

## 전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 생산 공정 감시와 재일정계획

공재현\*(서울대학교 산업공학과), 한만철(서울대학교 산업공학과),  
박진우(서울대학교 산업공학과)

Manufacturing process monitoring and Rescheduling using RFID and Computer vision system

J. H. Kong(Indus. Eng. Dept., SNU), M. C. Han(Indus. Eng. Dept., SNU),  
J. W. Park(Prof. at Indus. Eng. Dept., SNU)

### ABSTRACT

Real-time monitoring and controlling manufacturing process is important because of the unexpected events. When unexpected event like mechanical trouble occurs, prior plan becomes unacceptable and a new schedule must be generated though manufacturing schedule is already decided for order. Regenerating the whole schedule, however, spends much time and cost. Thus automated system which monitors and controls manufacturing process is required.

In this paper, we present a system which uses radio-frequency identification and computer vision system. The system collect real-time information about manufacturing conditions and generates new schedule quickly with those information.

**Key Words** : RFID(전자태그), Computer Vision system, scheduling, MES(Manufacturing Execution System), Genetic Algorithm(유전자 알고리즘)

### 1. 서론

제품 생산 업체에서는 이미 접수된 생산 주문과 발생할 것이라고 예측되는 수요량을 종합하여 생산 계획을 결정하고 이에 맞추어 실제로 제품을 생산하고자 한다. 하지만 주문에 대한 생산 계획이 미리 결정되어 있다고 하더라도 실제 생산 과정에서는 예상하지 못했던 사건이 발생할 수 있기 때문에 생산 공정을 실시간으로 감시하고 통제하는 것은 매우 중요하다.

여러 종류의 제품을 생산하는 경우 특정 기계에 고장이 생겼을 경우나 예상했던 생산 시간보다 작업 시간이 길어진 경우 원래 계획되어있던 작업 스케줄을 변경해야만 하는 상황이 발생할 수 있다. 따라서 실시간으로 생산 상황을 감시하고 이상이 발생했을 경우 작업 스케줄을 다시 작성해 주는 것은 매우 중요한 일이라고 할 수 있다. 이 논문에서는 이러한 문

제에 대한 해결책으로 전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 자동화된 생산 공정 감시와 통제 시스템을 제시하고 있다.

본 연구는 크게 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째로 전자태그(RFID)와 컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 실시간으로 생산 상황을 파악하는 시스템을 만들고, 두 번째로 이러한 시스템을 이용하여 수집된 정보를 바탕으로 작업 순서를 재배치하는 것에 대해 연구한다.

아직까지 이러한 두 가지 연구에 대한 시스템적인 통합이 이루어지지 않았기 때문에 연구가 개별적으로 수행되었다. 하지만 실시간으로 생산 정보를 수집하고 재일정계획을 수행할 수 있는 바탕을 마련했다는 점에서 그 의미를 찾을 수 있다.

본 연구에서는 생산 상황에 대한 정보를 수집하기 위하여 전자태그와 색상 정보를 인식하고 구별하는 컴퓨터 비전 시스템을 이용하였고 재일정계획을

위하여 유전자 알고리즘을 이용하였다. 본 연구에서는 Fig 1과 같이 단일 기계(single machine)에 선행 공정을 거친 다양한 종류의 가공품이 유입되는 상황을 가정하고 있다.

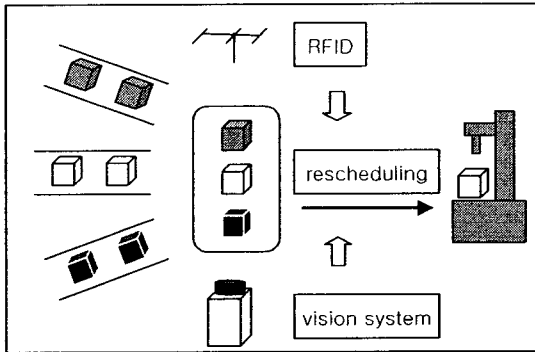


Fig. 1 System construction

## 2. 접근 방법

### 2.1 전체 프레임워크

본 연구는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용한 생산 시스템 감시와 이를 통해 얻은 정보를 바탕으로 재일정계획을 수립하는 것이다. 반대로 수정된 계획에 따라 생산 시스템을 통제하게 된다.

### 2.2 생산 공정 감시 시스템

생산 시스템의 생산 상황을 정확히 파악하기 위해서는 가공 중인 제품의 개별 정보와 현재 제품이 존재하고 있는 위치(가공 단계)를 파악하는 것이 중요하다. 예를 들어 현재 시점에서 세 번째 가공단계에 위치하고 있어야 할 제품이 두 번째 가공단계에 있다면 문제가 발생한 것이다. 전자태그를 이용하여 각 제품의 상세 정보를 파악할 수 있지만 전자태그 리더의 범위 내에 존재하는 제품을 구별하기 어렵다는 문제점이 발생한다. 따라서 컴퓨터 비전 시스템과 전자태그를 이용하여 제품의 위치를 파악하고 각각의 정보를 수집하는 방법을 고안하였다.

#### 2.2.1 전자태그

생산 시스템에서는 가공 중인 제품에 전자태그를 부착하여 시스템 감시와 재일정계획을 위한 정보들을 얻을 수 있다. 제품번호, 가공순서, 가공단계, 납기일, 예상 가공 시간 등과 같은 정보를 태그에 저장하고 순서에 따라 정보를 갱신할 수 있다. 또한 전자태그의 인식 범위는 그렇게 길지 않기 때문에 전체 생산 공정을 감시하기 위해서는 여러 대의 리더가 필요하다. 이런 다수의 리더의 인식 영역 한계를 이용하여 위치를 인식할 수도 있다(Lionel M. NI 2004).

하지만 전자태그를 통해서 리더의 인식 범위 내에 존재하는 모든 태그의 정보를 읽어 들이기 때문에 리더 인식 범위에 공통으로 포함된 제품의 위치와 순서를 확인할 수 없다. 따라서 컴퓨터 비전 시스템을 보조적으로 사용하여 정확한 위치 정보를 확인할 수 있다.

#### 2.2.2 컴퓨터 비전 시스템

컴퓨터 비전 시스템의 응용 분야는 많이 있지만 생산 라인의 제품을 구별하는 데는 그다지 효율적이지 못하다. 라인 상에 존재하는 제품들의 형태가 똑같기 때문에 각각의 제품을 개별 제품을 구별하는 것 자체가 쉬운 일이 아니기 때문이다. 따라서 색상이 다른 태그를 이용하는 방법을 제안한다. 컴퓨터 비전 시스템을 이용하면 패턴 매칭을 통해 지정된 색상이 존재하는 위치를 비교적 쉽게 찾아낼 수 있다. 어차피 전자태그를 통해 구별할 수 없는 소수의 제품들을 구별하면 되기 때문에 다수의 색상을 사용할 필요는 없다.

#### 2.2.3 통합 시스템

전자태그를 이용하여 얻은 대략적인 위치 정보에 컴퓨터 비전 시스템을 태그 색상의 패턴 매칭을 통해 얻어진 위치 정보를 추가하면 제품의 정확한 위치를 알 수 있다. 즉, Fig 2와 같은 시스템을 구성하면 붉은 색 부분과 같이 전자태그로 구분할 수 없는 부분을 비전 시스템을 보조적으로 사용하여 개별 제품을 구별해 낼 수 있다.

이렇게 구별된 위치 정보를 바탕으로 개별 제품의 가공단계, 상태, 대기시간, 시작시간, 종료시간 등의 정보를 실시간으로 얻어낼 수 있다.

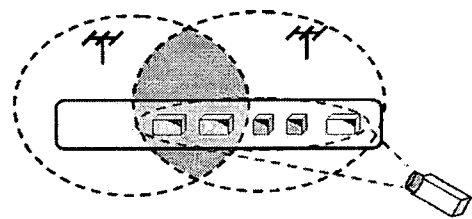


Fig. 2 Integration system using RFID and computer vision

### 2.3 재일정계획

전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 통해 생산 상황과 제품에 대한 다양한 정보를 얻게 되면 이 정보를 바탕으로 생산 시스템의 이상 유무를 판단하고 재일정계획을 작성하게 된다.

본 연구에서는 이상이 발생한 경우 작업대기열에 존재하는 작업 순서를 바꾸어 전체 작업을 납기일

(due-date)에 맞출 수 있도록 하는 연구를 수행하였다. 여기에서는 납기일보다 작업이 늦어지는 것(tardiness) 뿐만 아니라 납기일보다 빨리 작업이 끝나는 것(earliness)까지 벌점(penalty)을 주어 일정계획을 생성하는 유전자 알고리즘을 고안하였다.

본 연구에서는 Fig. 1과같이 단일 기계에 선행 공정을 거친 다양한 제품이 유입되고 이 제품들이 대기열에서의 대기 과정을 거쳐 가공된다고 가정하였다. 이 때 작업 순서는 대기열에 존재하는 작업들에 한해서 바뀐다.

### 2.3.1 유전자 알고리즘

본 연구에서는 대기열에 존재하는 부품들의 순서가 유전자 알고리즘의 염색체(chromosome)이 되고 납기일보다 늦은 경우와 빠른 경우 모두에 벌점을 준 퍼포먼스 메저인 MSD(Mean squared due-date deviation)를 이용하여 적합도함수(fitness function)를 생성하고 이것을 선택(selection)에 이용한다.

$1/MSD$ 를 적합도함수로 해서 이 비율을 선택되어질 확률로 이용한다. 이 때 선택된 염색체들 사이에 교차(crossover)가 일어나게 되고 교차를 통해 작업 순서에 충돌이 발생했을 경우에는 규칙에 따라 충돌 문제를 해결한다. 돌연변이(mutation)과정도 고려의 대상에 넣는다.

하나의 작업이 끝나는 순간 대기열에 있는 제품들의 순서가 재배열된다. 따라서 작업 순서를 재배열했을 때 가장 먼저 수행되는 작업이 가장 중요하다. 따라서 교차를 수행하는 과정과 돌연변이를 수행하는 과정 모두 첫 번째 작업을 중심으로 발생한다. 다음 Fig. 3는 교차를 수행하고 충돌을 제거하는 예제를 나타낸다.

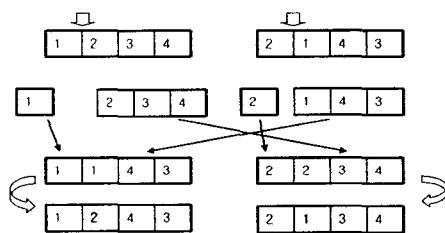


Fig. 3 Crossover example

## 3. 시스템 설계 및 구현

### 3.1 생산 공정 감시 시스템

전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 생산 공정에서의 다양한 정보를 획득하기 위해서는 두 시스템의 통합이 필요하다. 데이터베이스를 이용하여 정보를 저장하고 전자태그를 통해 획득한 정보와 컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 획득한 정보를 비교하

고 통합한다. 또한 실시간으로 얻어진 정보를 주기적으로 갱신 할 수 있도록 해 준다.

### 3.1.1 데이터베이스

Oracle 10g를 이용하여 데이터베이스를 구현하였다. 각각의 제품 종류별로 고정되어 있는 정보(가공 순서, 공정별 표준 가공시간), 개별 제품에 대한 실시간 정보(위치, 상태, 팔레트 색깔, 각 공정에서의 대기시간, 시작시간, 종료시간, 납기일)과 같은 정보를 데이터베이스에 저장한다. 이러한 정보는 먼저 전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 위치 정보를 확인하는 알고리즘을 먼저 거친 후에 전체 정보가 갱신된다.

### 3.1.2 전자태그

본 연구에서는 갱신이 가능한 수동형 전자태그를 이용하여 시스템을 구현하였다. 이 전자태그는 리더의 인식범위 내에 존재하는 전자태그의 정보를 한꺼번에 읽어 들일 수 있고, 리더의 인식 범위는 1m 정도이다. 전자태그 정보를 읽어 들이고 제어할 수 있는 프로그램을 제조사에서 제공하는 API를 이용하여 구현할 수 있었다.

### 3.1.3 Vision system

컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 지정된 색상의 팔레트의 위치를 찾는 응용 프로그램은 LabVIEW7.0을 이용하여 만들 수 있었다. 응용 프로그램은 지정된 색상이 칠해진 팔레트의 위치를 데이터베이스에 전달해 주고 그것을 화면상에 표시해 줄 수 있도록 구성되었다. 개발된 응용프로그램의 형태는 다음 Fig. 4와 같다.

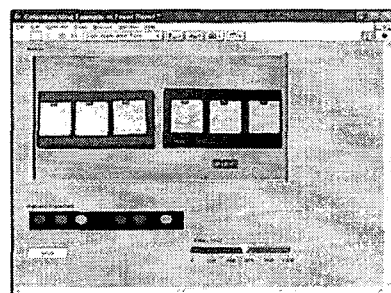


Fig. 4 Computer vision application

### 3.2 재일정계획

유전자 알고리즘을 이용한 재일정계획은 MATLAB을 이용하여 구현할 수 있었다. 실험을 위하여 시간에 따라 분포가 변화하는 데이터를 생성하였다.

#### 4. 실험 및 결과 분석

서론에서 언급한 것과 같이 시스템의 완전한 통합은 이루어지지 않았다. 따라서 실제 이 시스템의 성능에 관한 실험은 재일정계획에 있어서만 이루어졌다. 다양한 종류의 제품의 대기열에 도착한다고 가정하고 각 제품의 예상 가공시간과 납기일, 셋업 시간을 모두 알고 있다고 가정하였다.

실험은 먼저 제품별 가공시간과 납기일과 같은 파라미터에 대한 값을 임의로 결정하고 가상 실험을 통해 각 제품이 대기열에 도착하는 시간을 생성한다. 그 이후에 유전자 알고리즘을 이용하여 작업의 순서를 결정하고 하나의 작업이 끝나는 순간마다 대기열에 있는 작업의 순서를 다시 결정해가면서 결과적으로 나타나는 MSD(Mean squared due-date deviation)를 계산하여 EDD(Earliest due-date), SPT(Shortest processing time)과 같은 규칙을 이용하여 작업 순서를 결정하는 것과 비교한다.

10가지 종류의 제품이 도착한다고 가정하고 종류별로 전체 시간동안 도착하는 개수와 공정시간이 다음 Table 1과 같고 셋업 시간을 10, 세대(generation)의 수를 30, 개체수를 100, 교차율을 0.5, 돌연변이 비율을 0.01로 고정하고 20번 반복 실험하였다. 또한 납기일보다 빠른 경우(earliness)와 늦은 경우(tardiness)의 벌점의 비율을 1:3으로 고정하고 실험하였다.

Table 1 Experiment data

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
개수	10	10	10	20	20	20	20	30	30	30
공정시간	50	80	30	50	80	30	50	50	50	30

#### 4. 결론

앞에서도 언급한 바와 같이 본 연구는 아직 진행 중이다. 전자태그와 컴퓨터 비전 시스템을 이용하여 다양한 생산 정보를 획득하는 시스템과 재일정계획 시스템이 통합되지 않았다.

하지만 재일정계획을 위해 필요한 정보를 수집하기 위한 응용 프로그램과 시스템이 개발되었고, 개별적으로 개발된 재일정계획 프로그램도 좋은 결과를 보이고 있다.

본 연구는 생산 공정에서 필요한 정보를 정의하고 획득한 후에 이 정보를 바탕으로 생산 공정을 통제하는데 대한 아이디어를 제시해 주고 그 가능성을 보여주고 있다고 할 수 있다.

추후에 시스템을 통합하고 생산 라인에서 제품

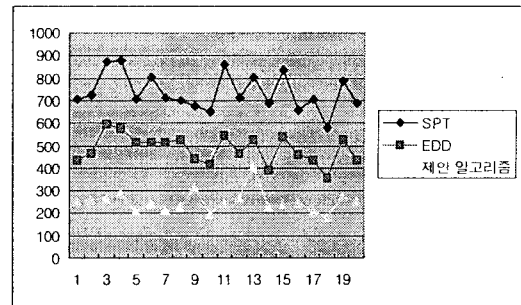


Fig. 5 Experimental result

실험 결과는 Fig. 5와 같이 나타났다. 그래프의 세로축이 MSD를 의미하고 있기 때문에 제안한 유전자 알고리즘이 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 결과적으로 제안된 알고리즘이 매우 효율적이라고 할 수 있다. 매우 효율적이라고 할 수 있다. 정보를 직접 획득하여 재일정계획을 하는 실험을 수행할 계획이다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 추진하는 차세대인기 기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 ‘글로벌 정보 공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 개발’ 과제 의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau and Abhishek P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID", Wireless Networks, Vol 10, pp. 701-710, 2004
2. Mustapha Boukraa and Shigeru Ando, "Tag-Based Vision: Assisting 3D Scene Analysis with Radio-Frequency Tags", Proc. of the 5th Int. Conf Information Fusion, pp. 412-418, 2002
3. H. Hontani, K. Baba, T. Kugimiya, K. Sato and M. Nakagawa, "Visual Tracking System using an ID-Tag and the Network", SICE Annual Conference in Fukui, 2002
4. G.H. Kim and C.S.G.Lee, "Genetic reinforcement learning approach to the heterogeneous machines scheduling problem", IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol 14, No. 6, 1998
5. Joonki Hong and Vittaldas V. Prabhu, "Distributed reinforcement learning control for batch sequencing and sizing in Just-In-Time manufacturing systems", Applied Intelligence 20, pp. 71-87, 2004