

생산공정의 모델링과 SIMAN 언어에 의한 모델분석

이 만형, 김 경천, 양 승운, 한 성현  
부산대학교 공과대학 기계공학과

A Modelling of Manufacturing System and a Model  
Analysis by a SIMAN Language.

Man-Hyng Lee, Kyung-Cheon Kim, Seung-Yun Yang, Seong-Hyun Han  
Dept. of Mechanical Engineering, Pusan National University

ABSTRACT

This paper deals with a modeling of manufacturing system and a model analysis by a SIMAN language. A flow of production process is analyzed, and a mathematical model on the basis of the analyzed data is simulated by a SIMAN language. An object of this study is to achieve an optimization of production, a reduction of cost, and an improvement of quality by a applicable line-balancing technique and an optimization technique in a real factor induced an analysis and synthesis of the result of simulation.

I. 서론

생산요소의 변환 과정인 생산공정은 일반적으로 연속적인 여러 개의 생산단계로 구성되어 있으며, 각 단계에서 생산 산출물을 만드는 활동인 생산 작업이 작업센터나 생산설비에서 연속적으로 수행되어 진다. 제품에 대한 형태, 시간 및 장소의 효율 생성은 투입물에서 산출물의 변환, 즉 자재의흐름을 통하여 증대되어 진다. 산업 프로세스는 여러 개가 상호 연결된 물리적 시스템으로 구성되어 있고, 각개의 물리적 시스템이 함께 연결됨에 의하여 산업 프로세스를 구성하고 있다. 개별 시스템의 방정식들이 결합되어서 산업 프로세스의 수학적 모델을 만들도록 한다. 각 요소로 부터 방대한 프로세스 모델의 확정 문제는 여러가지 방법들이 소개되고 있다. 본 연구에서는 대부분의 가전제품의 생산공정이 자동화와 수동이 혼합된 흐름 라인(flow line)으로 구성되어 있으므로 이러한 시스템에 대해 적합한 모델링 기법을 개발하고, 도출된 수학적 모델에 대하여 시스템 전체에 대한 최적화를 시도하고자 한다.

또한 방대한 생산 시스템에 관한 여러가지 과학적 법칙과 공학적 경험규칙을 사용해서, 명시된 생산라인의 평가기준 아래 새롭고 유용한

자동화 시스템을 최적화 되게 설계하여 실제 생산라인에 적용시켜 보고자 한다. 자동화 생산 시스템에서 조작가능변수의 적정한 값의 설정을 행하여 주므로 시스템의 기본구조를 최적화하는 견지에서 시스템을 설계해야 하는데, 이를 위하여 생산 시스템을 구성하는 유기적 활동에 의해서 실행되는 시스템 기능에 따라 달성되어야할 시스템 목표, 시스템 자체의 구조와 시스템과 주위 환경간의 관계에 의해서 생기는 내적 외적인 제약물에 대한 모델을 확정지켜주는 일이다.

생산 시스템에 대한 적합한 모델을 컴퓨터로 시뮬레이션하여 그 결과를 분석하고, 종합하여, 실제 생산공정에 채택할 수 있을 적절한 자동화 기법의 도입이 본 연구의 주된 목적이다.

II. 본론

본 연구는 생산 공정의 모델링과 생산 흐름 라인의 해석 및 컴퓨터 시뮬레이션으로 첫째, 가전 회사(전자렌지 공장)의 전체 공정 중 현재 수동으로 작업하고 있는 공정을 자동화로 대체함으로써 공정 분석을 비교 검토하였다. 따라서 이 자료는 앞으로 수동을 자동으로 대체했을 때의 효과를 정성적 및 정량적으로 고려 해 줄 수 있는 한 실패가 된다. 둘째, 특정 공장을(타이어 전문 생산 업체) 대상으로 하여 생산 흐름 분석을 하였고, 분석자료를 토대로 이를 수학적 모델화한 후 SIMAN 언어를 써서 시뮬레이션 하였다. 현재 이 공장의 주공정은 3-branch-open-loop 공정으로 수동 작업과 자동 작업이 섞여 있는 형태이다.

1. 생산 플랜트

생산 설을 분류하는데 있어 생산량과 생산율, 공장 설비 배치(plant layout)의 2중류로 크게 구분할 수 있다. 생산량에 따라 제조 플랜트는

작업- 샵 생산 (Job shop production), 배치 생산 (Batch production), 대량 생산(Mass production)으로 분류할 수가 있다. 이 분류는 이산 생산 제조(Discrete-product Manufacture)와 연관되고 프로세스 산업들에 이용되는 플랜트에 알맞다.

전통적인 생산 샵과 연관되어 있는 설비 배치의 3가지 유형은 고정 위치 설비배치(Fixed-position layout), 프로세스 설비배치(process layout), 생산 흐름 설비 배치(Product-flow layout)로 대별된다. 생산품의 크기와 무게 때문에 비행기, 배 등의 생산 공정은 고정 위치 설비 배치로 구성되며, 생산용 기계들을 제조 프로세스의 일반적인 형에 따라 그룹으로 배치한 것을 프로세스 설비배치라 한다. 생산 흐름 설비 배치는 대량으로 제품을 생산하여야 할 경우 플랜트 설비는 가능한 효율적으로 생산을 하도록 배치되어야 한다. 복합 중괄 생산 혹은 작업이 긴 시이퀀스를 요구하는 제품들에 대해서 생산 흐름 설비 배치가 가장 효율적이다. 오늘날 대부분의 제조 공정에 기초가 되는 것은 고정 위치, 프로세스, 생산 흐름 설비 배치가 가장 편리한 설비 유형이라 사료되므로 다음 절에서는 위에서 언급한 제조공정들의 모델 작성에 관한 검토를 수행하고자 한다.

## 2. 생산 작업의 모델링에 대한 기본개념

### (1) 생산 공정

생산 시스템의 모델링을 수행함에 있어서 먼저 생산 시스템에 대한 존재의 인식 (Identification) 요인 분석(Factor Analysis), 정보 수집(Information Gathering) 과정을 충분히 고려해 주어야 한다. 생산 공정 문제 해결 과정으로서 생산공정의 최적 운영과 최적 의사 결정에 도움을 주게될 적합한 모델을 작성(Model Building)을 하고, 작성된 모델의 유연성을 시험하고, 연역적 또는 귀납적으로 이를 증명한다. 모델 검증(Testing Model)과 모델 분석을 통한 생산 시스템 구조와 운용 절차가 생산 시스템의 목적에 맞는가를 결정해서 가능하다면 최적 기준에 의해 최적 해를 얻도록 하고, 만약 최적 해가 얻어지지 않으면 근사 최적해를 만족성 기준에 의해 얻도록 할 결정분석(Decision Analysis)을 완료해야 한다.

최종적으로 생산 공정의 작성된 모델에 대해 다음의 평가 과정을 수반해야 한다. 모델을 이용하는 것은 생산공정의 거동 및 성과에 대한 예측을 가능하게 하는 것이다. 예측 분석(Prediction Analysis)에는 민감도(Sensitivity Analysis)가 특히 효과적이고 만약 평가가 만족스럽지 못하면 생산 공정 문제 해결 과정으로 되돌아가서 재 검토를

해야 한다. 결정 분석의 결과를 얻어진 가장 좋은 대안을 기초로 하여 생산 공정의 모델을 운용(Implementation)한다. 생산 공정의 실제 운용결과를 측정하여 신뢰성, 응답성, 안정성, 적응성, 경제성 등을 평가 기준에 따라 평가 기준하에서 성과의 평가(Evaluation Performance)를 수행 한다. 성과의 분석의 결과를 바탕으로 하여 소기의 목적에 도달하는가에 따라 재 모델링을 시도하는 절차를 거쳐 생산 공정의 모델링을 완성하게 된다. 일련의 생산 작업은 재료에서 바라는 완제품을 생산하도록 진행된다. 샵을 통한 작업 파트의 작업 공정에 있어서 연속적 작업 사이에 재료가 운송되어야만 한다. 각기계가 작업중 일때 다른 작업 파트는 기다려야할 경우가 발생하며 이로 인한 지연(Delay)가 필연적으로 나타난다. 그림 1(a)는 한 작업 파트에서 생산 작업 시이퀀스의 모델로서 운송, 퇴할수 없는 시간 지연, 경우에 따른 검사 등을 나타내고 있다.

그림 1(b)는 대부분 제조 프로세스에서의 입출력 구조를 나타내고 있다. 대부분 생산 작업들은 재료 설비(머신, 공구)와 부대설비, 에너지, 노동의 입력과 출력으로서는 완성품, 폐기물, 낭비 및 불량품이 있다.

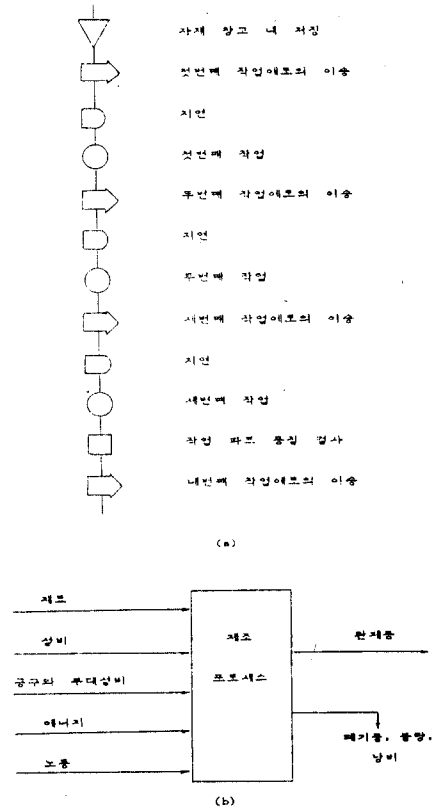


그림 1 (a) 작업 시이퀀스 모델과  
(b) 제조 프로세스 모델

(2) 생산 공정의 수학적 모델

그림 1(b)의 프로세스 시이퀀스 모델은 대표적인 작업파트에 대해 많은 요소들로 구성되어 있다. 요소들의 두가지 주된 형태, 즉 작업요소( Operation Element)와 비작업요소( Nonoperation Element)로 나누어서 현장의 복잡성을 줄이고자 한다. 작업파트가 기계상에 있으면 언제나 포함되지는 반면, 비작업 요소는 이송, 지연, 검사등을 포함한다. 우리는 원자재 작업파트가 생산 스케줄 시작 전의 저장에서 소비한 시간은 고려하지 않는다.  $T_0$ 를 기계 혹은 작업당 작업시간,  $T_{m0}$ 를 각 프로세스와 연관되는 비작업시간이라 하자. 만약 경유되는 파트를 통한 기계의 수가  $N_m$  이라면 플랜트를 통한 작업파트를 프로세스하는 제조 리드(Lead)시간은 다음과 같다.

$$\text{제조 리드 시간} = N_m(T_0 + T_{m0}) \quad \text{--- (1)}$$

이것은 샬을 통해 경유되어지는 단지 하나의 작업파트인 경우에 적용된다. 만약 배치당 Q 작업파트가 있다면, 가공 시간은 모든 Q 작업파트들에 대한 작업시간의 영향으로 증가한다. 따라서 제조 리드 시간은

$$\text{제조 리드 시간} = N_m(Q T_0 + T_{m0}) \quad \text{--- (2)}$$

식 (2)는 프로세스당 비작업 시간이 배치내의 모든 작업파트에 대해 동시에 발생한다고 가정한다. 즉, 모든 Q 파트는 함께 움직이며, 다음의 작업기계들에 대해 줄을 지어서 기다리게 된다. 식 (1)과 (2)는 기계 셀프-알(set-up) 시간에 대한 것은 무시하고 있다. 거의 모든 생산기계는 하나의 특별한 공작물에 대해 구성되어야만 한다. 그림 1(b)에서 지적되었던 것처럼 특별한공구( 픽스쳐어, 용드, 다이 셀프, 절삭공구 등) 들은 주어진 작업의 기계에 적합하게 사용되어야만 한다. 이러한 공구를 가지고 기계에 부착하여, 셀프-알을 점검하며, 여기에 소모되는 모든 시간은  $T_{su}$  라 부른다.

$$\text{제조 리드 시간} = N_m(T_{su} + Q T_0 + T_{m0}) \quad \text{--- (3)}$$

식 (1)에서 식 (3)까지의 모든 항은 상수들로서 고려되어야만 한다. 이러한방정식이 적용된다는 가정하에 실제 일(Job)이나 배치 플랜트에서 방정식들의 항들은 변화한다. 배치 크기 Q는 다른 순서에 대해 변하고 셀프-알 시간  $T_{su}$  와 작업시간  $T_0$  는 다른 기계들에 대해 달라진다. 비작업시간  $T_{m0}$  도 변화하려는 경향이 있으며 공정정도도 모든 파트들에 대해 같지는 않을 것이다. 그러므로  $N_m$  파트에서 파트로 변한다. 이러한 변화성에도 불구하고 만일 적당히 가감시켜  $T_{su}, T_{m0}, T_0$  의 평균값

이 방정식내에서 유용하다면 식 (3)은 계속해서 사용할 수가 있을 것이다. 식(3)에 대해 여러 항들은 플랜트데이타로부터 다음과 같이 계산된다. 첫째  $N_m$  가 고려되는 다양한 파트의 배치수와 동일하다고 두면 이 값은 어떤 기간 동안 샬을 통해 프로세스된 배치를 나타내거나 또는 분석에 사용된 배치의 샘플일 수도 있다.

$N_m$  가 주어지면, 평균 배치량 Q 는

$$Q = \left( \sum_{i=1}^{N_m} Q_i \right) / N_m \quad \text{--- (4)}$$

로 계산되어진다. 여기서  $Q_i$ 는  $N_m$  배치에 속하는 i 번째 배치의 배치량을 나타낸다. 식(3)에서 사용되는  $N_m$ 의 값은 역시 산술평균이다.

$$N_m = \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} \right) / N_m \quad \text{--- (5)}$$

여기서  $N_{mi}$ 는 i 번째 배치에 대한 프로세스 경로에서의 작업의 수를 나타낸다. 셀프-알 시간

$$T_{su} = \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} \bar{T}_{su_i} \right) / \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} \right) \quad \text{--- (6)}$$

로 주어지며, 여기서  $\bar{T}_{su_i}$ 는 i 번째 배치에 관한 평균 셀프-알 시간을 나타낸다. 역시 비작업 시간도 유사하게 계산되어 지는데

$$T_{m0} = \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} \bar{T}_{m0_i} \right) / \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} \right) \quad \text{--- (7)}$$

여기서  $\bar{T}_{m0_i}$ 는 i 번째 배치에 대한 평균 비작업시간을 나타낸다.

식 (3)에서 사용되는 평균 비작업 시간은 다음의 하층 평균으로서 계산한다.

$$T_0 = \left( \sum_{i=1}^{N_m} N_{mi} Q_i \bar{T}_{0_i} \right) / (N_m Q N_m) \quad \text{--- (8)}$$

여기서  $\bar{T}_{0_i}$ 는 i 번째 배치에 대한 작업당 평균 작업시간을 나타낸다. 그리고  $N_m$ 과 Q 는 식(4)와 (5)에 의해 계산되어진 평균값이다. 각각의 기계에서 프로세스 시간과 셀프-알 시간을 나타내는 식(3)의 항들을 고려해 보면 이들 두 항들로부터 기계당 증 배치 시간을 구할 수 있다.

$$\text{기계당 증 배치시간} = T_{su} + Q T_0 \quad \text{--- (9)}$$

기계당 증 배치시간을 배치 크기로 나누면 기계에 대한 파트당 평균시간이 나온다. 이를  $T_p$ 라 하면

$$T_p = (T_{su} + Q T_0) / Q \quad \text{--- (10)}$$

각 기계에 대한 평균 생산율  $R_p$ 는  $T_p$ 의 역으로 구한다.

$$R_p = 1 / T_p \quad \text{--- (11)}$$

식(10)은 배치크기가 증가함에 따라, 평균 생산시간  $T_p$  는 감소함을 나타낸다.  $T_p$  가 감소할 때 식(11)로부터 평균생산율  $R_p$  는 증가함을 알 수 있다. 작업시간  $T_0$  의 성분은 기계상에서 개개의 작업 파르가 소비하는 시간이나, 이 모든 시간이 생산에 소요되는 것은 아니다. 작업시간이 특정 프로세스와 연관되도록 기계가공이 이산-파트 제조처럼 기계가공 작업에 대한 작업시간은 실제 가공시간  $T_m$ , 공작물 핸드링 시간  $T_k$ , 작업 개소당 어떤 공구의 핸드링 시간  $T_{lk}$  의 합, 즉

$$T_0 = T_m + T_k + T_{lk} \quad \text{--- (12)}$$

공구 핸드링 시간은 공구가 낡았을 때, 티릿 선반에서 연속적 작업을 수행하기 위해 공구를 다음 공구로 교환할 때 드릴 비트와 드릴내 뿔 사이의 변화, 한 드릴 프레스에서 수행할 뿔 시이렌스 등에서 소모되는 모든시간을 나타낸다.  $T_{lk}$  는 어떤 그리고 모든 이러한 중 핸드링 활동에 대한 공작물당 평균시간이다.

제조 작업에 있어서 생산성을 증진시키는데 사용되는 기본적인 자동화 전략은 앞에서 언급한 식(1)에서 식(12)까지의 생산 모델의 다양한 항목에 상호 깊은 영향을 준다. 자동화 전략으로서  $T_m$  과  $T_0$  를 줄이기 위하여 최대한 가능한 효율로 작업하게끔 설계된 특별한 목적의 기계를 사용하는 것과 같은 작업의 특성화, 수치제어 기계와 같이 과정이 같은 기계에서 일련으로 실행되는 합동작업 (Combined Operation), 다중회전 드릴 프레스가 동시에 수개의 구멍을 드릴링하는 것과 같은 동시작업, 자동 작업 핸드링 기구에 의해 단일 통합된 메카니즘으로서 모여 링크된 작업장의 작업의 통합 (Integration of Operation), 유사한작업 부분의 스케줄링에 의한 셋트-업 시간의 감소, 개발된 재료의 핸드링, 피이드백 제어, 최적제어, 시이렌스제어, 적응제어를 포함시켜 컴퓨터에 의해 제공될 프로세스 제어와 최적화(Process Control and Optimization), 컴퓨터로 생산설계, 공정계획, 작업의 측정, 생산계획과 제어를 위한 전산화 제조 데이터 베이스 (Computerized Manufacturing Data Base), 공장을 통하여 수집된 데이터와 공장을 보다 잘 관리하기 위해서 사용할 데이터를 관리할 전산화 제조제어 (Computerized Manufacturing Control) 등이 있다. 위에서 언급한 9가지의 자동화 기본 전략에 따라 생산공정의 모델링을 시도하고, 이에 따른 최적화 개념을 주입함으로써 원하는 자동화 공정을 설계하고 운용할 수 있을 것이다.

### 3. 전체 공정의 흐름분석 및 시뮬레이션

- 사례연구 : H 회사의 타이어 제조 공장 -

#### (1) 실제 공장의 흐름분석

사례연구의 경우에 대하여 생산공정의 흐름을 분석하면 원자재에서 공장에서의 여러 변환 단계 즉, 자재창고에서 배합부로 자재가 운송되고 운송된 자재는 배합부에서 배합되어 혼합(bunburying)과 압연(rolling)의 정련과정을 거쳐 압연부로 운송된다. 압연부를 거쳐 성형기에서 trade 가 제작되고 br anch process 에서 제조된 Beadwire, Code 지와 함께 성형부로 이송되어 타이어가 성형이 된다. 성형된 타이어는 컨베이어를 타고 가황부로 이송되어 가황기에 의해 가황된 후 검사부로 이송되어 검사완료된 타이어는 포장 후 창고에 저장된다. 이러한 단계를 거쳐 제품으로 변환되는데 이 일련의 작업 흐름을 공정기호를 사용하여 그림2 과 같이 흐름공정도로 나타내었다.

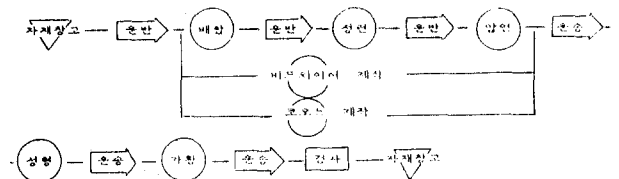


그림 2 흐름 공정도

자재의 흐름에 있어서 자재 창고에서 압연과정까지는 연속(continus) 생산, 성형과정을 거치는 동안에 개별생산 그리고 가황과정에서는 배치생산이 이루어지고 있으며, 이후는 개별생산의 흐름 시스템은 형성한다.

#### (2) 시뮬레이션

##### 1) SIMAN 언어의 특성

SIMAN 의 모델링의 기본 특성은 시스템의 정적, 동적인 특성을 정의하는 실험적 구조로 구성되어 있다는 것이다. 따라서 시스템 모델의 변경이 없던지 시뮬레이션의 조건만 변경시킴으로써 여러가지의 상황에서 시뮬레이션이 가능하다. 또 SIMAN 은 이산변화 시스템, 연속 변화 시스템 및 이산-연속조합 시스템의 3가지 모델을 하나의 시스템모델로 결합할 수 있는 특성을 가지고 있다. SIMAN 은 일반적인 시스템의 모델링 및 분석에 유용할뿐만 아니라 제조 시스템의 컴퓨터 시뮬레이션의 모델링 과정에서 생기는 문제점을 쉽게 해결할 수 있는 다음의 특성을 가지고 있다.

- (a) Station Block 을 사용한 개별작업 센터의 모델링의 기능
- (b) 기능상 대등한 여러개의 작업센터의 모델링을 하나의 Macro Submodel로 모델링이 가능



#### 4. 국내 가전 제품 생산 흐름 라인의 공정 분석

국내 가전 제품의 생산 업체에서 생산, 수출되고 있는 전자렌지 (Electronic Range, E/R) 의 마이크로 웨이브 누설을 자동으로 검사 할 수 있는 자동화된 생산 공정을 예로서 고찰한다.

전자 렌지 마이크로 웨이브 누설 자동 검사 시스템 (Automatic Micromave Leakage Inspection System) 은 전자 렌지 도어(Door) 부분의 틈새 및 도어 유리부에서 누출되는 마이크로 웨이브 측정용 증배의 수작업 대신 3차유도 스칼라 로봇과 컴퓨터로 자동 측정하는 생산 라인이라 가정한다.

그림6 은 마이크로 웨이브 누설 검사 경로를 보여 주고 있으며 누설 검사 탐침기의 이송 속도는 20mm/sec 이다.

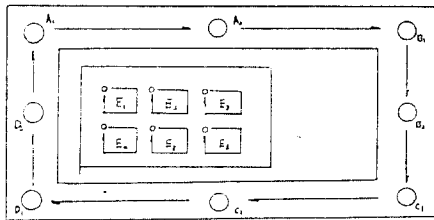


그림 6 마이크로 웨이브 누설과 검사 경로

생산 흐름 라인 중 마이크로 웨이브 누설 검사 공정의 간략한 흐름 모델은 측정 단계 및 수리라인 반송 단계를 포함하여 그림 7 와 같다.

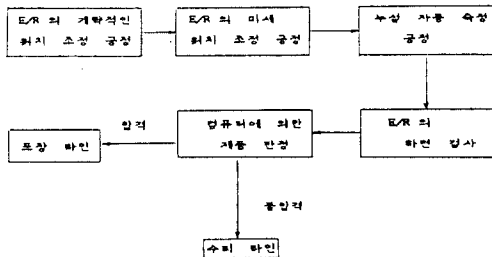


그림 7 전자렌지 마이크로웨이브 누설 검사 자동화 공정의 간략한 흐름 모델

전자 렌지 마이크로 웨이브 누설 자동 검사 시스템의 주요 부분으로서, 전자 렌지 윗면을 진공 펌프로 흡착하여 공압 실린더로 원하는 위치에 들어올리는 진공 흡착 리프팅(Lifting) 장치, Holaday 1700 탐침기를 장착하여 규정검사 경로를 따라 갈 수 있도록 하는 스캐닝(Scanning) 매카니즘, 전자 렌지의 검사면을 기준 위치에 오도록 조절해 주는 X-Y-θ 구동부, 미세 위치 조정이 끝난후 전자 렌지가 놓인 팽팽이 프리 롤로우 본베어에서 직선상으로 누설 측정 단계로 이송하도록 하는 위치 변경 매카니즘과 작업 지시 및 주 컴퓨터에 데이터를 발송하여 합격, 불합을 판정을 내리게 될 컴퓨터 작업장 (Work Station) 으로 대별 된다.

본 연구에서는 조사하였던 국내 전자렌지 공장 에서 마이크로웨이브 누설 검사는 수동으로 행하여지고 있었다. 수동으로 수행하던 누설측정을 자동화했을 때의 공정 변화는 다음과 같다. 누설측정의 수동작업시 공정 세부 동작별 소요시간은 표 1 과 같은데 숙련된 측정자가 아주 성실히 작업을 수행했을 때 택타임 (Tack Time)이 54 초 이므로, 흐름라인의 모델을 위하여 작업 기간 동안 각각의 제품들에 대한 고려를 하게 되면 평균 측정시간은 60 초 정도로 볼 수 있다.

표 1 수동과 자동 수동 혼합 숙인 숙인의 택/ 타임 단위: 초

작업 순서	작업 종류	작업 시간
수동	1. 준비 작업 작업자의 위치 조정, 작업 시작, 작업 종료	54초
	2. 측정 작업 측정기 위치 조정, 측정기 작동	10초
	3. 마무리 작업 측정기 위치 조정, 작업 종료	10초
대당 측정 소요 시간		54 초
자동	1. 계획적인 위치조정 공정 작업자의 위치 조정, 작업 시작, 작업 종료	15초
	2. 미세 조정 공정 작업자의 위치 조정, 작업 시작, 작업 종료	10초
	3. 누설 자동 측정 공정 측정기 위치 조정, 측정기 작동, 측정기 위치 조정	13초
	4. F부 측정 공정 작업자의 위치 조정, 작업 시작, 작업 종료	5초
대당 측정 소요 시간		51 / 2=25.5 초

표 1에서는 기존 전자 렌지 생산 공정의 사정 상 자동-수동 혼합 작업을고려하여 여러 세부 동작들에 따라 소요 되고 있는 시간을 나타내고 있다. 자동-수동 혼합 작업시 공정 정합 조건으로서 누설 자동 측정 장치가 가동되기 전에 성능 테스트 과정이 포함되어야 한다.

누설 자동 측정 공정에서 자동 운전과 수동 작업은 여러가지 상이한 조건을 가지고 있으므로 자동-수동, 수동-자동의 2 개 부분의 변화 부분이 존재한다면 공장간의 불균일한 작업 흐름을 균일하게 정류해 주는 완충대 역할을 하게 할 완충을 2 개소 설치해야 한다. 현재의 생산 라인에서 자동화 공정 부분에 할애된 구간을 정확히 검토하면 이러한 완충 공간을 충분히 확보할 수 있을 것이다. 자동-수동 작업시 운용 가능한 작업 형태는 다음 3 가지로 분류 할 수가 있다. 현재 일본의 가전 제품 생산 흐름 라인의 택/ 타임은 약 20 초 가 소요된다. 첫째 공정의 완전 자동화를 고려한다면, 누설 자동 측정 공정의 택/ 타임이 20 초로 설계하면 라인상의 택/ 타임은 20 초를 약간 초과 하도록 고려 되어야 한다.

둘째로 사람/ 기계(Man, Machine, M/M)이 병행되는 라인의 택/ 타임이 20 초 이하인 경우 또는 자동화 기계에 문제가 있어서 자동측정 택/ 타임이 20 초

이상이 되는 경우에는 사람 대 기계의 작업 비율을 1대 2, 1대 1, 또는 2대 1로 병행 작업을 행함으로써 라인 택/타임에 보조를 맞추어 줄 수 있다

표 2 정상 자동, 자동 운전 이상, 보수시의 소요 시간

운 전 조 건	사 람 대 기 계 의 비 율	소 요 시 간
정 상 자 동 운 전	1 : 2	20 × 2/3 = 13초
	1 : 1	20 × 1/2 = 10초
	2 : 1	20 × 1/3 = 7초
자 동 운 전 이 상 시	1 : 2	20 × 2/2 = 30초 (기계)
		20 × 3/1 = 60초 (사람)
	1 : 1	20 × 2/1 = 40초 (기계)
		20 × 2/1 = 40초 (사람)
	2 : 1	20 × 3/1 = 60초 (기계)
	20 × 3/2 = 20초 (사람)	
누 설 속 정 공 정 의 보수 시	2 : 0	20초

셋째, 누설 자동 측정 장치에 문제가 발생하거나, 보수승이어서 이를 전혀 사용할 수 없는 경우에는 사람이 측정 작업을 수행해야만 한다. 표 2는 사람/기계의 병행 운전시 택/타임을 보여 주고 있다.

수동작업과 자동작업의 질적인 측면의 고찰은 다음과 같다. 수동작업을 자동작업으로 변경 시킬 경우 양적인 변화(택/타임의 감소)뿐만 아니라 마이크로 웨이브 누설 측정 공정에서는 측정 데이터의 질적인 면에서도 큰 차이가 발생할 수 있다. 사람이 측정할 경우 탐침기의 속도, 탐침기의 각도, 탐침기의 위치 및 경보에 균일성을 주기는 어려우며 결국 측정 에러는 Kurtosis가 낮은 정규 분포로 나타나게 될 것이다. 이와 같은 측정 에러는 불량품의 수리라인과 같은 피이드백 루프가 있을 때 전체공정에 영향을 주며 Q.C.나 소비자의 클레임과도 직결되어 있으므로 공정 전체에 보이지 않는 효과와를 것이다. 그러나 기계로 측정하는 경우 기계의 정밀도, 잡음등의 영향으로 유기되는 에러는 Kurtosis가 높은 정규 분포이든지 거의 균일 분포를 갖는 좁은 영역의 에러로서, 정상품을 불량품으로 재 작업한다든지 불량품을 정상품으로 몰려 보내는 확률이 확실히 줄어들 것이며, 결국 피이드백을 고려 하지 않아도 될 공정으로 모델링될 수 있으며, 중괄 시스템의 최적 제어를 용이하게 해 줄 것이다.

### III. 결 론

자동 및 수동이 혼합된 생산 공정에서 생산 흐름라인의 설계시에 고려되어야 할 중요한 사항중 하나는 여러 작업장의 라인에서 수행하여야 할 총 작업량의 할당 문제이다. 이와 같은 라인 평형의 목적은 라인에서 작업량을 균형있게 배부하여야만 한다. 각 작업장 사이에 적절한 작업량의 배부는 자동화된 흐름 라인에서 바람직하게 요구되는 사항이다. 그러나 작업량 배부는 수동 조법

라인과 부분적 기계 흐름 라인 사이의 라인 평형을 고려하여 서로 협조가 잘 이루어져야만 한다.

수동 라인에서 수행해야 할 총작업내용은 많은 각개소의 작은 업무 혹은 작업요소로 구분할 수 있고 이들에 대한 최적화분류 (optimum arrangement)를 행하여야 한다.

방대한 생산라인에 대해 수동적인 라인 평형기법은 불가능하므로 컴퓨터 라인 평형 알고리즘 기법을 이용한 대규모 라인 평형 문제가 고려되어야 할 것이고, 이미 개발된 COMSOAL (Computer Method of Sequencing Operations for Assembly Lines), CALB (Computer-Aided Line Balancing), ALPACA (Assembly Line Planning And Control Activity) 기법들을 국내산업체의 생산 흐름 라인에 적용 가능한 가를 조사하여 적합한 새로운 기법을 연구하고, 도출된 생산 흐름라인의 수학적 모델로서 라인 평형이라는 제약조건과 국내 생산 라인에 적합한 최적 알고리즘이 유도되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- Hoffman, T.R., Production -Management and Manufacturing Systems, Wadsworth Publishing Co.,(1971).
- Rapoport, A., The Uses of Mathematical Isomorphism in General System Theory, Wiley - Interscience, A Division of John Wiley, (1972).
- 조규갑, 생산 시스템 공학, 의중당, (1986).
- Man Hyung Lee, "Optimization of Stochastic Dynamic System with Random Coefficients", Ph.D Dissertation, Oregon State University, Corvallis, Feb. 1983, Report of ONR Contract No. N000 14-81-K-0814.
- 이마형, 김경천, "전자 레인지 마이크로 웨이브 누설 및 이상소음 자동측정 장치의 설계", 부산대학교 기계기술연구소 연구보고서,(1986).
- Hanfin, L.E., Liberty, S.G, and Taraman, K., "Improved Transfer Line Efficiency Utilizing System Simulation", Tech Paper MR75-169, Society of Manufacturing Engineers, Dearbon,(1975).
- Sharp, W.I., Jr., "Assembly Line Balancing Techniques", Paper MS-77313, Society of Manufacturing Engineers, Dearbon, Mich., (1977).