

실시간 정보획득을 통한 제조공정의 지속적인 개선 방안 연구

(Continuous improvement plan of manufacturing
process through real-time data acquisition)

조 성 호*, 장 태 우**, 신 기 태***, 나 홍 범****, 박 진 우****

(Sungho Jo, Tai-Woo Chang, Kitae Shin, Hongbum Na, Jinwoo Park)

요 약 생산성 향상과 효율적인 프로세스 관리는 기존 업무의 문제점을 올바르게 파악하는 것
에서부터 시작한다. 또한 데이터 수집에서 필요한 정보를 도출하는 데 많은 시간이 소요될 경우,
고객의 요구와 수요를 충족시키고 업무의 효율성을 높이기 위한 지속적인 프로세스 관리가 더욱
어려워진다. 본 논문은 실시간 정보획득 기술의 도입을 통해 제조공정 관리상 발생 가능한 여러
문제점을 개선하기 위한 방안과 기초적 의사결정을 위한 상황인지(Context awareness) 시스템을
제시하는 것을 목적으로 한다. 공정 작업 중 획득한 데이터를 바탕으로 각 작업을 자동으로 분류
하는 판단규칙을 제시하여 제조 현장에서의 상황인지를 구현하고자 하였다. 그리고 제안하는 개념
과 구조를 작업자가 신속하게 문제를 파악하고 지시사항을 전달할 수 있는 사례를 기본적 시스템
으로 구현하였다. 생산요소 객체 및 정보시스템의 데이터 일치와 공정에 대한 지속적인 모니터링
을 통해 비효율적 자원 할당 및 공정 지연을 측정하고 해결하며 가시성을 높여 업무 효율을 지속
적으로 향상시킬 수 있을 것이다.

핵심주제어 : 제조공정, 지속 개선, 실시간 정보획득

Abstract Improvement of productivity and efficient process management need to define the
problem of the previous work. If it takes long time to gather necessary information, it becomes
difficult to continuously manage processes to satisfy customers' needs and to enhance business
efficiency. This paper proposes methods and a context awareness system for decision making to
solve problems originated in management of manufacturing process through real-time
information acquisition. We implement the context awareness by suggesting decision logics that
automatically classify works with acquired information. And we also implement a system for
case study which makes workers recognize problems and notifies instructions to them.
Consistency between real object and stored data and continuous process monitoring with this
system could find inefficient resources or delayed works, resolve them and improve processes
efficiency.

Key Words : Manufacturing process, Continuous improvement, Real-time data acquisition

* 동양종합금융증권 리서치센터

** 경기대학교 산업경영공학과 (교신저자)

*** 대진대학교 산업경영공학과

**** 서울대학교 산업공학과/자동화시스템공동연구소

1. 서 론

매스커스터마이제이션 체제 확립과 함께 자원의 부족 및 노무비 증가, 글로벌 기업 간의 경쟁 등 열악한 산업 환경에서 기업이 경쟁력을 가지기 위해서는 업무 공정에 대해 객관적이면서 신속한 분석 및 개선이 필요하다. 그러나 기존의 업무 프로세스에서는 공정을 한번 결정하고 나면 지속적으로 개선하기 어렵다. 지속적인 주문 처리, 공정의 문제점 파악에 있어서의 어려움, 프로세스 분석을 위한 인력 부족, 컨설팅 업체의 지속성 결여 등 여러 가지 요인을 그 이유로 들 수 있다. 기업 측면에서는 한번 프로세스를 가동하면 수요 충족을 위해 업무를 계속적으로 수행해야 하기 때문에 기존의 프로세스를 수정하기 어려운 것이다. 또한 작업자들은 업무에 익숙해지고 나면 자신의 업무에서 어떤 비효율성이 존재하는지 파악하기 어렵다. 이러한 경우 업무 프로세스를 개선하기 위해 외부에 컨설팅을 의뢰하는데, 많은 비용이 발생하고 작업자들의 업무 시간 중 일부를 개선 업무에 할애해야 한다는 단점이 있다. 또한 필요한 데이터를 수집하고자 할 때 노동집약적인 방법을 통해 사람이 직접 작업 사항과 시간을 문서에 기록하였고, 기록된 데이터를 바탕으로 필요한 정보를 도출하는 데 상당한 시간을 필요로 하였다.

이처럼 업무 데이터 수집이 수작업으로 이루어질 경우 업무 파악에서 필요한 데이터 수집과 정보의 도출까지는 많은 시간이 소요되는 어려움이 있고 정보의 정확성에 대한 문제점도 발생한다. 그리고 컨설팅 업체를 통하여 일회적으로 프로세스 개선을 하더라도, 급변하는 시장 환경에 의해 차후에 또 다른 문제점이 발생한다면 매번 이와 같은 많은 비용과 시간을 투자하여 문제를 해결해야 한다. 또한 기존의 개선 업무는 시간과 비용 및 시장 환경의 제약으로 인해 지엽적으로 개선할 가능성이 높다.

본 연구에서는 제조공정에서 발생 가능한 여러 문제점을 해결하고 개선하기 위해, 기존의 업무 프로세스를 파악하는데 필요한 데이터를 실시간 정보 획득 시스템을 통해 자동으로 수집하는 시스템을 제안한다. 현 공정에 대한 지속적인 모니터링을 통해 자원의 비효율성 및 공정 지연을 측정하고, 획득한 데이터를 바탕으로 관리자가 업무 개선을

위해 필요로 하는 정보를 자동으로 정리하여 제공함으로써 의사결정을 지원하고, 자동화된 측정·평가·개선 작업의 작업을 통해 업무 효율을 지속적으로 향상시키는 방안을 제시하고자 한다.

본 연구의 구체적인 기대성과는 다음과 같다.

- 생산요소 객체와 DB상의 데이터 일치(BOM 및 Routing)를 통해 정보의 정확성과 공정의 진행 상황에 대한 가시성을 향상시킬 것이다.
- 획득한 데이터를 바탕으로 공정 작업을 자동으로 유형 분류하는 판단규칙을 제시하여 제조 현장에서의 상황인지(Context Awareness)를 구현한다.
- 기존에 수작업으로 이루어진 공정 분석 차트 및 각종 정량적 분석 정보 도출을 자동화한다.
- 그래픽 화면과 실제 수치 데이터를 함께 보여주는 UI를 제공하여 신속한 의사결정을 지원한다.

제조업의 공정 개선을 다루기 위해 본 연구에서는 공정 분석을 위해 사용해 온 각종 차트들에 대해 정리하고, 공정 개선에 필요로 하는 정보들을 도출하였다. 또한 여러 차트들 중에서 실시간 정보 획득 기술을 활용하여 정보 수집을 하기에는 기술적인 측면에서 현실적으로 제약이 많은 수작업이나 기계 단위의 작업과 관련한 미시적 분야는 제외한다. 대신에 Flow Process Chart(이하 FPC)나 Flow Diagram(이하 FD) 등에서 다루는 프로세스 측면의 거시적 분야를 다룰 것이다. 그리고 이 정보를 활용하여 지속적인 업무 개선이 가능하도록 하는 시스템을 제시한다.

기초적 의사결정을 위한 시스템의 구조 제시와 함께, 데이터의 내용, 규칙기반의 어플리케이션과 사용자 인터페이스를 본 연구의 구체적인 범위로 한다. 제조 환경에서는 생산요소들이 매우 복잡하게 얽혀있기 때문에 각 상황에 적합한 시스템을 제시할 수는 없다. 그래서 본 연구에서는 시스템 구축을 위한 기본적인 틀을 제시하면서 각 사용자가 상황에 맞게 시스템을 구축할 수 있도록 고려하였다. 본 연구는 제시한 시스템의 활용에 대한 이해를 돕기 위해 시스템 구조에 대한 설명한 후, 간단한 밀링(milling) 공정 시나리오를 제시한다. 그리고 구현한 의사 결정 지원 시스템을 시나리오에 적용하는 것을 최종 목표로 한다.

본 연구에서 제시하는 ITCI(IT based Continuous Improvement) 시스템은 IT 기술을 활용하여 제조공

정에 대한 데이터를 수집하고 공정 분석에 필요한 정보를 자동으로 생성하여, 공정의 비효율성을 주기적으로 개선하도록 하는 시스템이다. 동시에, 공정에 대한 지속적인 모니터링을 통해 실시간으로 자원의 비효율성 및 공정 지연을 측정하고 관리자가 이에 대해 신속하게 대응할 수 있도록 의사결정을 지원한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2절에서는 기술적인 배경과 관련 연구에 대해 살펴보고, 3절에서 제조공정 개선에 활용해 온 다양한 차트와 시스템 도입을 위해 필요한 정보에 대해 분석하였다. 4절에서는 본 연구에서 제안하는 ITCI 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어 구조에 대해 제시하고, 시스템의 구현을 위해 단계를 구분하여 그 구조에 대해 상세하게 설명하였다. 그리고 5절에서 시스템을 제시한 시나리오에 적용하는 방안과 구현 프로그램에 대해 설명하고, 6절에서 연구 결과와 추후 연구 방향에 대하여 서술하였다.

2. 기존 연구

본 연구에서는 실시간 정보획득 기술을 활용하는 공정 개선 방안을 제시하고자 하며, 이를 위해 RFID 기술을 사용한다. RFID 시스템의 구성요소는 태그, 리더, 어플리케이션의 세 가지로 나눌 수 있으며, 참고로 본 연구에서는 Alien사의 리더와 수동형 태그를 사용하여 일부 상황을 실험하였고, 어플리케이션은 Visual basic으로 구현하였다.

RFID와 관련된 연구는 이를 활용한 정보 수집 및 활용에 대한 연구뿐만 아니라 RFID를 통해 수집한 정보를 공정의 지속적인 향상에 활용하는 연구들도 진행되고 있다. Hanebeck(2004)는 RFID 기술을 도입할 경우, 기존의 재고 관리 방식이 달라져야 함을 이야기하면서 어떻게 달라질 것인지를 Flow Chart를 통하여 보여주고 있다. 그리고 RFID를 도입하여 얻을 수 있는 12가지 효과(처리 속도 상승, 경로 선정에 따른 최적화, 도난 방지, 효율적 작업자 할당, 예외상황에 대한 경고, 데이터 입력 시 에러 제거, 미 선적 제거, 풍부한 데이터 확보, 풍부한 추적 자료, 선적 속도 향상, 주기적 재고 점검과 판매 손실 감소, 에러에 따른 화해 비용 감소)를 제시하고, 제품의 리콜 상황에 대한 중요성과 RFID 도입 시 효율적으로 리콜이 가능

한 이유를 제시하였다[1]. RFID시스템을 구축하고 기업 간 협업이 이루어질 경우, 프로세스의 효율성을 높일 수 있음을 설명한 것이다.

Wang(2008)은 건축의 품질 검사 및 관리에 RFID를 적용할 경우 얻을 수 있는 효율성에 대해 연구하였다[2]. 물류·유통 분야가 아닌 품질관리 측면에서 RFID 기술을 활용했다는 데 그 의의가 있다고 할 수 있다.

RFID 기술을 활용하지는 않았지만, 지속적인 개선과 관련하여 제조 시스템의 문제점을 진단하기 위한 통합된 모델링을 제시한 연구도 있다. Hernandez-Matias(2008)는 제조 산업에서 생산과 품질을 통합적으로 관리하는 프레임워크 (PQAM: Production and Quality Activity Model)를 소개하였다[3]. 그러나 공정보다는 정보를 중심으로 한 모델링에 초점을 두고 있다.

본 연구에서 논의하고 제시하고자 하는 사항은 MES(Manufacturing Execution System)에서도 다루고 있고, SPC(Statistical Process Control), PAT(Process Analytical Technology)와 같은 이름으로 품질관리 혹은 공정 관리에 관한 연구가 진행 중에 있다. 본 연구와 MES의 차이점은 공정의 근본적인 개선이 목적인다는 것이다. MES는 제조 계획시스템(MRP, ERP 등)과 공장에 있는 각종 장비를 움직이는 제어시스템 간의 의사전달 차이를 채우기 위해 연구가 진행되었다[4]. 그러나 MES는 기계 중심의 관리이면서, 프로세스 개선보다는 작업을 통제하는 것을 주목적으로 한다는 점이 본 연구에서 다루는 ITCI와는 다른 점이라 할 수 있다. SPC는 통계적인 수치들을 바탕으로 제품의 품질 유지를 목적으로 관리하는 방법이다. PAT 역시 MES와 비슷하게 정량적인 데이터를 바탕으로 프로세스를 제어하는 것이다.

본 논문에서 다루는 ITCI는 지속적인 개선과 함께 프로세스와 시스템, 그리고 시스템과 시스템을 함께 고려하면서 프로세스 향상을 추구한다는 관점에서 BPMS(Business Process Management System)와 더욱 유사하다고 할 수 있으나, 제조 및 생산요소에 초점을 맞추어서 작업 분석 정보를 도출하고, 그 정보를 지속적인 개선에 활용한다는 점에서 기존의 BPMS와는 차이가 있다고 할 수 있다. 실시간 정보 획득 측면에서, 사물 식별코드 정보서비스, 기존의 기업 응용시스템과 응용 프로

그램을 연결시키는 역할을 하는 규칙 기반의 시스템인 RBPMS(Real-time BPMS)가 있으나[5], 미들웨어의 주요 구성요소로 발생 가능한 업무 프로세스를 자동으로 구동시키는 것을 주요한 목적으로 한다는 점에서 차이를 보인다.

실시간으로 경영성과를 측정하는 관리 방안인 RPM(Real-time Performance Management)은 자원할당 및 의사결정에 관여하는 작업의 비용과 수익 측정에 초점을 맞추고 있다[6]. RPM을 적용할 경우 각종 성과지표를 자동으로 도출하기 위해 프로세스 내의 각 센서로부터 수집한 데이터를 활용할 경우, 효율적 자원 할당 및 프로세스의 지속적인 개선을 할 수 있다. 생산현장에서 개선된 능력화 및 통합화를 통하여 성과의 최적화 달성을 필요로 하는 제조업을 위주로 하고 있으나 작업의 지속적 개선보다 성과에 보다 초점을 맞추고 있다.

ITCI와 기존 업무 개선 방안과의 차이점은 제조 환경에서 고려해야 하는 생산요소(사람, 기계, 재료)에 대한 세부적인 데이터 수집이 가능하고, 이를 활용할 수 있다는 것과, 성과 관리와 함께 제조업에서의 프로세스 관리를 동시에 할 수 있다는 것이다. 또한, 기계 중심이 아닌, 재료 및 사람 중심의 프로세스 개선 및 성과 관리가 가능하다는 이점이 있다.

3. 업무 및 필요 정보 분석

제조공정의 효율성을 높일 수 있는 공정 관리 방안을 제시하기 위해서는 먼저 관리의 대상이 되는 작업들이 무엇인지를 파악해야 한다. 또한 공정 내에 존재하는 작업들과 관련한 여러 정보를 파악해야 할 필요가 있다. 현재 대부분의 생산현장에서는 이러한 정보 파악을 위한 공정 데이터 수집 작업이 수작업으로 이루어지고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 데이터 수집 작업을 수행하는 데에 RFID를 활용함으로써 보다 신속하고 정확한 데이터를 수집할 수 있도록 한다.

작업 현장에서 수집된 정보를 바탕으로 공정 관리를 효율적으로 수행하기 위하여 다양한 형태의 차트를 활용할 수 있다. 공정과 관련한 다양한 절차, 순서 등을 표현하기 위하여 여러 가지 형태의 차트를 활용할 수 있는데 공정 관리에서 사용하는

차트는 대부분 프로세스 차트이다. 프로세스 차트는 어떤 제조 혹은 사업 공정을 그래픽으로 표현한 것을 말한다. 이와 관련되어 FPC, FD, PERT chart, Travel chart, Worker and Machine process chart, Gang process chart, Operator process chart 등이 있다[7].

본 연구의 목적은 RFID 시스템을 활용하여 공정에서의 자재 흐름(material flow) 및 생산자원의 활용을 기존 생산계획과 비교하여 분석하고, 이를 바탕으로 공정에서 발생하는 지연 여부를 지속적으로 파악하여 개선하는 데 있다.

특히 주된 관심이 되는 제조공정에 대한 분석을 수행하기 위해 각각의 프로세스 차트에서 표현되는 정보를 정리하고 이들을 RFID 기술을 활용하여 수집할 수 있는지 여부를 <표 1>로 정리하였다. 요구되는 정보의 종류 외에도 정보 획득 및 분석의 시점에 따라 실시간 상황을 고려하는 경우와 이산적인 시간 간격 내에서 얻어진 정보를 분석하는 경우로 나누어 볼 수 있다. RFID를 활용하는 경우 정보의 수집 및 처리가 실시간 단위로 행하여지기 때문에 FPC, FD와 같이 실시간 단위로 지속적인 모니터링이 가능한 차트를 분석 대상으로 삼을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 프로세스 차트 중에서 공정 개선과 관련하여 다양한 정보를 포함하고 정보를 실시간으로 처리할 수 있는 FPC/FD에 대해서 다루도록 한다.

먼저 RFID를 적용하여 공정관리를 효율적으로 하기 위해서는 RFID를 통해 얻을 수 있는 정보, RFID 이외의 IT 기술을 통해 얻을 수 있는 정보, 공정 관리를 위해 필요로 하는 정보에 대해 조사해야 한다. 공정 관리를 위하여 필요한 정보는 앞서 차트에서 필요한 정보를 통하여 뽑아낼 수 있으며 RFID를 활용하여 얻을 수 있는 정보는 다음과 같다.

태그에 기록되는 정보는 태그 ID를 구분함으로써 어떤 제품, 기계, 혹은 작업자인지를 구분한다. 이때 모든 작업자와 기계에는 식별 가능한 태그가 부착되어 있다고 가정한다. 리더가 설치된 위치 정보를 미리 DB에 저장함으로써 태그가 리더에 의하여 인식되는 시간과 장소에 관한 데이터를 얻을 수 있다. 또한 각 리더가 인식하고 있는 제품 ID의 수량 데이터도 얻을 수 있다. 그리고 작업자가 업무 중인지

<표 1> 차트별 필요 정보 및 RFID 기술로 획득 가능한 정보 구분

정보	차트	Flow Process	Flow Diagram	PERT	Travel	Worker and M/C process	Gang process	Operator process	Getting from RFID system
차트 주제		O				O			not possible
차트 번호		O				O	O		not possible
Drawing & Part 번호		O				O		O	not possible
차트 Method		O				O		O	not possible
차트의 시작		operation				O			not possible
차트의 종료		operation				O			not possible
일자		O				O	O	O	not possible
차트의 구별		worker name				worker name		O	not possible
부서이름							O		not possible
부서위치							O		not possible
sketch								O	not possible
Distance		O							not possible
Unit time		O	O	O		O	O	O	possible
차트 기호		O						O	not possible
Process desc.	기계	O	O		O	O	O		partly possible
	작업자	O				O	O		possible
	operation (action)	O		O	O		O	O	partly possible
layout 도면			O						not possible
operation location			O						partly possible
location description			O			O			possible
flow direction (routing)		O	O	O	O			O	possible
product yield (rate)			O		O				possible
operation due date				O					not possible
element description						O		O	possible
summary		event type/time							not possible

의 여부는 작업 데스크에 부착된 리더가 작업자에 부착된 태그를 인식하여 작업 중임을 판단할 수 있다. 여기에서는 작업 데스크의 리더가 작업자의 태그를 인식할 경우 작업 중이라고 가정한다.

RFID 이외의 IT 기술 측면에서는 기존의 MES 정보를 활용하여, 기계에 관한 정보를 얻을 수 있다. 현재 작업장에서 기계가 작동하고 있는지의 여부를 MES에서 체크하여 알려줄 수 있다.

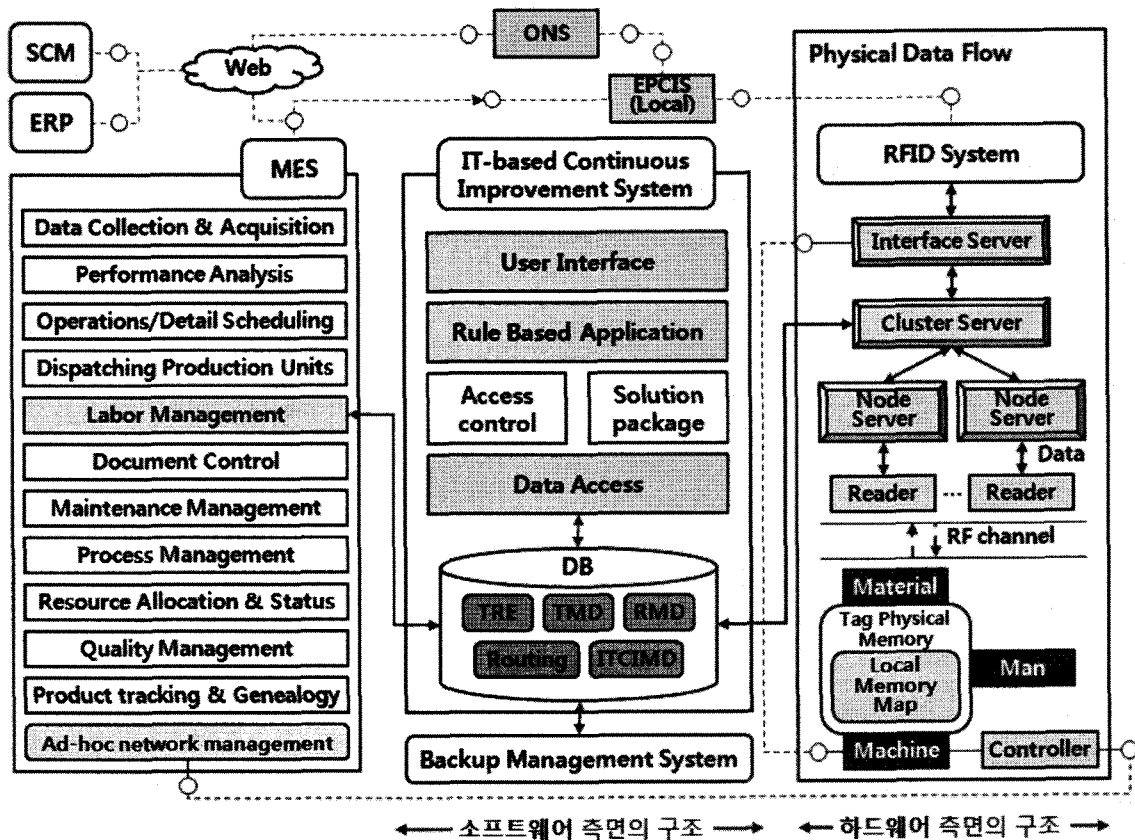
4. 시스템 구축 방안

4.1 ITCI 시스템 개요

본 연구에서 제안하고자 하는 ITCI 시스템은 (그림 1)의 우측 부분과 같은 하드웨어로 구성되는 RFID 시스템 및 MES와 연계되는 하드웨어로 구분할 수 있다. RFID 시스템은 작업자, 기계, 자재 등과 같은 제조공정의 생산 요소로부터

정보를 수집하기 위하여 부착하는 태그, 태그를 인식하기 위한 리더, 리더에 연결된 안테나로 구성된다. 각 생산 요소에 태그를 부착함으로써 매 단위 시간마다 객체 및 위치 정보를 얻을 수 있다. 이러한 지속적인 모니터링을 통해 각 제품이 어디서부터 어디로 흘러가는지, 그리고 어느 작업자와 기계에 의해 어떤 공정을 지나는지 알 수 있다. 그리고 리더로부터 데이터를 모으는 노드서버(Node Server)와 그 상위 단계에 있는 클러스터서버(Cluster Server)가 있다. 노드서버는 리더에서 1차적으로 인식되는 태그ID 정보와 시간 정보를 수집한 후 이 정보들을 취합하여 가까이 있는 클러스터서버에 보낸다. 클러스터는 Tag Read Event 정보를 DB에 저장한다[8].

MES 하드웨어는 각 기계에 부착되어 있는 각종 센서들과 지역무선송수신기(Local wireless transmitter), 호스트무선송수신기(Host wireless transmitter)로 구성된다. 각종 센서에 대한 정보가 센서에 연결된 지역무선송수신기로 전달되고, 이



<그림 1> ITCI 시스템의 하드웨어/소프트웨어 구조 및 구성

정보는 다시 호스트무선송수신기에 의해 수집된 뒤, 클러스터서버로 전송된다. 클러스터서버는 Sensor Read Event 정보를 DB에 저장한다. 이처럼 RFID 시스템과 MES 장비에 의해 DB에 저장된 데이터는 사용자에게 필요한 정보를 제공하고 공정 활동 개선을 위한 어플리케이션에서 활용될 수 있다.

이처럼 프로세스 개선을 위해 자재, 기계를 비롯하여 작업자를 관리해야 하는 경우, 작업자의 개인 정보에 대한 신중한 고려가 필요하다. 이는 업무 개선을 위한 시스템을 구축하려는 경우, 현장 작업자의 적극적인 참여가 있어야 시스템 구현의 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 따라서 시스템을 구축한 후 작업자 관련 정보에 대해서는 작업자 자신이 먼저 피드백하고 바로 위의 현장 관리자까지만 정보를 공유하여 불필요하거나 개선해야 할 공정에 대해 교육하고 수정하도록 한다.

의사결정자는 전체적인 프로세스와 관련한 정보 및 현장 관리자에 의해 보고된 정보와 컴퓨터에 나타나는 정보를 바탕으로 의사 결정을 한 뒤, 현

장 관리자에게 PDA를 통해, 업무 프로세스의 현 상황과 알맞은 지시사항을 전달함으로써 공정을 개선하도록 한다.

소프트웨어 부분은 DB, SCM, ERP, MES, RFID 시스템과 본 논문에서 제시하는 ITCI로 구성되며, (그림 1)과 같이 구조화할 수 있다.

DB에는 주요 어플리케이션 프로그램에서 활용할 수 있도록 메타데이터 정보와 실제 수집한 데이터를 저장한다. RFID 시스템과 관련해서는 리더의 위치와 ID 정보를 저장하는 Reader Metadata(RMD)와 태그 ID와 태그가 부착된 개체에 관한 정보를 저장하는 Tag Metadata(TMD), 태그의 인식 이벤트에 대한 정보를 저장하는 Tag Read Event(TRE) 관련 정보가 있다.

MES와 관련해서는 기존의 MES에서 제시하는 11개의 모듈과 관련된 메타데이터 및 실제 데이터가 저장되어 있다. 또한 다양한 센서를 사용할 경우 센서에 대한 메타데이터 정보도 가지고 있다. 본 논문에서 기존의 MES에 관련해서는 구체적으로 다루지 않기 때문에, ITCI는

필요에 따라 DB에 저장된 MES 정보를 활용할 수 있다고 가정한다.

RFID 시스템 및 기존 DB에 있는 정보를 바탕으로 ITCI 시스템이 자동으로 프로세스 차트를 생성하도록 하기 위해서는 앞에서 언급한 정보 이외에 공장도면, 라우팅 정보 및 기존 표준운영절차에 관한 정보를 가지고 있어야 한다.

각 데이터를 바탕으로 필요한 정보를 자동으로 얻기 위해 상황인지 방법이 필요하다. DB에는 공정에서 발생하는 상황이 무엇인지 파악하기 위해 가공(operation), 지연(delay), 이동(transportation), 검사(inspection), 저장(storage)의 다섯 가지로 분류한 공정작업에 대한 이벤트 정보를 저장해야 한다. 이러한 정보를 바탕으로 자동으로 생성된 프로세스 차트는 의사 결정자 혹은 현장 관리자에게 전달된다. 의사 결정자는 문제를 파악한 뒤 적절한 해결책을 작업 현장에 곧바로 지시하도록 한다. 이 정보를 ITCI의 Rule based application 모듈에 저장한다.

개인정보보호를 위해 ITCI 시스템 내에는 정보의 내용에 따라 사용자의 접근을 제한하는 Access Control 모듈을 가지고 있어야 한다. 예를 들면, 작업자의 실제 업무 시간에 관한 정보는 민감한 사항이므로, 현장 관리자까지만 열람이 가능하도록 한다. 필요에 따라 작업자의 동의하에 더 높은 관리자가 공정 개선 여부를 판단하기 위해 열람 가능하도록 시스템을 구축할 수 있다.

테일러의 과학적 관리의 원칙에 따르면, 작업자의 모든 정보는 작업자가 더 나은 업무를 수행하도록 돕기 위해 활용해야 한다. 관리자들도 또한 이러한 취지로 정보 공개를 권유하겠지만, 작업자에게는 자신이 불이익을 당할 수도 있는 정보를 제공하는 것이므로 시스템을 구축할 경우 주의하여 접근해야 한다. 업무 능력에 따른 합리적인 차등대우를 위한 시스템을 갖출 경우, 작업자의 정보 공유가 더 활성화될 수 있다. 역으로 성과에 따른 대우는 ITCI와 같은 업무 능력 및 성과에 대한 정확한 판단이 가능할 때에만 가능하다. 따라서 작업자 개인의 업무 능력 향상을 위해서도 ITCI 시스템 구축이 필요하다 할 수 있다.

ITCI 시스템 내에서는 Rule based application 모듈을 바탕으로 각 문제에 대한 솔루션을 도출해 낼 수 있다. 기존의 연구 사례 및 정보들을 바탕으

로 Solution package 모듈을 제공한다면, 사용자가 지속적인 업무 개선을 보다 신속하게 실현하도록 도울 수 있다.

4.2 ITCI 시스템 구성

작업자, 기계, 자재에 관련한 시간 단위별 상태 및 위치 정보를 바탕으로 현 공정에서 발생하는 문제점을 파악하고, 문제가 발생하게 된 근본 원인에 대해 분석하여 의사결정자에게 알기 쉽게 보여주는 것이 ITCI 시스템의 목표이다. 이를 위해, 공정에서 발생하는 여러 자료들 중 직접적인 생산요소에 대하여 단위 시간의 상태 정보를 자동으로 수집하도록 한다. 이 자료는 ITCI에서 정한 판단 규칙에 의해 필요로 하는 정보로 전환되는데, 공정에서의 낭비 요소에 대한 정의를 바탕으로 프로세스에서 문제가 있는 공정을 도출한다. 공정과 관련이 있는 여러 가지 생산요소와 이전 공정 중에서 문제 발생의 원인일 수 있는 원점적인 요소를 보여준다. 이 중에 직접적인 원인에 대한 판단과 해결책 제시는 ITCI 시스템의 사용자가 제공한다. ITCI 시스템은 보다 편리한 UI를 통해 관리자가 쉽게 원하는 생산 목표 및 공정 목표를 설정하고 수시로 발생하는 공정 문제에 신속하게 대처할 수 있도록 지원한다. 이러한 각 기능을 지원하기 위한 ITCI 시스템의 전반적인 구성은 앞서 살펴본 (그림 1)과 같다. 핵심 시스템을 구성하는 요소는 Data Access, Application Rules, User Interface라는 세 가지 측면으로 나누어 볼 수 있다.

4.2.1 Data Access

모든 데이터를 공유할 수 있다고 가정한 상태에서, RFID 시스템과 관련된 TMD, RMD, TRE와 함께 <표 2>에 정리한 바와 같이 ITCI 시스템에서 사용하기 위한 각각의 메타데이터에 대한 데이터 정의가 필요하다. 여기서 나타난 메타데이터들은 본 논문에서 주요하게 다루고자 하는 FPC/FD를 생성하는데 사용하는 메타데이터들이다. 각각은 작업자, 기계, 자재에 대한 데이터를 바탕으로 정의하게 된다. 여러 메타데이터들 중에서 Target 메타데이터의 경우 기존 공정에서 문제가 발생하였다고 정의하기 위한 Target attribute가 필요하

다. 제조 현장에서는 이른바 '10가지 낭비요소'가 발생 가능한 것으로 알려져 있는데[9,10,11], Target attribute는 이러한 낭비요소들로부터 도출할 수 있다.

<표 2> DB에 저장되는 메타데이터

System	Category	Contents	
RFID System	Tag	Tag ID (Tagging) Item (Tagging) Sensor	
	Reader	Reader ID Reader location Part name including reader	
	Tag Read Event	Read time State(move/stop, on/off) Readers to read tags	
I T C I	Context Awareness	Context	Man status Machine Status Material Status Method Status Location of tag to be read Read time Process Direction Context name
		Target	Target name Target attribute Target value
	Statistical Analysis	Standards	Standards name Standards attribute High boundary value Low boundary value
		Problem	Problem name Related production factors TRE
	Alternative Searching	Relation	Cause Fact Effect Fact Level of relationship
		Cause Facts	Man Machine Material Method

<표 3>은 10가지 낭비요소들을 정리하고, 이를 바탕으로 상황인지 모듈에서 현 상황을 정의하기 위해 고려해야 할 기준 요소들과 통계분석 모듈에서 목표 속성으로 정의해야 할 값들을 나타낸다. 이 값들 중에서 FPC/FD 상에서 중요하게 고려해야 할 속성은 성능가동률, 표준 작업 시간, 동선의 비효율성(거리/빈도), 라인밸런스율, 경제적 로트 크기(ELS: Economic Lot Size) 등이 있다. 이 Target attribute에 대한 기준 값 및 충족 범위를 Standards 메타데이터에 정의하고, 이는 실제 데

이터와 비교하는 값이 된다.

4.2.2 Application Rules

Application Rules의 3가지 구성 모듈인 상황인지, 통계분석, 대안탐색에 대해 각 모듈의 단계와 함께 표현하면 (그림 2)와 같다. 첫 번째 상황인지 모듈은 제조공정으로부터 얻은 원천데이터를 바탕으로 작업자가 필요한 정보를 자동으로 생성하기 위한 모듈이다. 예를 들면 본 논문에서 다루는 FPC/FD를 자동으로 생성하는 기능을 하는 응용 모듈이다. 상황인지 모듈에서는 필요로 하는 데이터의 정의와 이를 바탕으로 관리자가 알고 싶어 하는 상황을 자동으로 인식하기 위한 판단규칙이 필요하다. 상황인지의 단계에 대해 자세히 설명하면 다음과 같다.

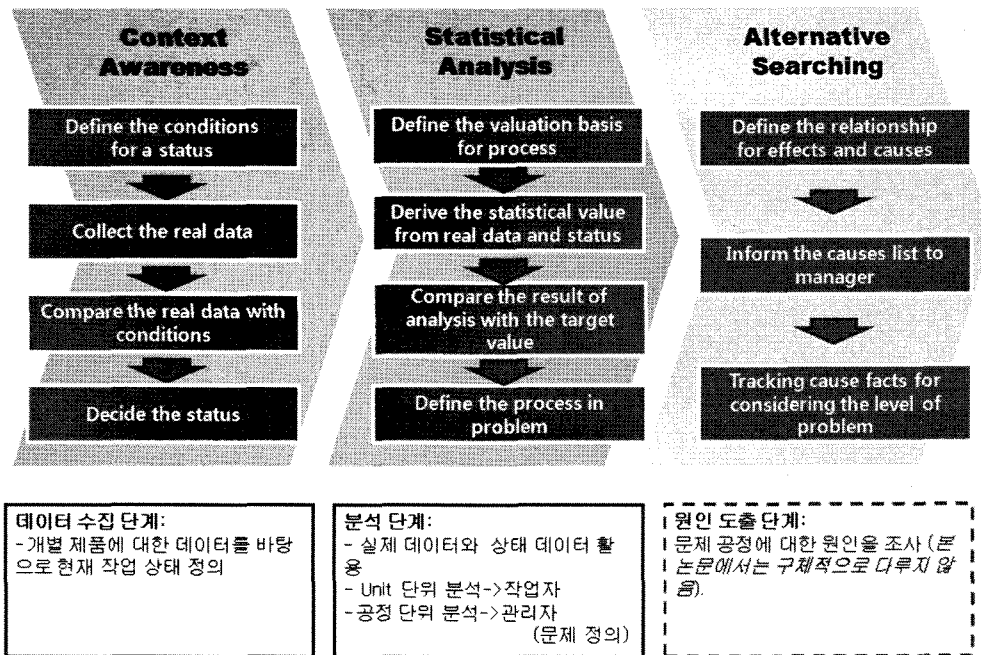
1. Define the conditions for status: 입력 받은 데이터를 바탕으로 현재의 공정 상황(개별 아이TEM 단위)을 정의하기 위한 기준을 정의한다.
2. Collect the real data: 여러 장치들(RFID, MES, ERP)을 통해 자동으로 데이터를 수집한다.
3. Compare the real data with conditions: 자동으로 수집한 개별 아이TEM 단위의 데이터를 미리 정의한 판단규칙에 적용하여 비교한다.
4. Decide the status: 판단규칙 적용으로 얻은 값으로 현재의 개별 아이TEM의 상황을 정의한다.

FPC에서 기본적으로 인식하고자 하는 상황은 앞서 언급한 가공, 지연, 이동, 검사, 저장의 다섯 가지이다. 각각의 상황은 작업 환경에 따라 많이 복잡할 수도 단순할 수도 있다. 본 연구에서는 예시로서의 시나리오를 통해 비교적 단순한 경우에 대하여 상황인지를 구현할 수 있는 판단규칙을 제시한다.

두 번째 통계분석 모듈에서는 프로그램 상에서 관리자로부터 입력받은 목표 값 및 변동 값을 바탕으로 문제 상황을 인식하는 기능을 한다. 그리고 이를 위해 Target attribute를 정의하도록 하는데, 미리 생성한 Target 값이 없는 경우 생산 현장에서 획득한 원천데이터를 바탕으로 Target 값을 설정할 수 있다. 앞 단계의 상황인지 모듈을 통해 얻은 상황에 입각하여 문제를 정의할 수도 있다. 각

<표 3> 낭비를 제거하기 위한 현장 개선의 10가지 착안점

낭비 원인	정의	이유	판별 기준	상황인지 모듈 (기준)	통계분석 모듈 (Target)
불요 가공	작업 표준에 따르지 않는 가공활동에 의한 낭비 (불필요한 작업 활동을 일컬음)	-교육 부재로 인한 작업자 무지 -설비 노후화에 따른 성능열화 -주인의식부재에 따른 고의성	-성능가동률=사이클타임*가공수량/가시적가동시간*100 -표준작업	표준작업시간, 가공 수량, 생산요소의 상태 (on/off, activity, unit working time)	성능가동률, 표준 작업 시간
이송	공장배치계획의 불합리로 인한 낭비 (공정과 제품 흐름의 불일치)	-불필요한 적재 (batch) -부적절한 운송 수단 및 운송량 -layout의 부적합	-정량/정위치 여부 -동선의 비효율성 (빈도와 거리는 반비례)	작업자, 기계, 자재	정량, 정위치, 거리/빈도 값의 최대화
준비 시간	동일 가공물을 계속하여 생산할 때, 최초 1회만 발생하는 시간(도면수령과 해독, 공구인수와 반납, 기계 장비 취급, 공구조정 및 풀기, 공구의 조정, 시험작업, 여유)으로, 이 시간이 길 경우 낭비	-다중소량생산 수요에 대응한 생산체계 -부적합한 로트크기 -교육 부재로 인한 작업자의 무지 -공구 조정의 비효율성 -Setting 시의 준비 내 작업 -작업의 비표준화	-ELS -셋업 표준 시간	작업자, 기계, 자재	ELS, 셋업 표준 시간 준수
대기	재료, 작업, 운송, 검사 등의 모든 대기·여유·감시 작업 등으로 인해 발생하는 낭비	-공정대기/로트대기 -여유 (피로여유, 화장실 여유, 작업 여유, 직장 여유) -라인간의 불균형 (병목 발생)	-피치다이어그램 (라인 밸런스) -ELS -공정 여유율	작업자, 기계, 자재	라인 밸런스 효율 증가, 공정 여유율 감소
불량	재료불량, 가공불량, 검사 클레임, 수리 등 불량 발생으로 인해 발생할 수 있는 여러 가지 낭비	-가공누락 -가공실수 -설비불량 -오동작 -치공구 불비 -도면이해 부족 -표준 작업 부재 -위치결정실수부품	-중량 -치수 -형상 -counter -공정간 순서결정방식 -클레임 횟수	MES, 자재	불량률 비율 적정값으로 감소, 전수 검사 시행
불요 동작	Work sampling이나 스톱워치에 의거 현장 작업자에 대한 조사에서 이익이 없는 활동 (기계응시, 찾기, 걷는 동작, 물건계수, 무거운 짐 운반, 옮긴다는 것, 가공할 것이나 가공되는 것을 찾는 것)	-교육 부재로 인한 작업자 무지 -불합리한 설비 배치 -자동화 설비의 부족 -정위치의 부재 -운반 표준의 부재 -독립 작업	-불필요 여부 (적정 인원 및 공정 여유율) -불합리 여부 (표준 동작 여부) -불균일 여부 (자연 작업에서의 세부 분류)	작업자, 기계	공정 여유율 감소, 표준 생산량 달성, 표준 작업 기준 충족
재고	JIT를 수행하지 못할 경우 반제품 재고, 완제품 재고로 인해 발생하는 불필요한 낭비	-5S 부재 -부정확한 재고 파악 -증설 재료 파다 투입 -작업자의 불필요한 전업 -파다 생산과 이에 따른 불필요한 창고 크기	-표준 생산량 -가시성의 정확성 -정위치, 정량 -수율과 수요, 재고의 불균형	자재	EOQ, 정량, 정위치, 가시성
자원	설비 및 재료의 자원이 필요한 것보다 많이 존재함으로써 인해 발생하는 낭비	-공정의 비효율성 -설비 노후화에 따른 성능열화 -표준 조사와 시장 조사의 부정확성	-재료의 입력과 산출의 차이에 따른 낭비 -전체 설비의 가동률 -인적 자원의 가동률	작업자, 기계, 자재	입력과 산출 차이의 최소화 (혹은 표준값충족), EOQ, ELS
고장	설비의 고장으로 인해 발생하는 기능 정지형과 기능 저하형	-급유 시기, 수평 조정, 조이기 등 설비 주요 점검 불이행 -주인의식부재에 따른 고의성 -설비의 노후화로 인한 고장	-설비의 상태 -설비 자체 생산량	기계, MES 정보	고장률 최소화, 기계 모니터링, 예상 목표 생산량 충족
사고	예측하지 못한 상황에 대해 발생한 사고로 인한 낭비	-우발적인 사고	-객관적인 기준 마련이 어려움	작업자, 기계, 자재, MES	사고에 대한 감지



<그림 2> Application Rules의 하위 모듈

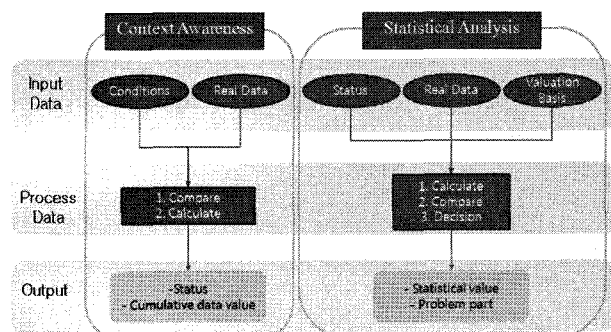
낭비에 따라 추구하는 목표가 다르기 때문에 관리자의 목표에 따라 Target attribute의 우선순위를 다르게 정하거나 여러 attribute를 병행하여 정의할 수 있다. 이 단계를 자세히 설명하면 다음과 같다.

1. Define the valuation basis for process: 공정의 개선 여부 필요성을 판별하기 위한 평가 기준을 관리자가 미리 정의한다. 앞서 언급한 Target attribute와 Standards의 상·하한값이 이 모듈 내에서 정해져야 한다.
2. Derive the statistical value from real data and status: 자동으로 수집한 원천데이터와 상황인지의 결과 값을 바탕으로 평가를 위한 통계 값들을 도출한다.
3. Compare the result of analysis with the target value: 분석 결과와 관리자가 정한 목표 값을 비교한다.
4. Define the process in problem: 비교한 결과를 바탕으로 문제 공정을 정의한다.

세 번째 대안탐색 모듈은 문제 상황이라고 인식되었을 때, 문제와 관련하여 연결되어 있는 생산 요소들을 점검하고 문제의 원인이라고 판단한 요인들을 관리자에게 제공해 주는 모듈이다. 이 단계에 대해 자세히 설명하면 다음과 같다.

1. Define the relationship of effects and causes: 각 공정의 원인과 결과에 대해 미리 정의해 놓는다. 각 공정 혹은 제품의 부위에 따라 영향을 미칠 수 있는 작업 요소들을 정의한다.
2. Inform the causes list to manager: 통계분석 모듈에서 정의한 문제에 연관된 상위 원인들을 관리자에게 알려준다.
3. Tracking cause facts for considering the level of problem: 상위 원인 요소들과 연계된 하위 원인 요소를 추적하여 도출한다.

복잡한 제조 환경일 경우, 보다 신속한 문제 해결을 위해 필요한 기능이지만, 본 연구에서는 앞에



<그림 3> Application Rules의 데이터 흐름

서 가정한 연구의 범위에 따라 규칙 구조와 기능에 대해서만 언급한다. 실제적으로 구현하는 두 가지 모듈의 입력 및 산출 데이터와 논리 구조를 간략하게 정의하면, (그림 3)과 같이 나타낼 수 있다.

4.2.3 User Interface

User Interface에서는 공정 전체 상황에 대한 가시성을 높이기 위해 도형을 활용한 인터페이스를 지원하고, 의사결정의 정확성을 높이기 위해 실제 수치데이터도 함께 제시한다. 그리고 사용자가 원하는 수준에서의 정보를 보여주기 위해서 수직적 계층 구조로부터 정보에 대한 접근이 가능하도록 구축한다.

사용자가 구체적인 내용에 대해 빠르게 파악할 수 있도록, (그림 4)에 보이는 바와 같이 FPC의 기존 기호를 확장한 다양하면서도 간단한 형태의 새로운 유형을 제시하였다. 이러한 유형은 앞에 정리한 낭비요소의 원인이 될 수 있는 요인들을 보다 쉽게 알아보기 위한 목적으로 분류하였다.

1. Operation ○ Operation	2. Transportation C Conveyor V Vehicle M Man	3. Delay F Front Overwork E Man/Machine Error
4. Inspection D 분별검사 R 정보검사	5. Storage P 완제품 S 반제품	6. State □ 정상 ▨ 경고 ■ 비정상

<그림 4> Flow Process Chart의 임베디드 기호 유형

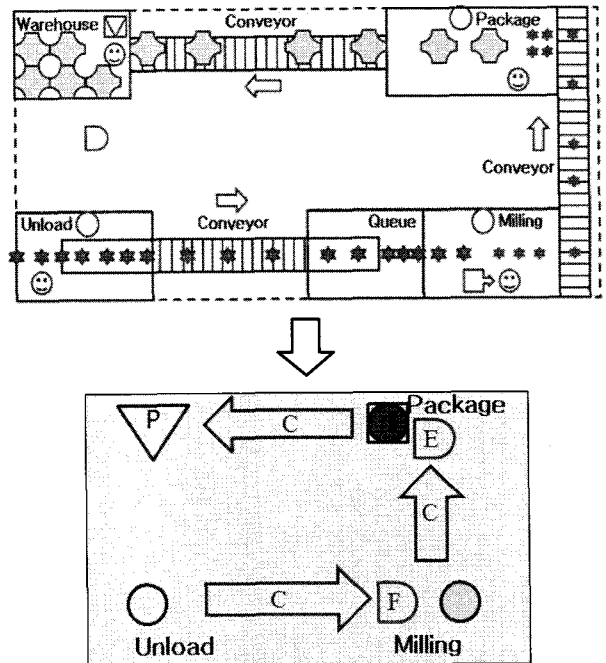
현재 공정에 이상이 있음을 나타낼 수 있는 지연(Delay)의 원인은 두 가지 경우로 분류하였다. 현행 공정의 다음 공정에 아무런 이상이 없음에도 불구하고 업무가 즉시 처리되지 못하고 지연되는 경우와 다음 공정에서 작업에 필요한 생산요소에 문제가 발생하여 지연되는 경우이다. 이 경우에, 작업자 혹은 현장 관리자가 즉각 조치를 취할 수 있는 문제인지, 아닌지를 판별하여 대처할 수 있기 때문이다.

검사작업(Inspection)은 분별검사와 정보검사로

나누어서, 검사의 성격에 따라 이전 공정에 올바르게 피드백이 주어지고 있는지를 판별할 수 있게 한다.

저장작업(Storage)의 정보를 바탕으로 완제품과 반제품을 구분하여 재공품(WIP)의 수량을 정확하게 파악하여 불요 동작이나 불필요한 자원 사용으로 인해 발생하는 낭비를 막을 수 있다.

그리고 (그림 5)와 같이 FPC/FD를 복합적으로 보여줌으로써 단편적이지 않고 입체적인 정보를 사용자에게 제공한다. 단순한 밀링 작업과, 포장 작업이 있는 공정에서 제품이 (그림 5) 상단의 경우처럼 흘러간다고 가정할 때, 자동으로 하단 차트를 생성할 수 있다. 여기에서 표현되는 화면을 바탕으로 현재 밀링 작업에서는 작업자와 기계는 잘 작동하지만, 업무 시간이 오래 걸려 지연됨을 알 수 있고, 포장 작업의 경우 작업자의 이탈 혹은 포장 재료의 부족으로 인해 상황이 지연되고 있다고 관리자가 신속히 판단할 수 있다.

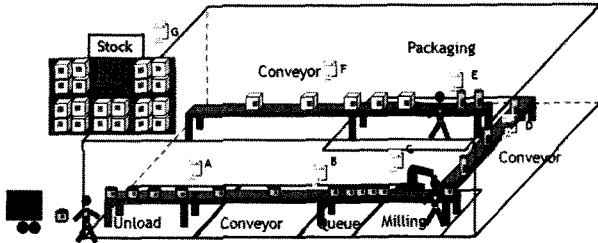


<그림 5> FPC와 FD을 결합한 임베디드 다이어그램

5. 시나리오 및 구현

5.1 ITCI 시스템 시나리오

앞에서 제시한 상황인지는 ITCI 시스템에서 공정의 상황을 판단하는 데 있어서 중요한 역할을 수행한다. 그렇기 때문에 본 장에서는 제품이 가공되는 간단한 예제를 바탕으로 상황인지를 어떻게 구현할 것인지 설명한다. 시나리오는 (그림 6)과 같다.



<그림 6> 예시 시나리오

전체적인 공정은 하역-이동-밀링-이동-포장-이동-저장의 순서이며, 각 공정의 이동 경로 상에 리더 A~G를 설치한다. 주요 공정인 밀링 작업을 수행하기 위해 밀링 기계와 작업자를 필요로 한다. 하역 작업이나 포장 작업의 경우 작업자에 의해 수행되고, 공정간 이동은 컨베이어를 통해서 수행된다. 그리고 출고를 기다리는 완제품을 창고에 저장해 둔다.

5.2 정보의 수집

하드웨어적인 요소를 위의 그림에서처럼 갖추었다고 시나리오를 구성한다면, 이를 바탕으로 각 하드웨어로부터 FPC/FD를 작성하기 위해 각 장비에서 어떤 데이터를 수집해야 하는지 정리할 필요가 있다. FPC를 생성하기 위해 각 생산요소와 장비별로 수집해야 하는 데이터는 <표 4>와 같이 정리할 수 있다. 작업자와 기계의 경우 가공/운송/검사에 따른 역할 정보를 태그에 저장하거나, 혹은 DB에 태그 ID와 연결하여 필요 정보를 사전에 저장하여야 한다.

리더 장비를 활용하면 리더가 태그를 읽으면서 태그 ID, 태그 발견 시간, 발견한 안테나 번호 - 즉 위치정보, 읽은 횟수 데이터를 얻을 수 있다. 각 태그 ID에 작업자, 기계, 자재에 관련한 정보를 연결하고, FPC를 만들 때 필요한 데이터를 불러올 수 있다.

<표 4> FPC 생성을 위한 데이터

Part	Man	Machine	Material	Method	MES
작업	가공 작업자 ID	가공기기 ID (96bit)	가공하는 제품 ID (96bit)	전후 공정에 대한 정보	가공기 기정보 (기기상 태, 센서정 보)
이동	운송 작업자 ID	운송기기 ID (96bit)	각 공정완료 제품 ID (96bit)		
저장			저장하는 제품 ID (96bit)		
지연	가공 작업자 ID	기기 ID (96bit)	가공하는 제품 ID (96bit)		
검사	검사 작업자 ID	검사기기 ID (96bit)			

5.3 판단규칙의 구현

RFID 장비를 통하여 수집된 개별 위치 및 시간 데이터를 바탕으로 작업자, 기계, 자재들이 현재 어떤 상태에 있는지 파악할 수 있다. 기본 데이터를 바탕으로 현재의 상황을 파악하는 상황인지 기능은 각각의 작업에 대하여 간단한 판단규칙을 구현함으로써 만들어질 수 있다.

먼저 주어진 시나리오에서 이동작업 (Transportation)을 파악하기 위하여 두 가지 규칙을 제시하였다. 첫째는 리더를 컨베이어 단계에서 설치하고 해당 리더에서 제품에 부착된 태그를 인식할 경우 운송 중이라고 판단하는 것이다. 시나리오 상에서는 리더 A, D, F가 태그를 인식하는 경우이고, 하나의 태그에 대해 처음 인식한 시각과 마지막으로 인식한 시각을 바탕으로 운송 시간을 파악할 수도 있다. 두 번째 방법은 운송 단계에서는 리더를 사용하지 않고 운송과정 전과 후에 설치된 리더에서의 인식 여부에 따라 운송중임을 판단하는 것이다. 이 경우, 리더 설치비용은 절감할 수 있지만, 운송 현황에 대한 정확한 가시성을 확보하기 어렵다는 단점이 존재하고, 컨베이어가 아닌 사람이나 차량에 의해 운송될 경우 운송의 효율성에 대한 분석이 어렵다는 단점이 존재한다. 본 시나리오에서는 첫 번째 규칙을 적용하여 (그림 7)과 같이 판단규칙을 구현하였다.

다음으로 가공작업(Operation)을 파악하기 위한 판단규칙을 정의하였다. 시나리오 공정상에서 가공작업을 관별해야 하는 부분은 밀링 작업 단계와 포장 단계, 두 경우이다. 밀링 작업의 경우에는 작업을 수행하기 위해 작업자, 기계, 자재를 모두

필요로 하고, 포장 작업의 경우에는 작업자와 재재를 필요로 한다. 이를 바탕으로 각 작업에 대한 판단규칙을 작성하면 (그림 8)과 같다.

먼저, 밀링 작업의 경우는

If read(Man and Machine) in reader C
and state(Machine) == on
then Milling is Operation.

으로 정의할 수 있다.

그리고 리더가 제품 태그를 읽은 시간 및 작업자와 기계의 on/off 시간 정보를 바탕으로 개별 제품에 대한 작업시간을 측정할 수 있다.

포장 작업의 경우는,

If read(Tag and Man) in reader E
then Packaging is Operation.

으로 판단규칙을 정의할 수 있다.

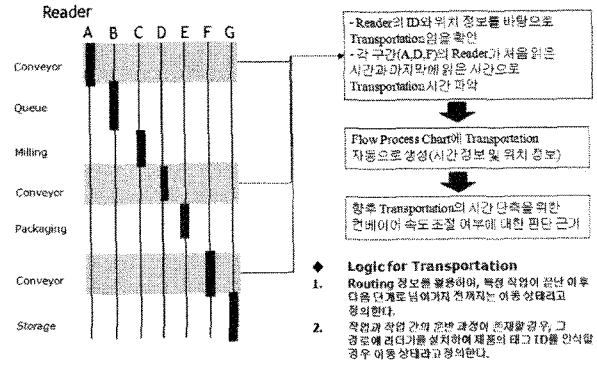
그리고 밀링 작업과 동일한 방법으로, 리더가 제품 태그를 읽은 시간 및 작업자 인식 정보를 바탕으로 개별 제품에 대한 작업시간을 측정할 수 있다.

지연작업(Delay)을 파악하기 위한 판단규칙은 다음과 같이 정의할 수 있다. 본 시나리오의 공정에서 지연작업임을 판단할 수 있는 세 가지 공정을 우선적으로 정의하였다. 대기, 밀링, 포장이 해당된다. 일반적으로 대기 열에 반제품이 존재한다는 것은 작업을 기다리고 있다는 것을 의미하므로 지연작업이라고 판정할 수 있다. 리더의 ID와 위치 정보를 바탕으로 대기 열에 존재하는 반제품의 태그 정보를 읽어 들여 반제품이 지연(Delay)됨을 확인할 수 있다. 그리고 B 구간의 리더가 처음 읽은 시간과 마지막에 읽은 시간으로 지연 시간 파악이 가능하다(그림 9) 참고).

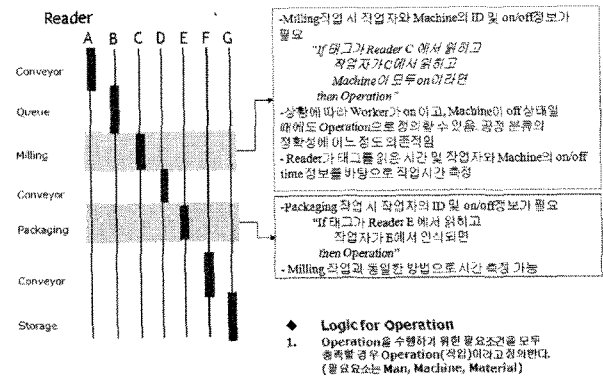
밀링 작업 시의 지연을 판별하기 위해서는 작업자와 기계의 ID 및 on/off 정보가 필요하다. 작업자 태그 인식 정보와 기계 상태에 따라 아래의 처리 과정을 거쳐 지연작업임을 판별할 수 있다.

If read(Tag) in reader C
and state(Man or Machine) == off
then Milling is Delay.

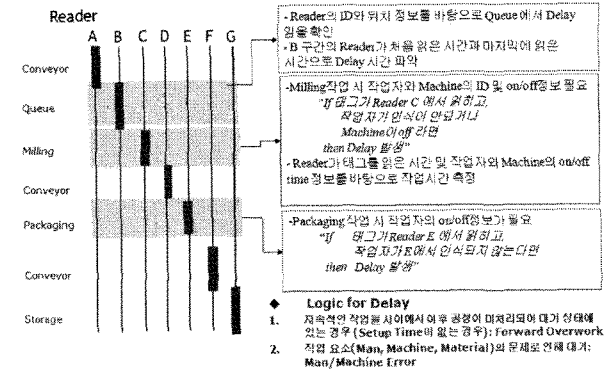
포장 작업 시 작업자의 on/off 정보가 필요하다. 앞의 밀링과 유사한 처리 과정을 거쳐 지연작업임을 판별할 수 있다.



<그림 7> 이동작업(Transportation)에 대한 판단규칙



<그림 8> 가공작업(Operation)에 대한 판단규칙

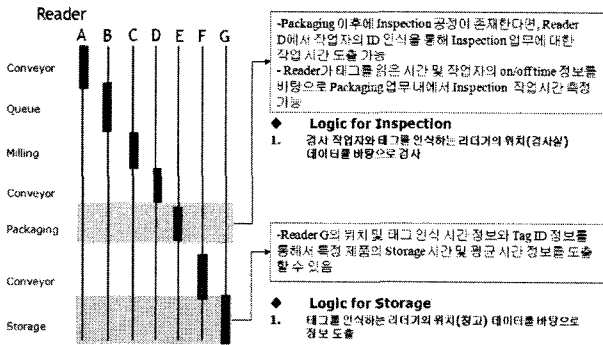


<그림 9> 지연작업(Delay)에 대한 판단규칙

If read(Tag) in reader D
and state(Man) == off
then Packaging is Delay.

그리고 리더가 태그를 읽은 시간 및 작업자와 기계의 on/off 시간 정보를 바탕으로 지연 시간 측정이 가능하다.

검사작업(Inspection)과 저장작업(Storage)의 경우에는 검사 단계와 저장 단계에 위치한 리더로부터 제품이 인식될 경우에 상황을 인식할 수 있다. 포장 단계에 있는 E 단계에서 검수 작업을 실시하는 작업자가 함께 읽었다면 이를 검사 단계라고 정의할 수 있고, 인식된 시간을 바탕으로 작업시간 도출이 가능하다. 이와 동일한 방식으로 FPC를 작성하기 위해 필요한 저장 정보 또한 (그림 10)과 같이 도출할 수 있다.

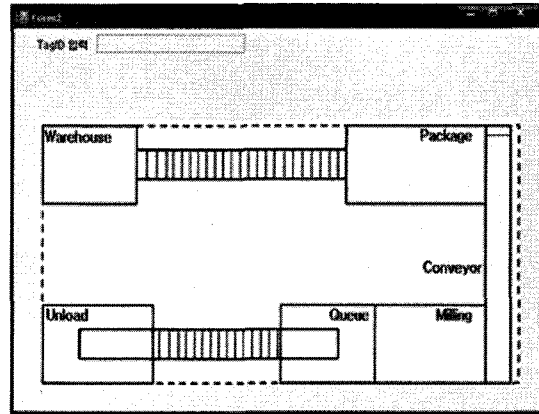


<그림 10> 검사/저장(Inspection/Storage)작업에 대한 판단규칙

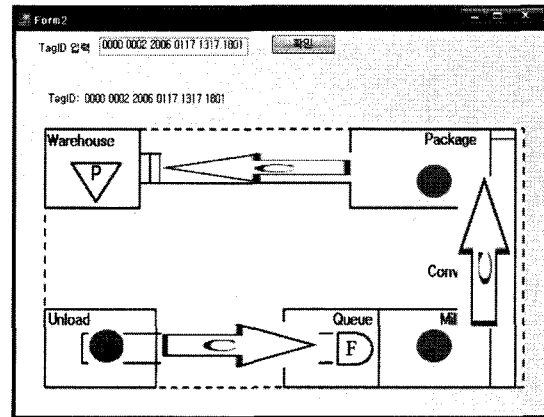
5.4 ITCI 시스템의 구현

앞서 설명한 판단규칙과 시스템 구조를 바탕으로 시스템을 구현해 보았다. 개발 도구는 Visual Basic을 사용하였다. 시스템에서 정보를 자동으로 수집하고 있고 프로그램 사용자는 개별 제품 단위로 FPC를 자동으로 생성할 수 있도록 한다.

작업자가 개별 제품에 대한 정보를 필요로 한다면, (그림 11)에서처럼 특정 제품의 태그 ID를 입력함으로써 어떠한 공정을 거쳤는지에 대한 정보를 (그림 12)와 같이 얻을 수 있다. (그림 12)를 통해 태그 ID가 '0000 0002 2006 0117 1317 1801'인 개별 제품은 공정상에서 밀링 공정 앞에서 앞선 제품이 처리되기 위해 대기 열에서 기다리고 있음을 알 수 있다. 이외에는 특별한 지연이나 낭비가 발생하지 않았음도 알 수 있다. 그리고 전 공정을 마친 뒤, 현재는 창고에 저장되어 있다는 사실을 알 수 있다. 이와 같이 ITCI 시스템을 활용하면 공정의 이상 여부와 현재 제품의 공정 진행 상황 등을 실시간으로 파악할 수 있게 된다.



<그림 11> 개별 제품 태그 ID 입력



<그림 12> FD 내의 FPC 표현

6. 결론 및 추후 연구 방향

본 논문에서는 공정의 문제점 해결을 위해 과거부터 활용해 온 지식과 현대의 발전된 기술을 결합하여 보다 효율적인 의사결정을 지원하기 위해 ITCI 시스템을 제시하고, 그 시스템의 구조와 기능에 대해 예시 공정 시나리오와 함께 살펴보았다. ITCI는 작업 공정에 대한 지속적인 모니터링을 통해 자원의 비효율성 및 공정 지연을 측정하고 문제를 정의한 뒤, 문제를 해결하기 위한 근본적인 원인 요소들을 제시함으로써 사용자가 보다 신속하고 정확한 의사결정을 수행하도록 돕는 시스템이다.

본 연구는 지속적인 공정 관리를 통한 개선에 RFID 기술을 활용할 수 있음을 보인 것에 의의가 있다. RFID 기술을 활용함으로써 기존의 수작업

을 자동화시켜 업무의 효율을 높일 뿐만 아니라 정확도도 높일 수 있다. 일회성의 데이터 수집에서는 작업자의 의지로 인해 잘못된 데이터 수집이 이루어질 수 있었지만, 지속적인 데이터 수집으로 인해 작업자의 의도된 행동으로 인해 부정확한 데이터가 수집될 가능성이 낮아졌다. 또한 공정 파악을 위한 정보 수집 단계를 자동화함으로써, 작업자들이 정보 수집 단계에서 느낄 수 있는 심적 부담감을 줄일 수도 있다. 무엇보다도 기존의 FPC와 FD를 통합하여 보다 효율적인 방식으로 관리자가 현장의 문제점을 파악하고, 원천적인 문제 해결을 위한 접근을 돕도록 의사결정지원을 한다는 것에 연구의 공헌도가 있다고 하겠다. 지속적 개선 및 응용 기술 측면에서 기존 시스템과의 차이를 비교하면 <표 5>와 같다.

<표 5> 기존 시스템과의 비교

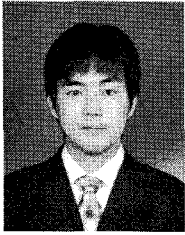
시스템	주 적 응 분 야	공 정 관 리	제 품 관 리	응용 기술				
				RFID	Context Awareness	Process Chart	Statistical Method	Continuous Improvement
BPMS	사무	O	X	X	X	X	X	△
MES	제조	O	X	X	△	X	△	X
ITCI	제조	O	O	O	O	O	O	O

향후 연구로는 ITCI의 3가지 Application Rules의 범위와 기준을 더 명확히 하고, 사용자가 편하게 사용할 수 있도록 돕는, 3D가 지원 가능한 UI를 구성해야 할 것이다. 그리고 실제 산업 현장을 반영할 수 있는 시나리오를 바탕으로 프로그램을 구현하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Hanebeck, Hanns-Christian L., "Process Management and RFID", White paper of GloboeRanger, 2004.
 [2] Wang, Lung-Chuang, "Enhancing construction quality inspection and management using RFID technology", *Automation in Construction*, 17, pp.467-479, 2008.
 [3] Hernandez-Matias, J.C. et al., "An integrated

modelling framework to support manufacturing system diagnosis for continuous improvement", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol.24, No.2, pp.187-199, 2008.
 [4] McClellan, Michael, "Applying Manufacturing Execution Systems", St. Lucie Press, 1997.
 [5] 조대진, "RFID 이론과 응용", 홍릉과학출판사, 2005.
 [6] ARC Advisory Group, "Real-time Performance Management", ARC Reference Sheet - collaborative manufacturing series, <http://www.arcweb.com/Brochures/Real-time%20Performance%20Management%20Ref%20Sheet.pdf>, 2004
 [7] Nibel, Benjamin W., "Motion and Time Study", IRWIN, 1988.
 [8] Welbourne, Evan et al., "Challenges for Pervasive RFID-based Infrastructures", *PerCom Workshops'07*, 2007
 [9] 신고 시게오, "공장 개선의 기본_원점지향에 의한 공장 개선", 한국생산성본부, 1992a.
 [10] 신고 시게오, "도요타 생산방식의 IE적 고찰_무재고생산의 전개", 한국생산성본부, 1992b
 [11] 유재권, "현장작업개선사례", 중소기업진흥공단, 1995.



조 성 호 (Sungho Jo)

- 연세대학교 정보산업공학과 (공학사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 현재 : 동양종합금융증권 리서치센터 기업분석팀 연구원
- 관심분야 : 공정개선, 기업분석



박 진 우 (Jinwoo Park)

- 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- KAIST 산업공학과 (공학석사)
- 미국 UC Berkeley 산업공학과 (공학박사)
- 현재 : 서울대학교 산업공학과 교수
- 관심분야 : 제조 및 서비스 시스템, ERP/SCM, USN



장 태 우 (Tai-Woo Chang)

- 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학박사)
- 한국전자통신연구원 우정기술연구센터 선임연구원
- 현재 : 경기대학교 산업경영공학과 조교수
- 관심분야 : 시스템공학, 정보시스템, 물류/SCM

논문접수일 : 2009년 6월 10일

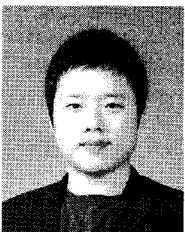
논문수정일 : 2009년 8월 24일

게재확정일 : 2009년 9월 10일



신 기 태 (Kitae Shin)

- 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학박사)
- 현재 : 대진대학교 산업경영공학과 교수
- 관심분야 : 기업정보시스템, 전자상거래, 비즈니스 프로세스 설계



나 홍 범 (Hongbum Na)

- 서울대학교 산업공학과 (공학사)
- 서울대학교 산업공학과 (공학석사)
- 현재 : 서울대학교 산업공학과 박사과정
- 관심분야 : 통합생산계획, 스케줄링, Production data structure