

RFID 기반의 상황인지 생산관리 시스템

류재환, 권경락, 윤여창, 손종수, 정인정
고려대학교 컴퓨터정보학과

e-mail : {berserkjan, helpnara, kai83, mis026, chung}@korea.ac.kr

A context-aware production management system based on RFID

Jae-Hwan Ryu, Kyung-Lag Kwon, Yeo-Chang Yoon, Jong-Soo Son, In-Jeong Chung
Dept. of Computer and Information Science, Korea University

요 약

오늘날 많은 기업들이 RFID 를 이용한 생산관리 시스템을 도입하여 사용하고 있는 가운데 ERP 와 같은 기업관리 시스템과 연계한 RFID 시스템도 많이 등장하고 있다. 이러한 연계 시스템은 RFID 를 이용하여 ERP 시스템에 실시간성을 부여함으로써 시간적 정보를 얻을 수 있도록 한다. 그러나 공정의 흐름관리 측면에서는 실시간성 뿐만 아니라 복잡한 순서를 가진 공정에 대해 올바른 진행이 가능하도록 유도해주는 기능이 필요하다. 본 논문에서는 ERP 와의 연계를 통한 RFID 기업정보시스템에 상황인지 기술을 접목시켜 전후 공정을 파악함으로써 올바른 공정 진행을 유도하는 시스템을 제안하고 구현한다. 본 논문에서 제안한 시스템은 공정의 공정 오류의 발생을 줄임으로써 작업자의 공정 진행 실수로 인한 손실을 줄였다.

1. 서론

많은 기업들이 RFID(Radio Frequency Identification) 를 이용한 생산관리 시스템을 도입하여 사용하고 있으며, ERP(Enterprise Resource Planning)와 같은 관리 시스템을 기존에 사용하고 있던 기업에서는 사용중인 관리 시스템과 RFID 를 연계하여 새로운 시스템을 개발하기도 한다. 새로운 시스템이 기존 시스템과 완벽한 조화를 이루어야 한다는 점에서 개발의 난이도는 높지만, 새로운 시스템과 기존 시스템의 연계를 통해 기존 시스템의 더 효율적인 사용을 유도할 수 있다는 점에서 매우 긍정적인 효과를 기대할 수 있다.

한편, RFID 생산관리 시스템을 개발하는데 있어서 고려해야 할 사항은 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 모든 생산품목에 대한 상황인지에 초점을 맞춘다. 생산품목의 현재 진행상황을 시스템이 알 수 있다면 올바른 공정안내를 통해서 잘못된 공정으로의 진행이나 같은 공정의 반복 등과 같은 공정 진행상의 오류를 방지하고, 이로 인한 손실을 줄일 수 있기 때문이다.

그러나 앞선 연구에서는 시스템 개발의 초점이 주로 RFID 시스템의 기본적인 특징에 맞춰졌기 때문에 실시간 진행상황 입력은 가능하나 상황인지를 통한 공정 흐름관리 측면은 미흡하다[2].

본 논문에서는 ERP 와의 연계를 통한 RFID 기업정보시스템[2]에 데이터 마이닝 기법을 이용한 공정트리(Procedure Tree)를 접목시켜 각 공정에 대한 상황인지가 가능하도록 한다. 이를 통해 복잡한 과정을 가진 생산 공정을 오류 없이 정확하게 진행할 수 있다. 공정트리에 대해서는 뒤에서 자세히 설명하기로 한다.

2. 연구의 배경 및 관련연구

ERP 는 기업 경영에 있어 주문의 조달이나 광고와 같은 사무 과정을 수행하는데 필요한 모든 자원, 정보, 작업의 통합을 목적으로 설계된 전사적 정보 시스템이다[3]. 오늘날에는 더 효율적인 기업 경영을 위하여 자원, 정보, 작업의 통합 및 관리뿐만 아니라 업무 수행에 소요된 시간 및 단위 시간 내에 수행 가능한 업무량 등 시간과 관련된 정보의 획득이 요구되고 있다. 이러한 정보를 얻기 위해서는 업무의 진행상황이 실시간으로 ERP 에 입력되어야 하는데, 제품생산 공장과 같은 복잡한 산업 현장에서 모든 진행상황을 실시간으로 입력하는 것은 쉽지 않다.

한편, RFID 는 무선 전파를 이용하는 자동 인식 방법으로서, RFID 리더를 통해서 RFID 태그에 비접촉 방식으로 데이터를 읽고 쓸 수 있는 무선 인식 기술이며 비접촉성, 편리함, 태그의 데이터 저장능력 등과 같은 장점을 가지고 있다[1,2,4]. ERP 와 연계된 RFID 시스템은 사람의 손으로 일일이 입력하기 힘들거나 번거로운 부분을 자동화함으로써 인력의 낭비를 줄이는 동시에 생산현장의 진행상황을 실시간으로 입력할 수 있도록 한다.

또한 상황인지 시스템은 컴퓨터가 사용자의 위치, 시간, 신분, 신상정보, 행동 등과 같은 환경적 특징을 처리하여 현재 상황과 관련된 정보를 사용자에게 제공하는 시스템으로서[6], 오늘날에는 유비쿼터스 홈 네트워크나 핸드폰, PDA 와 같은 모바일 장비에 많이 적용되고 있다. [7]에서는 GPS 를 이용하여 가장 가까운 지하철역에서 원하는 역까지 최적 경로를 찾는 시

시스템을 개발하였고, [8]에서는 특정 상황에 관련된 센서들의 그룹을 정의하여 여러 가지 센서로부터 수집된 정보와 센서들의 그룹 정보를 통하여 작업장의 상황을 파악하는 시스템을 개발하였다.

그러나 이들 시스템이 사용한 상황인지 기술은 정보의 획득이 모두 센서를 통해 이루어지고 규칙기반 시스템에 의해 정보가 처리되기 때문에 센서가 없고 항상 유동적인 상황에 적용하기에는 적합하지 않다. 따라서 본 논문에서는 우리 연구에 알맞은 형태의 새로운 상황인지 모델인 공정트리를 만들고, 이를 이용하여 공정의 진행 상황을 파악한다.

3. 상황인지 공정관리 시스템

3.1. 공정트리 (Procedure Tree)

공정트리에 대해 이야기하기 위해서는 먼저 패스트리(Path Tree)[5]에 대한 설명이 필요하다. 패스트리란, Ziwei Han 이 제안한 RFID 흐름 분석 기법인 RFID Cuboid[5]에서 사용하는 자료구조로서, 저자는 상품이 이동할 때 개별적으로 움직이는 것이 아니라 특정한 단위의 묶음으로 이동되기 때문에 그룹별 관리가 필요하다는 생각으로 제안하였다. 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. 그러나 패스트리를 본 연구에 직접 적용하는데에는 다음과 같은 문제점이 존재한다.

- 최소 관리 단위가 그룹 단위이기 때문에 상품의 개별적인 정보를 관리하기가 어려움
- 규모가 작은 기업의 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

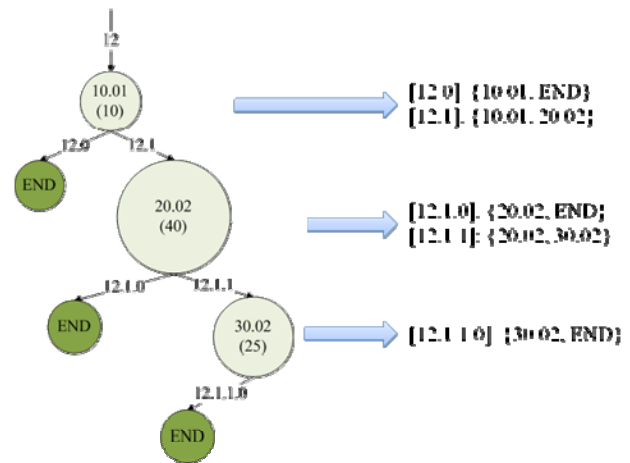
이러한 문제를 극복하고 본 연구에 적용하기 위해 패스트리를 수정 및 보완한 것이 바로 공정트리이다. 공정트리는 패스트리와 비교하여 다음과 같은 차이점을 지니며, 본 연구에 적용 가능한 형태로 재구성하였다.

- 공정 트리에서는 각 상품에 대해서 현재 위치 상태에 대한 GID 를 할당함으로써 그룹화된 상품의 정보가 아닌 개별의 상품에 대한 관리가 가능함
- 상품의 생산 계획을 바탕으로 최종 공정의 GID 를 별도로 관리함으로써 GID 를 이용하여 공정 트리에서 현재의 공정 위치 파악, 이전

공정의 추적, 이후 공정의 예측과 같은 공정 관리가 가능함

- 패스 트리에서는 소요된 시간을 $time_in$ 과 $time_out$ 과 같은 속성을 사용하여 표현하는 반면, 공정 트리에서는 트리의 각 노드 크기로 표현하여 별도의 계산이 없이 각 공정별 소요된 시간이나 가장 오랜 시간이 소요된 공정을 공정 트리를 통해 바로 찾을 수 있음

공정 트리는 노드와 에지의 집합으로 구성되어 있으며, 각 노드의 값은 공정코드와 해당 공정이 진행되는 작업장 코드의 쌍인 “WP_CD”로 표시된다. 예를 들어, W02 작업장에서 진행되는 10 번 공정은 (10,W02)의 순서쌍으로 나타내고, 시스템에서는 작업장 코드의 W 를 생략하여 “10.02”와 같이 간략화 된 형태로 나타낸다. 각 순서쌍은 각 품목의 생산공정 내에서 유일한 값으로서 노드 n_i 의 값이 되고, 더 진행될 공정이 없는 말단 노드는 WP_CD 대신 “END” 값을 갖는다. 또한 에지 e_i 는 노드 n_i 로부터 노드 n_j 까지의 노드 사이에 방향성 있는 화살표로 표현되며, 이 화살표의 이름을 PID(Procedure ID)라고 한다. PID는 해당 에지의 아래에 연결된 노드의 인덱스로서 품목의 현재 상태를 나타내며, 각 PID는 부모 노드의 PID에 자식 노드의 순번(Sequence No.)을 붙임으로써 결정된다. 예를 들어, PID가 12인 부모 노드가 3개의 자식 노드를 가지고 있는 경우, 자식 노드의 PID는 각각 12.0, 12.1, 12.2가 된다. [그림 1]은 이렇게 만들어진 공정트리의 일부를 보여준다.



[그림 1] 공정 트리의 생성

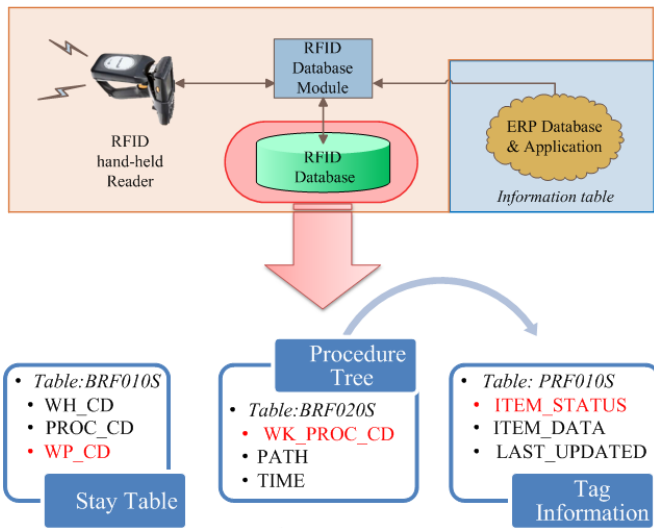
3.2. 공정트리를 이용한 RFID 상황인지 시스템

본 논문에서는 ERP와 연계한 RFID 기업정보시스템의 생산관리 부분에 공정트리를 이용한 상황인지 기능을 적용시킨다. [그림 2]는 제안한 시스템 중에서 이동형 RFID 리더와 관련된 부분의 구성을 나타낸다.

생산현장에서 이동형 RFID 리더를 통하여 태그에 저장된 품목정보와 품목 상태정보를 읽어들이면, ERP 및 RFID 데이터베이스로부터 해당 품목의 상세정보

와 현재 상태에 해당하는 공정정보를 가져온다. RFID 데이터베이스는 다음과 같이 구성되어 있다.

- BRF010S - 작업장 및 공정 코드를 가지고 있는 테이블이다. WH_CD 는 작업장 코드이고 PROC_CD 는 공정 코드이며, WH_CD 와 PROC_CD 를 이어서 WP_CD 를 만든다.
- BRF020S - 공정트리의 정보를 가지고 있는 테이블이다. PID 는 WK_PROC_CD 의 이름으로 저장되며 PATH 는 각 WK_PROC_CD 에 해당하는 WP_CD 의 쌍이다. TIME 은 각 노드에서 머무른 시간으로 공정의 소요시간을 의미하며, 공정트리에서는 노드의 크기로 나타낸다.
- PRF010S - RFID 태그의 정보를 가지고 있는 테이블이다. ITEM_STATUS 는 품목의 현재 상태를 나타내며, 공정 진행중에 있는 품목은 WK_PROC_CD 와 동일한 값을 가진다. ITEM_DATA 는 품목에 대한 일반 정보이며, LAST_UPDATED 는 태그 정보가 최종 수정된 시간을 나타낸다.



[그림 2] 제안한 시스템의 구조

4. 시스템 구현 및 평가

본 논문에서 제안한 시스템은 한국전산홈(Korea Computer Form, 이하 KCF)의 ERP 와 연계하여 개발하였다. KCF 는 각종 고지서 및 명세서, 택배운송장 등 여러 종류의 전산용지 제조 기업으로, 산학협력 프로젝트를 통해 본 연구에 협력하였다.

생산실적 정보를 실적 발생과 동시에 입력하기 위해서는 생산현장에 단말 컴퓨터가 있어야 한다. 그러나 제품 생산현장은 많은 사람들과 제품들이 빈번히 이동하기 때문에 단말 컴퓨터를 비치하기가 쉽지 않을 뿐만 아니라, 여러 작업장에 각각 단말 컴퓨터를 놓는 것은 더더욱 어려운 일이다. 이러한 현장 상황에 제한 받지 않는 시스템을 만들기 위해 모바일 컴퓨터와 이동형 RFID 리더를 이용하여 시스템을 개발

하였다. 시스템의 개발환경은 다음과 같다.

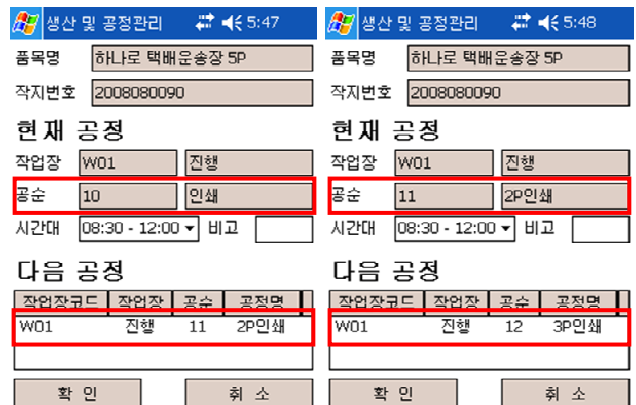
- 모바일 컴퓨터 - Intermec 751B
- 이동형 RFID 리더 - Intermec IP4A
- OS - Microsoft Windows Mobile 5.0
- 개발툴 - Microsoft Visual Studio 2008
- 개발언어 - Microsoft C# .NET
- 플랫폼 - Microsoft .NET Compact Framework 3.5
- ERP - Samsung UniERP 1.75

본 시스템에 사용한 공정트리는 ERP 데이터베이스에 저장된 2000 년도부터 현재까지의 생산 공정 진행 기록을 토대로 생성하였고, 모든 품목에 대한 전체 생산 공정 정보를 갖도록 하였다. 따라서 어떠한 품목의 RFID 태그를 읽더라도 공정트리를 통하여 현재 공정, 이전 공정, 다음 공정 정보를 알 수 있다.

생산 공정에 투입된 품목의 RFID 태그는 ITEM_STATUS 가 12 로 변경되고, 이 태그를 이동형 RFID 리더로 읽으면 시스템은 품목코드와 ITEM_STATUS 를 이용하여 공정트리에서 현재 공정을 찾는다. 첫 공정 투입 대기 품목의 경우에는 다음 진행될 공정만이 표시되며, 마지막 공정인 품목의 경우에는 다음 공정이 표시되지 않는다. 시스템의 동작 단계는 [표 1]과 같으며, [그림 3]은 한 품목에 대한 공정 진행 과정을 나타내는 화면이다.

[표 1] 제안한 시스템의 동작 단계

1. 이동형 RFID 리더로 태그 데이터를 읽어들이다.
2. RFID 데이터베이스로부터 태그 데이터에 해당하는 품목코드, ITEM_STATUS 를 가져온다.
3. 해당 품목의 전체 공정트리를 생성한다.
4. ITEM_STATUS 를 이용하여 공정트리로부터 현재 공정을 찾는다.
5. 현재 공정을 기준으로 다음에 진행 가능한 공정들을 목록에 보여준다.
6. 다음 공정 목록에서 한가지를 선택하면 현재 공정의 실적이 ERP 에 등록되고 ITEM_STATUS 가 선택한 공정의 PID 로 변경된다.



[그림 3] 상황인지를 통한 생산 공정 진행

ERP 만 사용하던 기존 업무환경에서는 현장에서 생산되는 품목에 대한 실적 정보를 한꺼번에 몰아서 등록하였다. 따라서 오전 실적의 경우, 실제 생산실적 발생 시간과 ERP 에 등록된 생산실적 시간이 많게는 20 시간까지 차이가 나게된다. 그러나 본 시스템의 도입으로 생산 현장에서 직접 실적등록을 할 수 있게 됨으로써 실제 생산실적 시간과 ERP 에 등록된 실적 시간이 일치하거나 매우 근소한 차이만 나도록 하여 실시간성을 확보하였다. 따라서 특정 시점에서 각 작업장별, 품목별 생산진행 상황을 알 수 있게 되어 생산 계획을 관리하기가 더욱 용이해졌다. [표 2]는 본 시스템의 도입 전/후의 실제 생산실적 발생시간과 그 실적이 ERP 에 등록되는 시간의 차이를 비교한 것이다. [표 2]의 ‘최대’ 항목은 ERP 에 실적 입력작업 후에 첫 번째로 발생하는 실적 시간으로부터 다음번 실적 입력이 이루어질 때 까지의 시간차이이며, ‘평균’ 모든 실적-실적등록 시간차이의 평균값을 나타낸다.

[표 2] 생산실적의 발생과 ERP 의 실적등록 간 시간차

시스템 적용 전		시스템 적용 후	
최대	평균	최대	평균
20 시간	10 시간	30 분	10 분

본 시스템을 통하여 공정이 진행중인 모든 품목에 대한 상황인지가 가능해짐으로 인해 현재, 이전 및 다음 공정의 정보와 작업장 정보를 쉽게 알 수 있게 되었다. 이러한 정보를 이용하여 복잡한 과정을 가진 공정이 올바른 순서로 진행되도록 유도함으로써 공정 진행 오류를 줄였고, 이에 따라 작업자의 공정 진행 실수로 인한 손실을 줄였다. 또한 생산실적의 발생과 해당 실적의 ERP 등록간의 시간차이를 30 분 이내로 줄임으로써 공정의 진행 상황을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다.

5. 결론 및 앞으로의 연구 방향

본 논문에서는 ERP 와의 연계를 통한 RFID 기업정보시스템에 공정트리를 적용하여 상황인지가 가능한 생산관리 시스템을 제안하고 구현하였다. 공정트리를 이용하여 모든 생산 품목에 대한 상황인지 모델을 만들고, 이를 통해 작업자가 올바른 순서로 공정을 진행할 수 있도록 함으로써 사람의 공정 진행 실수로 인한 손실을 줄였다.

그러나 본 시스템을 더 많은 기업에 적용하기에는 아직 어려움이 있다. 유사 업종의 기업이라도 사용하고 있는 기업관리시스템의 종류는 다양하고, 그 중의 하나인 ERP 도 개발업체에 따라 여러 종류가 존재하는데, 본 시스템은 UniERP 라는 특정 ERP 시스템에 연계하여 개발되었기 때문에 다른 기업에 적용하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다. 또한, 상황인지를 통한 공정 흐름의 관리는 가능해졌으나, 그 흐름에서 발생할 수 있는 오류의 검출이나 수정은 아직까지 수동으로 해야한다는 문제가 남아있다. 따라서 앞으로는 본 시스템을 더 범용적으로 만들고, 흐름관리의 수준을 향상시키는 방향으로 연구를 진행해야 할 것

이다.

참고문헌

- [1] <http://ko.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [2] Kyunglag K. et al, “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] Esteves, J., and Pastor, J., Enterprise Resource Planning Systems Research: An Annotated Bibliography, Communications of AIS, 7(8) pp. 2-54.
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [5] Jiawei H. et al, “Mining Massive RFID, Trajectory, and Traffic Data Sets”, ACM SIGKDD’08 Conference Tutorial, Las Vegas, NE, August 24, 2008.
- [6] J. Burrell, G.K. Gay, Collectively Defining Context in a Mobile, Networked Computing Environment, Short Talk Summary in CHI 2001 Extended Abstracts, May 2001.
- [7] Namgyu K. et al, “Context-aware mobile service for routing the fastest subway path”, Expert Systems with Applications 36 (2009) 3319-3326.
- [8] 윤상연 외, “센서 온톨로지를 활용한 작업장 상황 인식 시스템”, 2006 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol. 33, No. 1