 제시하였다. 본 논문에서는 RFID Cuboid가 가지고 있는 데이터의 일반화, 경로 세그먼트의 병합 및 분리와 같은 특징을 활용하여 서론에서 언급한 문제를 해결하고자 한다. RFID Cuboid는 다음과 같이 세 개의 테이블로 구성되어 있다.

- Info 테이블: RFID 각 태그의 정보를 저장
- Stay 테이블: 임의의 특정한 위치에서, 여러 품목이 함께 존재하는 그룹화된 정보를 저장
- Map 테이블: 필요에 의해 하나 이상의 Stay 테이블의 데이터를 연결한 경로 정보를 저장

본 시스템에서는 흐름 관리를 쉽게 하기 위해 Stay 테이블을 생성하여 활용한다. 기존의 기업 정보 시스템에서 각 품목 정보를 이미 구조적으로 매우 잘 정의하고 있기 때문에, Info 테이블의 역할로써 이를 바로 사용한다. 하지만, 그룹화된 상품 관리가 아닌 각 상품별 이동 정보를 관리해야 하기 때문에 Map 테이블은 별도로 정의하지 않는다.

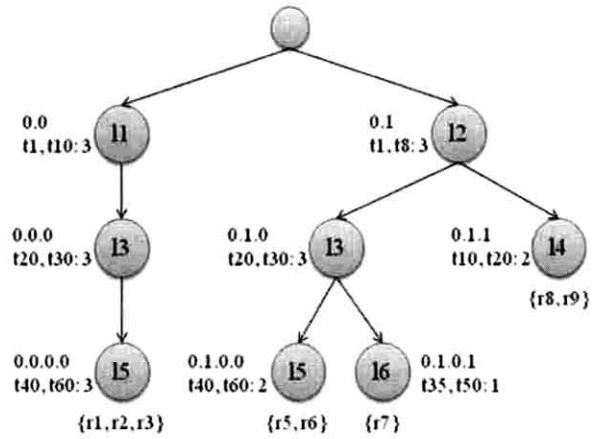
2.3.2 패스 트리 (PathTree)

본 논문에서 효율적으로 실시간 생산 공정 관리를 하기 위해 RFID Cuboid에서 사용하는 패스 트리(그림 1) 라는 자료구조를 사용한다. [3] 에서 제안한 패스 트리는 저자가 '상품의 그룹 단위 이동성'이라는 특징에 착안하여 제안한 것이다. 상품이 이동할 때 개별적으로 움직이는 것이 아니라 특정한 단위의 묶음으로 이동되기 때문에 그룹별 관리가 필요하다라는 것이다. 이를 위해 트리에서 상위 노드와 하위 노드 사이의 이동 흐름 관계를 나타내는 GID (Generalized ID) 를 사용하여 그룹화된 상품을 관리함으로써 데이터의 일반화를 통한 데이터의 압축과 질의 처리의 효율성을 검증하였다.

하지만 공정 관리를 위해 패스 트리를 직접 사용하기에는 다음과 같은 문제점이 있다.

- 최소 관리 단위가 그룹 단위이기 때문에 상품의 개별적인 정보를 관리하기가 어려움
- 그룹 단위로 이동이 잦은 규모가 큰 기업의 경우에는 적용이 가능하나, 규모가 작은 경우에는 개별 단위 이동이 빈번하기 때문에 오히려 비효율적임
- 상품의 생산 과정에서 이전 공정 추적, 현재 공정의 판단, 다음 공정의 예측과 같은 공정 관리를 하기에는 부적합함
- 상품의 흐름 상태 추적이 어렵기 때문에 공정 과정 중의 오류 탐지나 이동 동향 분석이 어려움

위에서 언급한 문제점을 극복하기 위해 본 논문에서는 패스 트리를 수정하고 보완한 "공정 트리"를 제안한다.



(그림 1) 패스트리의 예 [4]

3. 관련 연구

3.1 RFID 데이터 집합의 마이닝

지난 몇 년 동안 기업에서 관심이 있었던 분야를 고려하여 RFID 데이터 마이닝과 관련된 연구 주제를 살펴보고자 한다. [3] 에서, 저자는 RFID 데이터 마이닝을 크게 5가지로 분류하였다.

- RFID데이터 클리닝 [16]
- RFID 데이터 흐름 분석
- 경로 기반 분류와 클러스터 분석
- 잦은 패턴과 순차적인 패턴 분석 [9]
- RFID데이터의 오류 분석 [15]

위의 분류 중, 본 논문에서는 두 번째 항목인 공정관리를 위한 'RFID 데이터 흐름 분석'에 주안을 둔다.

3.2 RFID기반 기업 정보 시스템에서의 공정 관리

RFID 기반의 기업 정보 시스템을 사용하여 상품에 태그를 부착함으로써 특정 상품에 대한 창고의 위치나, 재고량과 같은 기업 자산 정보를 쉽게 관리할 수 있다. 또한 RFID 시스템과 기업 정보 시스템을 통합함으로써 각각의 장점을 충분히 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 생산 공정 관리에도 충분히 활용 가능하다.

지난 몇 년 동안 생산 공정 관리를 하기 위한 몇 가지 사례를 <표 1>을 통해 주요 특징과 함께 요약하고, 본 논문의 목적과의 차이 및 문제점을 기술하였다. 표에서 볼 수 있듯이, 이 분야에서 많은 산업적, 학술적 연구가 있었음에도 불구하고, 실제 환경에 바로 적용하여 사용 가능한 시스템은 적다. 그 이유는 실제 환경에서 사용되는 충분한 양의 데이터의 획득이 어렵고, 특정 응용 환경 시나리오에만 한정된 실험을 할 수 밖에 없는 기술적인 문제점을 가지고 있기 때문이다 [7].

〈표 1〉 RFID 흐름분석 관련 연구

사례	설명
K. Kim et al [10]	-적용분야: 실시간 신발 공정 관리 -제한된 실험 환경에서 적용된 결과이기 때문에 실제 생산 작업 환경에서의 검증이 필요함
F. Liu et al [11]	-적용분야: 위생상품 제조 모니터링 -전체 공정이 아닌 일부분에 대해서만 RFID 공정 관리를 적용하였기 때문에 상품에 대한 전체 흐름 정보를 파악하기 어려움
O. Lee [12]	-적용분야: 반도체 패키지 생산 관리 -현재 진행되는 공정 확인을 사람의 판단이 필요하며 기계 스스로가 다음 공정을 예측하기 어려움
I. Park et al [13]	-마스터 카드를 이용한 공정 관리 -사람이 마스터 카드를 이용하여 하나하나 수작업을 통한 확인 과정이 필요함 (인력 소모, 반자동적)
Jiawei H. et al [3, 4] Elia M. [14]	-상품이 그룹 단위로 이동한다는 특징을 기반으로 실험을 하였기 때문에, 제안한 방법으로 개별적인 상품에 대해서는 관리하기 어려움

3.3 기존 연구의 문제점

앞 장의 사례에서 살펴보았듯이, 현재까지의 연구는 여전히 문제의 소지가 남아있다. 즉, 실제의 환경에서 바로 적용 가능한 사례가 적고, 제한된 환경에서 실험한 사례가 많아 임의의 전제가 반드시 수반되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 해결해야 할 문제를 다음과 같이 정의한다.

- 각 공정별 실시간 재고 현황
- 어떤 임의의 공정으로부터 중간 공정이나 최종 공정까지 소요되는 평균 시간 및 가장 많은 시간이 소비되는 공정 파악
- 전체 공정에서 현재 공정의 위치 및 다음 공정, 앞으로 진행될 공정

관리자의 입장에서 볼 때, 첫 번째 문제는 실시간으로 전체의 생산 공정 흐름을 관리하기 위한 중요한 업무이다. 영업부에서는 이 정보를 이용하여 소비자의 주문으로부터 상품의 수령까지의 절차에 대한 정보를 실시간으로 얻을 수 있다.

두 번째의 문제는 상품을 생산하는 과정의 효율성과 밀접한 관련이 있다. 관리자가 각 공정별로 소요되는 평균 시간을 확인할 수 있음으로써, 가장 많은 시간이 소요되는 공정을 확인하고 보완하여 생산성 향상에 기여할 수 있다.

마지막 문제는 사람의 판단이 없이 공정을 예측하는 것이다. 이를 통해 생산 공정 관리 시스템의 자동화가 가능하다. 예를 들어, 만약 어떤 작업자가 상품에 대한 정보를 알고자 한다면, 현재 상품이 어떻게 진행되고 있는지에 대한 정확한 정보가 없어도 현재 상품의 상태를 정확하게 확인할 수 있다. 즉 시스템이 각 상품의 전체 공정을 파악함으로써 문제의 소지가 있는 상황에 대한 처리뿐만 아니라, 상품이 적

절한 공정으로 보내져 정확하고 신속하게 처리될 수 있다. 또한 비의도적인 공정의 누락이나 이미 진행된 공정의 반복과 같은 오류를 사전에 방지하며 이에 대한 신속한 대처가 가능하다.

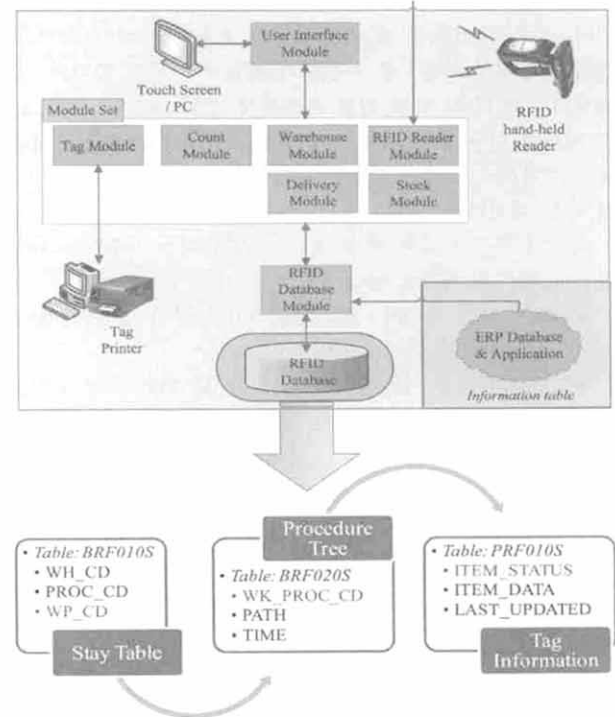
본 논문에서는 위와 같은 문제들을 해결하기 위해 개선된 패스 트리인 “공정 트리”를 활용한 시스템을 제안하고 구현한다. 다음 장에서 살펴보듯이, 제안한 시스템을 활용함으로써 효율적이고 효과적으로 위에서 언급한 문제들을 해결할 수 있다.

4. 실시간 공정 관리

4.1 제안한 시스템의 아키텍처

제안한 시스템의 전체 구조는 (그림 2)와 같다. 기존에 제안한 시스템 [2] 과 비교해볼 때, 다음과 같은 변화를 확인할 수 있다.

- ERP database: 기존의 ERP업무뿐만 아니라, Info 테이블의 역할로서 각 태그에 대한 상품 정보를 제공한다.
- RFID database: 경로 정보를 저장하고 불러들이기 위해 구성된 새로운 테이블 2개가 추가되고 각 공정별 재고량을 손쉽게 확인할 수 있도록 태그 정보 테이블에 있는 품목 상태 코드의 역할을 확장한다. 제안한 시스템에서는 이 정보를 공정 트리의 에지 (Edge) 에 대한 라벨 정보로 변경함으로써, 관리자가 현재 품목의 상태를 확인하고, 다음 공정이 무엇인지 예측할 수 있게 한다.



(그림 2) 시스템 아키텍처

4.2 공정 트리를 사용한 공정 관리

4.2.1 기준 정보 데이터의 분석과 전처리 과정

공정별 재고 관리를 수행하기에 앞서, 현재 ERP 시스템에 있는 기준 정보 데이터를 분석한다. <표 2>에서 보듯이, 기업 내에는 3,051개의 상품이 있고 이 상품은 완제품이 되기까지 단일 공정부터 일곱 개의 복잡한 공정이 필요하다. 현재의 데이터베이스 시스템에서는 n 개의 공정을 가진 상품에 대한 각 i 번째 공정의 재고량을 유지하기 위해서는 n 개의 중복된 데이터가 필요하다($1 \leq i \leq n$). 이로 인해 앞으로 재사용될 가능성이 적은 많은 양의 원시적인 RFID 데이터를 보존하게 된다. 실제로 현장의 관리자에게는 이미 기존에 처리된 공정에 대한 정보보다는 실시간으로 처리되고 있거나 앞으로 처리될 공정에 대한 정보를 얻는 것이 더 중요하다. 이는 제거되고 압축되어야 할 불필요한 데이터가 매우 많음을 의미한다.

<표 2>의 우측 부분의 감소율은 각각의 데이터를 각 공정별로 하나하나 처리할 때와, 흐름으로 묶어서 처리할 때를 비교하여 데이터 저장 공간이 얼마나 줄어들 수 있는지를 나타낸 것이다. 예를 들어, 어떤 상품이 n 공정으로 구성되어 있다고 하자. 각 공정의 진행 정보를 보여주기 위해서

<표 2> ERP 데이터베이스의 데이터 분석(1)

공정의 수	품목의 수	해당 행의 개수	감소율
1	1,094	1,094	100%
2	903	1,806	50%
3	806	2,418	33%
4	202	808	25%
5	36	180	20%
6	9	54	17%
7	1	7	14%
전체	3,051	6,367	48%

<표 3> ERP 데이터베이스의 데이터 분석(2)

작업장 공순	W01	W02	W03	W04	W06	전체
0		1				1
1	3			1		4
2		1				1
3		1				1
10	2,755	2	113	174	2	3,046
20	50	1,891			6	1,947
30	6	1,045	7			1,058
40		248	1			249
50		46				46
60		10				10
70		1				1
230		1				1
303		1				1
DM				1		1
전체	2,814	3,248	121	176	8	6,367

는 n 개의 중복된 데이터가 필요하지만, 흐름에 기반한 관리를 하게 되면 현재 시점에서 필요한 데이터만 가지고 있게 되므로 1개의 데이터만으로도 충분히 공정 관리가 가능하게 됨에 따라 데이터의 양이 $1/n$ 로 줄어들게 된다.

<표 3>은 공정과 작업장에 대해 나타내고 있다. 표에서 알 수 있듯이 효율성의 측면에서 유사하거나 연속적인 공정 과정들은 대부분은 같은 장소나 근처의 작업장에서 이루어짐을 확인할 수 있다. 이는 대부분의 기업이 각 공정에 대한 각각의 작업장을 별도로 만들 수 있는 충분한 여건을 갖기 힘들뿐만 아니라, 이는 상품의 이동이 잦게 됨으로 인해 업무가 매우 비효율적일 수 있기 때문이다.

ERP 시스템의 데이터를 분석한 후, 이를 더 쉽게 공정 트리에 적용시키기 위해서는 공정명과 작업장의 병합이라는 추가적인 작업이 필요하다. 이는 공정 트리의 각 노드가 최소한 하나 이상의 정보를 가지고 있어야 하기 때문이다. 따라서, '특정 작업장 내의 공정에 대한 유일한 코드'인 WP_CD 를 만든다. WP_CD 에 대해서 명시적으로 나타내기 위해서, W 를 작업장의 집합, P 를 공정의 집합으로 정의한 후, $P \times W$ 를 모든 순서있는 쌍 (P, W) 의 집합으로 정의한다 ($p \in P, w \in W$). $P \times W$ 는 P 와 W 의 'Cartesian Product'이다. 즉, $|P|$ 가 가능한 공정명의 개수이고 $|W|$ 가 가능한 작업장의 개수라고 할 때, $P \times W$ 의 최대 개수는 항상 이들 곱보다 적다. 예를 들어 10 번 공정이 작업장 W02에서 진행된다고 하면, 이 공정을 (10, W02) 와 같이 나타내고, 본 시스템에서는 축약하여 '10.02'로 표기한다. 동일한 방법으로 $P \times W$ 집합을 구성하면 <표 3>으로부터 24개의 쌍을 생성할 수 있다. 생성된 WP_CD 를 사용하여 각 공정을 관리하기 위한 공정 트리를 구성한다.

4.2.2 공정 트리의 구성

언급한 패스 트리의 문제점을 보완한 공정 트리는 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 공정 트리에서는 PID (PathTree의 GID역할) 를 각 상품에 대해서 현재 상태에 할당함으로써, 그룹화된 상품의 정보가 아닌 개별의 상품에 대한 관리가 가능함
- 상품의 생산 계획을 바탕으로 최종 공정의 PID를 관리함으로써 공정 트리를 통해 현재 공정의 파악, 이전 공정의 추적, 이후 공정의 예측이 용이함
- 패스 트리에서는 소요된 시간을 $time_in$ 과 $time_out$ 과 같은 속성을 사용하여 표현하는 반면, 공정 트리에서는 트리의 각 노드 크기로 표현하여 별도의 계산 없이 각 공정별 소요된 시간이나 가장 오랜 시간이 소요된 공정을 공정 트리를 통해 바로 찾을 수 있음

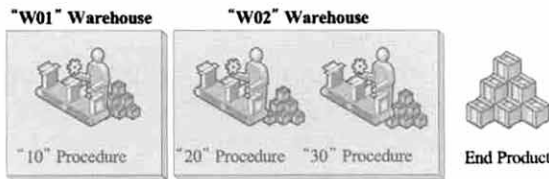
본 논문에서는 공정 트리를 다음과 같이 정의한다. 공정 트리는 $PT=(N, E)$ 로 나타내고, 공정 관리와 연관된 흐름 정보를 가지고 있는 트리 구조이다. N 은 노드의 집합으로 WP_CD 들로 구성되어 있으며, 각 공정에서 소요된 평균 시간(초)을 노드의 크기를 통해서 나타낸다. E 는 두 노드 사

이의 흐름을 표현하는 각 화살표의 이름의 집합이다. *PT*를 그림으로 나타내기 위해서, 노드 n_i 를 *WP_CD*로 명명된 원으로 그리고, 이 원의 크기를 i 번째부터 다음 공정 단계까지 소요된 평균 시간으로 나타낸다. 예지 e_i 는 노드 n_i 로부터 다음 노드 n_j 까지의 ($1 \leq i < j$) 노드 사이에서 방향성 있는 화살표로 표현되며, 이 화살표의 이름을 *PID* (Procedure ID) 라 한다. *PID* 는 패스 트리 내의 *GID*(Generalized ID) [3, 4]와 동일하다. *PT*의 최대 깊이는 최대 공정의 개수와 동일하다. 평균 소요된 시간(*C*)는 다음과 같은 수식에 의해 계산된다.

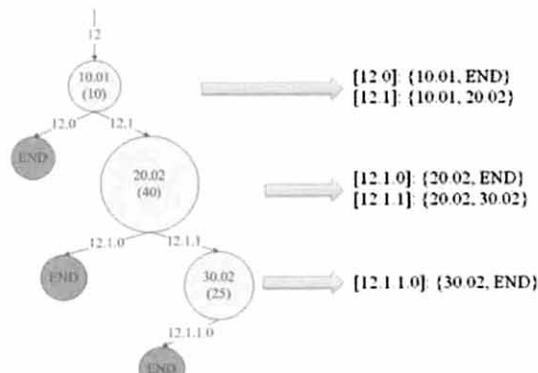
$$average\ cost = \frac{C_{avg} * n + C_k}{n+1} \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

식(1)에서 C_{avg} 는 시스템에서 이전까지 위의 식에 의해 계산되어 왔던 값의 평균을 의미하며, n 은 현재까지 입력된 값의 개수, C_k 는 최종 수정된 시간과 현재 시간까지의 차이, 즉, 현재 공정의 소요시간을 의미한다.

ERP 데이터의 전처리 과정을 마치면 *PT*를 구성할 수 있다. 가장 먼저, 완제품이 되기 위한 전체 공정 순서 집합을 찾고, 각 상품 단위로 묶어서 전체 공순의 *PID*를 찾는다. 예를 들어, (그림 3)과 같이 상품 코드가 '107670004'이고, 총 3개의 공정으로 이루어져 있다고 하자. 이에 대한 *WP_CD* 집합은 (10.01, 20.02, 30.02)와 같이 순서 있는 쌍으로 표시할 수 있다. 이는 공정 트리에서 각 노드의 이름이 되며, 각 노드의 크기는 식(1)에 의해 동적으로 결정된다. 이전 공정으로부터 다음 공정까지의 흐름이 예지가 되며, 각 예지의 이름은 순차적으로 번호가 매겨진다. 반복적으로 공정 트리에 적용하면 (그림 4)와 같은 모습이 된다. 또한 기업에서



(그림 3) 공정 진행의 예(107670004)



(그림 4) 공정 트리의 구성

새로운 상품에 대해서 새로운 공정 과정이 생기면, 해당되는 공정에 대응하는 부모 아래에 새로운 자식 노드를 추가함으로써 새로운 공정 과정을 쉽게 추가할 수 있다.

이렇게 구성된 공정 트리를 이기종 응용 프로그램간 데이터의 교환이나 웹에서 실시간으로 보여주기 위해 DOM API를 이용하여 도식화된 데이터를 (그림 5)와 같이 XML로 변환하거나, 각 상품의 전체 경로와 부분 경로, *PID*, 소요된 시간(*C*)을 기준으로 각각의 데이터베이스에 저장한다. 사용자는 서버로부터 XML파일을 다운 받거나 데이터베이스로부터 경로 정보를 받은 후, 이를 기반으로 서브 공정 트리를 구성하여 공정 관리를 수행한다.

알고리즘 1은 공정과 관련된 데이터로부터 공정 트리를 구성하고 데이터베이스에 저장하기까지의 과정을 간략히 기술한 것이다. 입력 값으로 각 상품의 코드와 전체 공정의 부분 경로 집합을 받아, 공정 트리를 생성하고, 품목에 대한 전체 공정 경로를 (*ITEM_CD*, *FULL_PATH*)의 형태로, 각 공정의 부분 경로를 (*WK_PROC_CD*, *PATH*)의 형태로 각각 데이터베이스에 저장한다.

알고리즘1	
입력:	각 공정별 공정순서, 상품 코드
출력:	공정 트리, 상품의 전체 공정 PID
방법:	1: 공정 데이터의 수집 2: 상품코드를 기준으로 데이터의 그룹화 3: 전체 PID를 통해 공정 트리 구성 4: 공정 트리의 순회를 통한 PID 추출 5: 추출된 PID를 XML 변환 및 데이터베이스 저장

```
<?xml version="1.0" ?>
<ROOT>
- <CHILDNODE name="10.01" relation="12" end="0" cost="10">
  <CHILDNODE name="END" relation="12.0" end="1" cost="*" />
- <CHILDNODE name="20.02" relation="12.1" end="0" cost="40">
  <CHILDNODE name="END" relation="12.1.0" end="1" cost="*" />
- <CHILDNODE name="30.02" relation="12.1.1" end="0" cost="25">
  <CHILDNODE name="END" relation="12.1.1.0" end="1" cost="*" />
</CHILDNODE>
</CHILDNODE>
</CHILDNODE>
</ROOT>
```

(그림 5) XML로 기술된 공정 트리

4.2.3. 공정 트리를 사용한 실시간 공정 관리

공정 트리를 사용하면 단순히 동일한 *PID*를 가진 품목의 개수만 확인함으로써 공정별 실시간 재고 현황을 쉽게 얻을 수 있다. 뿐만 아니라, 현재 공정의 이전 공정과 다음 공정에 대한 정보를 알 수 있다. 또한 상품이 현재 상태에서 완제품이 되기까지 얼마나 시간이 걸리는지, 몇 개의 공정이 남았는지 대한 정보도 얻을 수 있다.

제한한 시스템에서는 현재 공정의 이전 공정이나 다음 공정을 찾고자 할 때, 품목에 대한 전체 공정 정보를 바탕으

로 트리 구성에 필요한 최소의 노드 정보만으로 공정 트리를 구성한다.

예를 들어 “현재 상품에 대한 PID가 12.1.1이라고 할 때, 다음으로 진행되어야 할 공정은?”과 같은 질의가 있을 수 있다. 여기에 대한 답은 단순히 공정 트리에서 현재 PID에 대한 자식 노드를 검색함으로써 알 수 있다. 상품에 대한 전체 경로 PID를 12.1.1.0이라고 할 때, 12.1을 부모 노드로, 이에 대한 자식 노드 12.1.1.0이 다음 공정이 된다. 따라서 본 시스템은 이전 상황이 어떤 상황이고, 이후 상황이 어떻게 진행되는지, 현재 올바르게 공정이 진행되고 있는지 등과 같은 상황 인지 기반의 생산 관리를 수행할 수 있게 된다.

5. 구현 및 성능 평가

제안한 시스템을 구현하고 성능을 평가하기에 앞서, 몇 가지 고려해야 할 사항이 있다. 본 논문에서는 전산 양식지 제조 기업인 한국전산홈의 ERP시스템과 연계하여 구현한다.

사용한 데이터는 실제 기업 ERP의 데이터베이스에서 최소화시킨 순차적 정보의 집합인 공정 코드, 작업장 코드와 상품 코드로 구성되어 있다. 이 데이터를 사용하여 전체 공정 트리를 생성하고 RFID 데이터베이스에 저장함으로써, 공정 관리시 구성된 공정 트리를 기반으로 쉽고 빠르게 재구성하여 사용할 수 있도록 한다. 또한 어떤 상품의 새로운 공정이 생길 수 있는 상황을 고려하여, 이미 구성된 트리 내 공정을 쉽게 넣을 수 있는 함수와 도구를 제공한다.

5.1 시스템 구현

본 논문에서는 제안한 시스템을 구현하기 위해 C# 개발 도구와 RFID 기술을 사용한다. 소프트웨어 환경은 SQL2000 서버와 마이크로소프트 닷넷 프레임워크 2.0기반이다. RFID 쪽에서는 ER9501이라는 개발 도구와 IP4라는 이동형 RFID 리더를 사용한다. 이는 다양한 라이브러리의 지원과 타사 제품과 비교했을 때 더 좋은 성능을 평가 받았기 때문이다.

5.1.1 실시간 공정관리

기업에서 어떻게 공정 관리가 이루어지는지 이해하기 위해서는 서버와 클라이언트의 역할 측면에서 고려해야 한다.

먼저 서버 측면에서 보면, 서버는 ERP 데이터로부터 공정 데이터 집합을 수집하고, 알고리즘1을 이용하여 초기의 공정 트리를 자동적으로 생산한다. 이는 이동식 RFID 리더가 상대적으로 서버에 비해 성능이 낮기 때문에, 시간이 많이 걸리고 부담을 줄 수 있는 전처리 과정을 서버로 위임한 것이다. 이렇게 서버에서 초기 공정 트리를 구성하면, 이동식 RFID 리더는 해당 상품의 전체 경로와 정보에 기반하여 최소화된 PID집합을 가져와 서버 공정 트리를 구성한다. (그림 6)은 이동식 RFID 리더에서 공정관리를 하는 모습을 나타낸 것이다.



(그림 6) 이동식 RFID 리더를 사용한 공정 관리

이동식RFID 리더는 서버에서 구성된 트리를 바탕으로 하여, 현재PID에 대한 부모 노드와 자식 노드를 검색하여, 현재 공정뿐만 아니라 이미 진행된 공정 및 앞으로 진행될 공정을 찾을 수 있다.

만약 현재 공정에 대해서 진행될 수 있는 공정이 유일하다면, 리더는 다음 공정으로 가기 위해 현재 공정과 다음 공정을 바탕으로 수식(1)을 사용하여 평균 소요된 시간을 계산하고 이를 데이터베이스에 저장한다. 만약 현재 공정에서 갈 수 있는 다음 공정이 여러 개가 존재하는 경우 (현재 공정 PID에 대한 자식 노드가 여러 개인 경우), 이동식 RFID 리더는 사용자에게 앞으로 어떻게 공정을 전개할 것인지에 대한 선택하는 화면을 보여주고 선택할 수 있도록 한다. 이는 기존 공정 정보를 사용자가 변경한 경우에 주로 발생하게 된다. 이와 같이 처리 및 관리된 생산 공정 관리 정보는 기존 ERP와 연동시킴으로써 ERP와 제안한 시스템과의 데이터 일관성을 보장한다.

추가적으로 시스템은 확인하고자 하는 상품 코드에 대한 PID를 썸으로써 관리자에게 각 공정별 재고 현황을 실시간으로 쉽고 빠르게 제공할 수 있다.

5.2 시스템 평가

본 논문에서는 제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해 공정 관리를 수행하기 위한 준비 과정부터 실제로 공정 관련 정보를 얻기 위한 과정까지의 시간을 측정한다. 서버 컴퓨터는 인텔 펜티엄 CPU 2.4GHz, 2GB 메모리의 사양을 갖추고 있다. 서버는 앞에서 언급했듯이, 가장 시간이 많이 걸리는 과정인 데이터베이스의 초기화와 전체 공정 트리 구성의 두 과정을 수행한다.

시스템 성능 평가를 수행하기 위한 데이터베이스를 정의하고, 실제 기업에서 사용한 결과를 바탕으로 다음의 내용을 평가한다.

- 서버와 이동식 RFID 리더에서 공정 관리를 위한 준비 과정부터 각 단계별 소요된 시간을 측정하여 실시간성을 보임
- 기존의 시스템과 제안한 시스템의 기능적 비교를 통해 효율적으로 실시간 생산 공정 관리 및 공정별 재고 관

리가 가능함을 보임

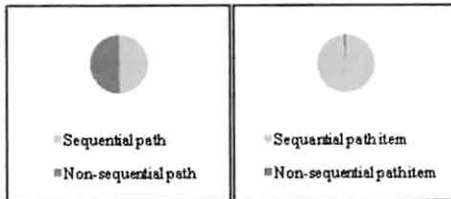
5.2.1 데이터 집합

성능을 평가하기 위한 데이터로써, 실제 ERP 데이터베이스에 있는 데이터를 수집하여 <표 4>와 같이 정의하고 분석하였다.

생산 공정 관리 시스템에서 순차적인 공정 순서를 가진 상품 (98.77%) 이 많음을 알 수 있다. 반대로 비순차적인 공정 순서를 가진 상품 (1.23%) 은 전체 상품의 수를 고려할 때 매우 적음을 알 수 있다. 경로는 순차적인 경로 (49.74%) 와 비순차적인 경로 (50.26%), 두 가지로 나눌 수 있다. 비순차적인 경로를 가진 상품의 수가 매우 적음에도 불구하고, 순차적인 경로의 수와 비순차적인 경로의 수가 거의 동등한 특이점을 발견할 수 있다. 이는 실제 기업에서 생산성 향상이나 기계의 효율성을 위해 상품의 생산 공정 기준 정보를 변경하거나 생산 공정 순서를 변경하기 때문에 발생한다. 분석 데이터를 바탕으로 본 논문에서 제안한 시스템의 성능을 평가한다.

<표 4> 데이터 분석

기간	2000.1.1 ~ 2008.8.31	
데이터의 수	88,972행, 3열, 266,916토큰(tokens)	
경로의 수	전체 경로의 수 -품목의 개수	392개 47,741개
PID의 수	1,115개	



5.2.2 평가

제안된 방법을 통해 공정 트리를 구성하고 이를 공정 관리를 위해 사용하기까지 각 단계별 소요되는 시간을 측정하였다.

<표 5>는 각 단계를 다섯 번씩 수행하여, PC와 이동식 RFID 리더에서 수행되는 각각 시간의 평균값을 나타낸 것이다. 서버에서 구성된 데이터를 바탕으로 이동식 리더가 재구성한 서버 공정 트리에서 이전 공정, 현재 공정, 다음 공정을 찾는 시간은 거의 0초에 가까움을 알 수 있다. 이는 실시간으로 공정 관리가 진행될 수 있을 뿐만 아니라, 공정 과정에서 잘못된 공정 전거나 중복된 공정 처리와 같은 예기치 않은 상황이 발생하더라도 즉시 확인 및 적절한 대처가 가능함을 알 수 있다.

제안한 방법이 기존 방법 [2] 에 비해 효과적이고 효율적인 시스템임을 기능적인 측면에서 평가한 결과를 <표 6>과 같이 요약하였다.

<표 5> 각 장치별, 단계별 소요되는 시간

단계	소요 시간 (PCs)	소요 시간 (Mobile)
초기화 (1회만 수행)	153.67s	-
-데이터 수집	13.03s	-
-PT 구성	140.64s	-
검색 (초기화를 통해 구성된 DB)	0.28s	2s
-데이터로부터 Sub PT 구성	0.25s	1s
-이전 공정 검색	0.03s	1s
-현재 공정 검색	0s	0s
-다음 공정 검색	0s	0s

<표 6> 기존시스템과 제안한 시스템 비교

	기존 시스템	제안한 시스템
DB 서버 부하	클름 (n개의 데이터 집합)	적음 (1개의 데이터 집합)
실시간 공정 관리 및 재고 관리	-독립적 데이터 -그룹별 상품 관리 (제한적 관리) -공정오류 탐지 불가	-연속적 데이터 -개별 상품 관리 (확장된 관리) -공정오류 탐지 가능

기존의 시스템과 달리 제안한 시스템은 공정 개수에 대응하는 수의 데이터 집합에 대해서 데이터의 가공이 필요한 반면, 제안한 시스템의 경우 현재 공정에 대한 데이터 집합에 대해서만 수정이 이루어지기 때문에 공정 관리를 하기 위한 데이터베이스의 읽기 또는 쓰기와 같은 트랜잭션이 줄어들어 데이터베이스 서버의 부하가 줄어든다.

데이터 자체의 관점에서 보면 데이터가 하나하나 상호 연관성이 없이 독립적으로 존재하는 기존 방법의 경우와 달리, 제안한 방법은 데이터간의 관계를 공정 트리를 통해 나타냄으로써 이전 공정부터 현재공정 또는 앞으로 진행될 공정까지의 흐름을 쉽게 추적이 가능하다. 이는 추적을 통해서 중복되거나 잘못된 공정의 진행이나 누락된 공정과 같은 생산 공정 과정에서 오류를 쉽게 찾을 수 있고 이에 대한 즉각적인 조치가 가능함을 의미한다.

상품 관리의 관점에서 보면 기존의 방법에서는 그룹화된 정보를 기준으로 상품의 공정 정보를 관리하기 때문에 상품을 개별적으로 관리하기가 힘들지만, 제안한 방법을 통해 상품을 그룹화하여 관리할 뿐만 아니라, 상품 하나하나까지도 세부적으로 관리할 수 있다.

따라서 제안한 방법을 통해 기존의 방법에서 수행하기 힘들었던 실시간 공정관리 및 각 공정별 재고관리를 효과적이고 효율적으로 수행할 수 있다.

6. 결 론

RFID는 바코드를 대체할 무선인식 기술로써 빠르게 물류·유통 및 생산 현장에 적용되고 있다. 많은 기업들은 비즈니스 현장에서의 빠른 정보 갱신을 위하여 RFID 기술을 기업 환경에 접목시키고자 노력 중이다. 이에, RFID 시스템

을 기존에 사용하고 있던 기업정보시스템에 연계하여 구축한 통합 시스템이 개발되어 보고된 사례가 나오고 있다.

그러나 이러한 시스템들은 무선으로 많은 양의 상품을 동시에 읽을 수 있는 RFID의 특징만을 사용하기 때문에 상품의 이동이나 생산과정 등을 동적으로 나타내고 관리하는데 한계가 있다. 그리고 자재소요 예측이나 생산 라인별 생산 예측 등의 시간의 경과와 관련된 동적인 정보를 관리하기에는 비효율적이다.

따라서 본 논문에서는 기업이 효율적으로 실시간 공정 관리를 할 수 있도록 RFID를 이용한 데이터 마이닝 기법 중 하나인 패스트리플을 실시간 공정관리에 맞도록 보완하여 '공정 트리'를 제안하였으며 이를 이용하여 실시간 공정 관리 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제시한 방법을 RFID 기반의 기업정보 시스템과 연계하여 구현한 결과 기존 RFID 기반 생산관리 시스템이 하기 어려운 실시간 공정 관리를 위한 공정 흐름의 예측이나 추적과 같은 업무를 효과적으로 수행할 수 있었다. 이로 인해 사람의 결정이나 판단이 없이도 시스템이 스스로 현재 공정이나 다음 공정을 예측할 수 있기 때문에 중복된 공정의 진행이나 누락된 공정과 같은 공정 오류를 쉽게 찾을 수 있을 뿐만 아니라, 이에 대한 적절한 대처 방안을 제시할 수 있다.

본 논문에서 제시한 방법을 사용하면 공정관리 분야뿐 아니라 순차적인 흐름이나 시간과 관련된 과정을 관리하거나 추적이나 예측이 필요한 모든 분야에서 동적인 관리를 할 수 있다.

본 연구에서 제안한 방법은 기업의 공정관리 분야에 한정되어 적용되었다. 그러나 공정관리뿐 아니라 순차적인 흐름을 가진 모든 기업 활동에 RFID 시스템을 도입하고 동적으로 관리할 수 있도록 본 연구에서 제안한 방법을 범용 시스템으로 개발할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] R. Derakhshan, M. E. Orlowska and X. Li, "RFID Data Management: Challenges and Opportunities", IEEE International Conference on RFID, USA, March, 26-28, 2007, pp.175-182.

[2] K. Kwon, Y. Yoon, J. Ryu, J. Sohn and I. Chung, "RFID Warehouse Management in the Small and Medium Enterprises based on Manufacturing Industry", The 3rd ICUT, Vietnam, December, 18-20, 2008, pp.80-86.

[3] J. Han, J. Lee, H. Gonzalez and X. Li, "Mining Massive RFID, Trajectory, and Traffic Data Sets", ACM SIGKDD'08 Conference Tutorial, Las Vegas, NE, August, 24, 2008.

[4] J. Han, "Warehousing and Mining Massive RFID Data Sets", 2006 Int. Conf. on Advance Data Mining and Its Applications (ADMA'06), Xi'An, China, Aug., 2006.

[5] R. Johnsonbaugh, Discrete Mathematics 7th edition Ch1, Pearson Education, 2008.

[6] N. Sumukadas, J. W. Fairfield-Sonn and S. Morgan, "Demystifying Statistical Process Control", Simulation and Gaming, Vol.36, No. 1, March, 2005.

[7] M. Hazas, J. Scott and J. Krumm, "Location-Aware Computing Comes of Age", Computer, vol.37, no. 2. 2004, pp.95-97.

[8] S. S. Chawathe, V. Krishnamurthy, S. Ramachandran and S. Sarmaz, "Managing RFID Data", Proceedings of the 30th VLDB Conference, Toronto, Canada, 2004.

[9] A. Bechini, M. G.C.A. Cimino, F. Marcelloni and A. Tomasi, "Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business", Information and Software Technology 50, 2008, pp.342-359.

[10] K. Kim, T. Jeong, S. Lee, C. Kim, H. Hwang and S. Jeong, "The Implementation of the Real-time Product Control System using RFID tag", DBPIA, 2005.

[11] F. Liu and Z. Miao, "The application of RFID Technology in Production Control in the Discrete Manufacturing Industry", Proceedings of the IEEE International Conference on AVSS, 2006.

[12] O. Lee, "A Design of Automatic Management System in Manufacturing Process of Semiconductor Package Elements by Using RFID", Korea Information and Communications Society Vol.33, No.8, 2008.

[13] I. Park and T. Hyun, "Production Work Management System Using RFID", The institute of Electronics Engineering of Korea Vol.44, No.2, 2007.

[14] E. Masciari, "RFID Data Management for Effective Objects Tracking", ACM SAC'07, Seoul, Korea, 2007.

[15] E. Masciari, "A Framework for Outlier Mining in RFID data", 11st International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS'07), 2007.

[16] H. Gonzalez, J. Han and X. Shen, "Cost-Conscious Cleaning of Massive RFID Data Sets", Proceedings of International Conference on Data Engineering (ICDE'07), Istanbul, Turkey, April 2007.

권 경 락

e-mail : helpnara@korea.ac.kr
 2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)
 2008년~현 제 고려대학교 컴퓨터정보학과 석사과정
 관심분야: RFID, 지능정보시스템 등





류 재 환

e-mail : berserkjan@korea.ac.kr
2008년 고려대학교 컴퓨터정보학과(학사)
2008년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학
과 석사과정
관심분야: RFID, 시맨틱 웹 서비스 등



정 인 정

e-mail : chung@korea.ac.kr
1978년 서울대학교 전자계산학(학사)
1980년 한국과학원 전산학과(석사)
1989년 미국 Univ. of Iowa, Computer Science
(박사)
1990년~현 재 고려대학교 전산학과 교수
1998년~현 재 미국 Univ. of Iowa 교환교수
관심분야: 시맨틱 웹서비스, 지능형 웹서비스 등



손 종 수

e-mail : mis026@korea.ac.kr
2003년 고려대학교 경영정보학과(학사)
2007년 고려대학교 컴퓨터정보학과(석사)
2007년~현 재 고려대학교 컴퓨터정보학
과 박사과정
관심분야: 지능정보시스템, 시맨틱 웹 서비
스 등