

동시공학기법을 이용한 소음기 제조라인 자동설계

서윤호

울산대학교 수송시스템공학부

<요 약>

조립라인은 생산하려고 하는 피가공품의 기능, 구조, 형태 등의 제품 정보와 총투자액, 기술적 한계, 라인설치 면적 제한 등의 현실적 제약 등과 밀접한 관계가 있다. 다시 말하면 제품 설계는 그 제품을 생산하기 위한 제조라인의 기능요구로 작용하게 된다. 본 연구의 목적은 제품의 사양 및 설계가 완성된 후 이로부터 그 제품을 생산하기 위한 제조 시스템을 자동으로 설계하기 위한 방법론과 이러한 방법론에 유도된 라인 중 생산면에서 Robust 하고 경영적인 Feasible한 제조 라인을 선택하여 컴퓨터상의 가상 제조 모델링 시스템을 통해서 검증하는 시스템을 개발하는 것이다.

Automatic Design of Muffler Production Lines for Concurrent Engineering

Yoonho Seo

School of Transportation Systems Engineering

1. 서론

제품 설계를 마친 후 그 제품을 구현하기 위한 조립라인을 구축하는 것은 산업 현장의 일반적인 과정이다. 조립라인은 생산하려고 하는 피가공품의 기능, 구조, 형태 등의 제품 정보와 총투자액, 기술적 한계, 라인설치 면적 제한 등의 현실적 제약 등과 밀접한 관계가

있다. 즉 어떤 제품의 기능 및 가공 요구사항 등을 구현할 수 있는 제조라인을 설계해야 함으로, 제품 설계는 그 제품을 생산하기 위한 제조라인의 기능요구로 작용하게 되는 것이다. 본 연구의 목적은 제품의 사양 및 설계가 완성된 후로부터 그 제품을 생산하기 위한 조립 시스템을 자동으로 설계하기 위한 방법론을 개발 제시하기 위한 것이다.

조립라인은 한번 현장에 설치되면 수정하는데 많은 비용이 들기 때문에 그 타당성을 검증하기 전에 현장에 적용하기가 매우 어렵다. 본 연구에서는 개발된 방법론의 현장 적용성을 극대화하기 위하여 가상 제조 모델링(Virtual Manufacturing Modeling)기법을 이용하였다. 가상 제조 모델링이란 실제 생산에 이용되는 것과 같은 데이터(*e.g.*, CAD, BOM 데이터 등)와 프로그램(*e.g.*, NC, 로봇 프로그램 등) 등을 이용하여 실제 물리적인 제품을 생산하는 대신에 컴퓨터상의 기계, 로봇 등의 구성장비를 움직이며 피가공품의 가공 정보를 자동으로 생성하며, 또한 실제 가공과 동일한 가공상황을 컴퓨터 상에서 보여 줄 수 있는 기법이다.

어떠한 제품이 완성되어 가는 모습을 3차원으로 보여줄 수 있다는 점은 그래픽 시뮬레이션과 가상 제조 모델링 도구와의 차이는 없다. 하지만 시뮬레이션은 어떤 하나의 목적을 가지고 개발되어 그 목표에 대한 평가를 하는 반면 가상 제조 모델링은 실제 시스템에서 사용되는 것과 같은 제조시스템모형, 데이터 및 프로그램을 입력으로 하기 때문에 실제 현장에서 발생할 수 있는 돌발 상황을 미리 알 수 있다. 예를 들면 가상 제조 모델링 시스템은 실제 장비에서 이용되고 있는 프로그램과 CAD 데이터를 이용하고 있기 때문에 로봇의 충돌이나 AGV의 충돌 조립라인의 운영상 문제점등을 미리 알아 볼 수 있고 이에 대한 대처를 할 수 있다는 점과 가상 제조 모델링에서 수정된 프로그램 또는 운영방식을 그대로 현장에 도입할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 연구는 조립라인의 설계에서부터 가상 제조 모델링을 통한 검증까지 자동화 하여 제조라인에서 발생할 수 있는 오류를 최소화 또는 완전히 제거하고 제품의 변화나 경영전략의 변화등에 신속하게 반응 할 수 있는 방법론과 시스템에 대하여 연구하였다. 구체적으로 제품의 사양 및 제품 구조로부터 조립공정구조를 유도하고, 조립구조로부터 제조라인을 유도하는 소음기 라인 자동 설계 방법론 (ADOM, Automatic Design of Muffler Production Line) 정립과, 투자비와 운영비의 관점에서 좋은 제조 라인들을 선택할 수 있도록 도와주는 평가자료 산출방법의 연구 그리고, 선택된 제조 라인들은 컴퓨터상에서 가상제조 모델링 시스템을 이용하여 검증할 수 있도록 하는 일련의 제조시스템 자동 설계 시스템을 개발하는 것이다.

특히 본 연구과제에서는 제시된 ADOM설계 방법론을 소음기 라인 설계 과정에 적용하여 제조라인 자동 설계 시스템을 개발하는 것이다. 소음기 제품정보를 이용하여 소음기 제조라인을 설계하고 이를 가상제조 모델링을 통해서 자동 점검하는 System을 개발하는 것이며, 1차년에는 소음기 제조라인의 자동설계 방법론 정립과 방법론을 현실 설계에 적용함으로써 그 타당성을 검증하고, 그리고 이를 자동화하는 System의 Prototype을 개발하는 것을 목적으로 한다.

제2장에서는 소음기 라인 자동 설계 과정에 대하여 상세히 설명하고, 제3장에서는 제시된 ADOM설계 방법론을 소음기 생산현장에 적용하여 소음기라인 자동설계시스템(SADOMS, Sejongs ADOM System)의 프로토타입 시스템을 개발한 결과를 기술한다. 제

4장 결론에서 1차년도 연구 결과와 2차년도 계획 및 기대 효과 등에 대하여 기술하였다.

2. 소음기 라인 자동 설계 과정

제조시스템의 설계는 가공하려는 피가공품의 가공 요구사항들과 밀접한 관련이 있다. 본 연구에서는 소음기의 제품 사양으로부터 소음기를 생산할 수 있는 제조시스템을 자동으로 설계하기 위하여 다음과 같은 4단계 소음기라인 설계과정이 제시되었다: 조립공정도 유도, 추상 라인 설계, 상세 라인 설계 그리고 마지막으로 라인평가 및 설치. 이와같은 소음기라인 자동설계 과정을 아래 그림에 도시하였다

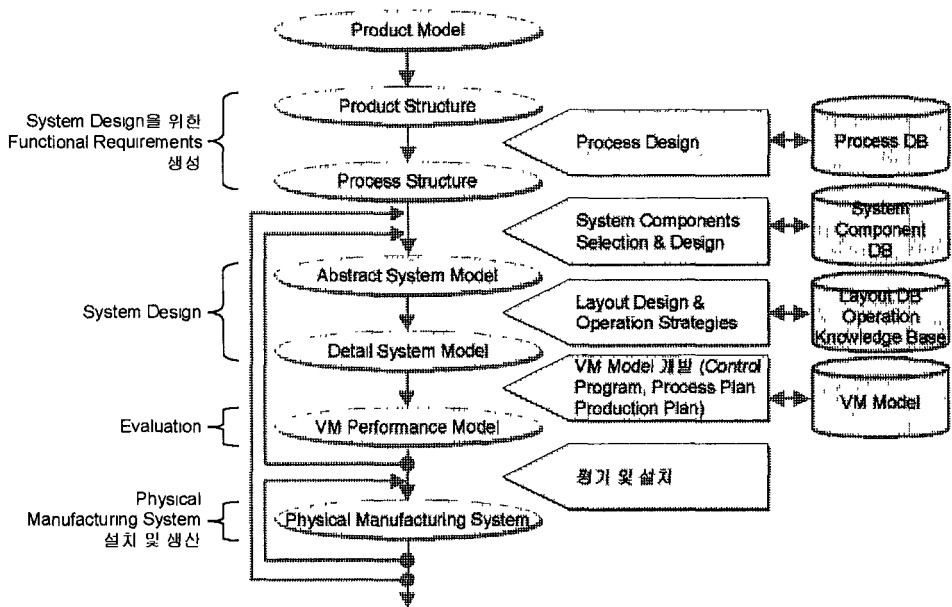


그림1. 소음기라인 자동설계 과정

본 Chapter의 각 절에서는 제시된 4단계 소음기라인 자동설계 과정에 대하여 기술하고, 이에 덧붙여 조립공정도를 유도하기 위하여 필요한 공정설계시스템과 4단계 라인 평가에 필요한 시뮬레이션 시스템에 대하여 다룬다.

2.1. 조립 공정도 유도

조립공정도는 제품의 조립구조를 가장 추상적으로 표현한 그림표현으로, 실제 제조현장에 종속적인 제조/조립공정을 표현한 현장의 조립공정도와 다를 수 있다. 조립 공정도를 유도하기 위하여 Engineering BOM으로부터 제품구조를 인식하고, 표준공정 데이터베이스에서 제품의 조립에 필요한 공정을 검색한다. 제품의 조립/생산을 위하여는 이와 같은 조립공정 이외에 각 공정간에 품질을 검사하기 위한 품질검사 공정이 필요한 것이고 이러한 추가공정들을 인식한다. 예를 들면 검사, SIZING과 같은 추가적인 공정을 생성한다. 그리고 공정순서 RULE에 의거하여 제품을 생산해 낼 수 있는 제조 공정도를 생성한다.

가) 조립 공정 생성

조립 공정도를 생성하기 위하여 제품의 Engineering BOM을 이용한다. EBOM은 제품의 구조적인 면을 포함하고 있으므로 각각의 계층에서 가능한 조립 공정을 구해 낼 수 있다. 표준공정 데이터베이스에 포함 되어 있는 조립 관계를 이용하여 어떤 제품을 생성하는데 필요한 조립공정들을 검색한다. 예를 들면 표준 공정에 부품 A와 부품 B를 조립 Assy(A,B)라고하는 공정이 있고 EBOM 의 어느 계층에 부품 A, B 가 존재한다면 이는 제품을 생산하는데 Assy(A,B)라는 공정이 포함 되어있음을 알 수 있다.

조립공정 생성 Algorithm

- STEP 1. BOM에 대한 자료를 각 계층별로 구분한다.
- STEP 2. 모든 단계에 대해서 가능한 조립관계를 찾아내어 공정에 등록한다.
- STEP 3. 더 이상의 조립 관계가 없고 모든 부품이 한번이상 조립 공정에 포함 되었다면 종료한다.

나) 추가공정 생성

조립 공정 만으로 제품을 생산하기는 힘들다. 때문에 조립을 용이하게 하기 위한 공정이거나, 조립 전에 반드시 수행되어야 할 비 조립 공정, 그리고 제품의 성능을 검사하기 위한 검사 공정이 수행되는 것이 제품을 생산하기위한 일반적인 방법이다. 이를 위해 본 연구에서는 추가 공정 데이터 베이스로부터 제품을 생산할 때 필요한 추가 공정 정보를 획득한다. 획득한 정보로부터 추가 공정을 생성하여 제품을 생산하기 위한 공정에 추가한다.

추가공정 생성 Algorithm

- STEP 1. 추가 공정 DB에 추가 공정이 있는지를 검사한다. 없다면 종료한다.
- STEP 2. 존재 한다면 공정 Set에 추가 시킨 후 종료한다.

다) 조립 공정도 생성

제조 공정도를 생성하기 위해서는 공정을 연결하고 공정간의 우선순위 결정이 필요하게

된다. 본 연구에서는 이를 위해 제조 공정 순서 데이터 베이스를 이용하였으며 이는 조립 공정 A는 조립 공정 B보다 먼저 조립 되어야 한다. 와 같은 명제로 정의 되어있다.

공정의 계층별로 제조 공정 순서를 정한다. 그리고 공정의 계층 정보를 바탕으로 각 계층이 어떤 상위 공정 내에 포함되어 있는지를 검색하여 제조 공정을 연결시킨다. 이러한 방법으로 제품을 생성할 수 있는 제조 공정도를 완성 시킨다.

조립 공정도 생성 Algorithm

- STEP 1. 조립 데이터 베이스로부터 제조 순서 RULE을 객체로 저장한다.
- STEP 2. 모든 계층의 공정 Set에 대해서, 공정 순서를 정함에 있어서 Generate And Test 방법을 이용하여 생성하고 Test 방법은 제조 순서 Rule이다.
- STEP 3. 순서에 어긋나면 제거한다.
- STEP 4. 그렇지 않다면 가능한 제조 순서로 해당 계층에 등록한다.
- STEP 5. Generate And Test 방법을 이용하여 각각의 단위 별로 Data를 조합하여 예비 조립 공정도를 생성한다. (TEST 조건은 없다.)
- STEP 6. 모든 예비 조립 공정도에 대해서, 공정 계층 간의 연결관계를 설정 한다.(각 계층은 마지막 공정을 상위 계층과 연결한다.)
- STEP 7. 조립 공정의 실제 명칭을 이용하여 각각의 조립 공정도 data에 반영한다. (가명으로 주어진 것을 처리한다. 예를 들면 ASSY(INPART, OUPART)를 실제 조립이 되는 명칭인 ASSY(INPIPE, OUTPIPE)로 정정한다.)

2.2. 추상 라인 설계

추상 라인이란 생산을 할 수 있는 장비가 선정 되어 있으나 아직 구체적으로 어떠한 배치를 해야 하는지 어떠한 방법으로 운영할 것인지는 결정되지 않은 주로 고정비 측면만 고려된 라인이다. 이러한 추상 라인을 생성하기 위해서는 먼저 공정 묶음과 공정 분해가 이루어져야 한다. 공정 묶음은 두 가지의 공정을 하나로 묶어 한꺼번에 처리할 수 있는 것을 의미하며 공정 분해는 한가지의 공정을 두개의 공정으로 분해서 각각의 공정으로 인식하나 반드시 직렬로 연결되는 공정을 의미한다. 일단 공정 분해와 공정 묶음이 이루어지면 공정 설계 시스템을 호출하여 검증된 장비를 할당하게 되는데 검증된 장비란 VM을 이용하여 제품의 특징에 따라 Processing 시간이나 Load, Unloading 타임이 정의되는 표준 장비를 의미한다.

가) 공정 분해

공정 분해 정보 데이터 베이스로부터 공정을 분해 할 수 있는 공정이 있는 지를 먼저 검색한다. 만약 존재한다면 공정을 분해한 새로운 제조 공정도를 추가 시킨다.

공정 분해 Algorithm

모든 공정도에 대해서

STEP 1. 공정도를 선택하고 각각의 공정에 대해서 공정 분해가 가능한지 검사한다.

STEP 2. 공정분해가 가능하면 공정 분해를 하여 새로운 공정도를 추가 시킨다.

STEP 3. 추가된 공정도를 포함해서 선택되지않은 모든 공정도에 대해 Step 1~2를 수행한다.

STEP 4. 중복된 공정도를 제거한다

공정 분해란 어느 한 공정이 원하는 생산량을 만족할 수 없을 정도로 빠르지 않을 때 이 공정을 두개 이상의 공정으로 분해하여 1공정의 Cycle Time을 2공정 이상으로 분산시켜 주는 역할을 한다. 공정 분해정보는 Process(A) -> Process(B), Process(C)와 같은 형태로 존재한다. 즉 A 공정은 공정 B,C로 분해 될 수 있다라는 것을 명시해준다.

나) 공정 묶음

공정 분해 정보 데이터 베이스로부터 공정을 분해 할 수 있는 공정이 있는 지를 먼저 검색한다. 만약 존재한다면 공정을 분해한 새로운 제조 공정도를 추가 시킨다.

공정 묶음 Algorithm

STEP 1. 공정도를 선택하고 각각의 공정에 대해서 공정 묶음이 가능한지 검사한다.

STEP 2. 공정묶음이 가능하면 공정 분해를 하여 새로운 공정도를 추가 시킨다.

STEP 3. 추가된 공정도를 포함해서 선택되지않은 모든 공정도에 대해 Step 1~2를 수행한다.

STEP 4. 중복된 공정도를 제거한다

공정 묶음이란 연속된 2개 이상의 공정이 Cycle Time이 너무 짧아서 또는 시간이 충분해서 1개의 공정으로 처리가 가능한 경우에 공정 묶음을 수행한다. 공정 묶음의 기본 원칙은 기술적인 타당성이 기반이 되어야 한다. 일반적으로 두개 이상의 공정을 합할 경우 Cycle Time이 늘어 난다. 공정 묶음정보는 Process(B), Process(C) -> Process(E)와 같은 형태로 존재한다. 즉 B,C 공정은 공정 E로 묶음 될 수 있다라는 것을 명시해준다.

다) 장비 할당

공정 분해와 공정 묶음 단계를 거친 후 각각에 표준 공정us. 장비 데이터 베이스로부터 제조 공정도 내에 있는 공정에 장비를 할당 하기 위해서 공정에 투입할 수 있는 장비 목록을 만든 다음 한 공정에 1개의 장비만이 할당 되게 하기 위해서 Generate And Test방법을 사용하여 장비가 할당된 공정도 즉 추상라인을 만들게 된다. 여기서 Test 조건은 투자비와 Space이다.

장비 할당 Algorithm

- STEP 1.** 모든 공정도에 대해서, 모든 공정에 대해서 종속 Part를 생성한다.
- STEP 2.** 모든 공정에 대해서, 종속 Part와, 장비의 종속 Part를 비교하여 일치하는 장비 목록을 만든다.
- STEP 3.** 목록이 생긴 모든 공정도에 대해서, 장비를 각 공정 당 1 대씩 할당하기위해서 Generate And Test 방법을 이용한다.

종속 Part라는 것은 공정을 거쳐가면서 추가되는 Part들을 의미한다. 예를 들면 첫 공정이 Process (Assy (A, B))이고 연결된 두 번째 공정이 Process (Assy (B, C))라면 첫 공정의 종속 Part는 A, B이고 두 번째 공정의 종속Part는 A, B, C가 된다.

표준 공정us. 장비라는 것은 어떠한 종속파트를 갖는 어떠한 공정을 수행할 수 있는 장비를 정리해 놓은 데이터 베이스이다. 공정의 장비 목록은 표준 공정us. 장비에서 종속파트와, 공정이 같을 때 장비들의 집합이다.

공정에 1개의 장비만 할당하는 방법으로는 공정도와 장비목록과 공정의 모든 조합으로 이루어진다. 이를 위해서 Generate And Test방법을 사용했으며 Test 조건으로는 투자비, 장비가 차지하는 면적제한 등을 사용하였다. 예를 들면 Process(A), Process(B)공정이 존재하고 Process(A)공정에는 Machine 1, Machine 2가 할당이 가능하고 Process(B)공정에는 Machine 3, Machine 4가 할당이 가능하다면 이는 다음과 같은 방법으로 장비가 할당이 될 것이다. 단 투자비 한계는 50이고 장비 가격은 20, 10, 20, 40 이고 일단 면적 제한은 없다고 가정한다.

라) 공정 설계 시스템

표준 공정 함수식 표준 공정은 여러 개의 라인에 포함된 유사한 공정들을 수식이나 일반화된 모델로 표현하며, 이렇게 생성된 수식이나 모델은 유사 공정들에 대해 모두 표현이 가능하여야 하며 문서화가 가능하도록 한다. 생성 절차는 여러 개의 작업 라인에서 유사한 공정을 탐색해서 각 공정을 구성하는 세부 작업으로 분해하고, 각 작업 시간에 대해 어떠한 변수적 요소가 포함되어 있는가에 대해 조사한다. 그리고, 이 변수적 요소에 의해 작업 시간이 어떻게 변하는가에 대한 것을 문서화하기 위한 방법으로 통계적 분석을 통해 세부 작업 시간들을 수식과 수식내의 변수에 대한 입력 값으로 표현하여 공정에서 이루어 지는 각 단위작업의 시간을 산출해 낸다. 이러한 방법으로 공정을 생성하는 것이다

2.3. 상세 라인 설계

추상적인 라인이 구성이 되면 이에 운영비적인 요소 즉 인력배치, Layout 배치, 물류흐름에 관련된 자료를 첨가하여 상세 라인을 생성하게 된다. 상세 라인은 현장에서 직접 운용될 수 있는 모든 자료를 포함하는 라인 이다. 실질적 라인을 생성 함으로써 장비와 인력과의 관계, 라인 운영 방법, 라인 Cycle Time, 실제 Layout, 운영비 등의 데이터를 획득

할 수 있다. 인력 배치의 문제는 주로 장비의 인력요구량에 의해 계산되어지며, Layout 배치 문제는 물류의 흐름 (Input, Output)과, 작업공간 그리고 장비의 Size에 대한 종합적인 Nesting문제로 해결된다.

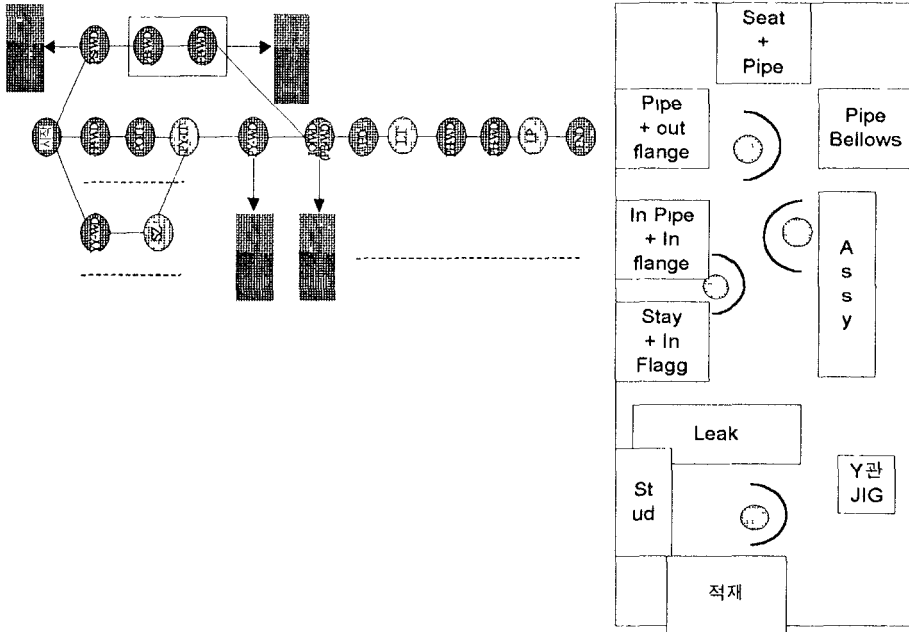


그림2. 상세 라인 설계

가) 장비 배치

장비를 배치하기 위해서는 장비를 배치할 수 있는 기본 정책이 필요하다. 이는 설계자가 원하는 형태를 사용하거나, 또는 일반적인 U, L자 형태의 라인배치 정책을 따라 장비를 배치한다. 장비 배치 시 필요한 작업 공간을 바탕으로 장비를 배치하게 된다. 이때 부과적인 부품이나 제품을 담을 수 있는 Palette나 Box와 같은 정보도 함께 포함되어 배치가 이루어진다. 추상라인을 바탕으로 장비 배치가 이루어지면 장비 배치가 이루어 질 때마다 장비 배치 라인이 생성된다.

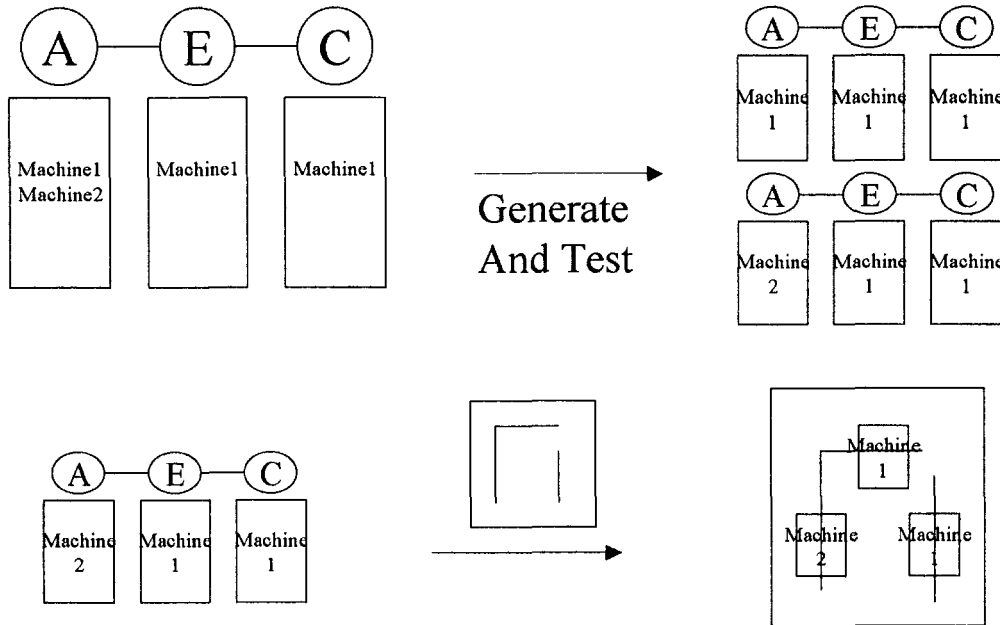


그림3. 장비 할당 및 배치

장비 할당 Algorithm

- STEP 1. Arrange Data를 Data 객체에 저장한다.
- STEP 2. 모든 공정도에 대해서, 주어진 공정도에서 Sub Line을 선택한다.
- STEP 3. Arrange Data를 짧은 순서대로 정렬시킨다.
- STEP 4. Sub line 공정도의 장비를 Arrange Data에 정렬시킨다. 만약 공정도에 정렬시키지 못하면
- STEP 5. 공정도를 삭제한다.

Arrange Data라는 것은 라인이 어떤 형태로 배치되어야 한다는 기본 원칙을 제공한다. 예를 들면 L자 U자, 또는 지그재그 식의 라인 형태를 취할 수 있게 된다. Arrange Data는 두개 이상의 점으로 이루어져 있으며 이들의 점을 잇는 선의 형태를 취한다. Sub Line이라는 것은 각각의 계층에 존재하는 공정들을 의미하게 된다.

- Process (A: class 1) -> Process (B)
- Process (C: class 2)) -> Process (B)
- Process (B: class 3) -> Process (D)
- Process (D: class 3) -> END

이와 같은 경우 Sub Line은 class1, class2, class3로 이루어져 있으며 Arrange Data Set 또한 여러 개의 Arrange Data로 이루어져 있을 수 있으며 짧은 Arrange Data부터 검색하여 짧은 Sub Line부터 할당한다. 이때 만약 Arrange data의 수가 Sub Line의 수보다 작을 경우에는 많은 여유가 있는 Arrange data를 검색하여 남아있는 Sub line을 할당한다. 만약

Sub Line을 모두 할당하지 못했을 경우에는 배치를 포기하고 다음 Arrange data set을 선택하거나, 다른 공정도를 선택해서 Layout을 배치하며, 가능한 모든 조합에 대해서 실시한다.

나) 작업자 배치

장비 배치가 이루어지면 작업자 배치가 이루어진다. 작업자를 배치하는 기본적인 규칙은 공정 내에서 가장 작은 수의 작업자를 유지하는 것이다. 작업자는 어느 한 공정이 선택되면 장비 배치의 Layout상의 작업이 가능한 가장 가까운 위치의 장비를 선택하여 하나의 Workstation을 이루게 된다. 이러한 작업은 모든 장비에 작업자가 할당 될 때까지 이루어지며, 이때 발생한 모든 대안에 대한 제조 라인을 생성한다.

작업자 배치 Algorithm

모든 대안에 대해서

STEP 1. 사용되지 않은 인력과 인력이 할당 되지 있지 않은 장비를 선택한다.

STEP 2. Man에 장비를 할당 요구

STEP 3. If (현재 Man의 사용량 + 장비의 작업량 + 이동시간 < 한계 Cycle time), then 장비를 할당

STEP 4. If (모든 장비에 인력 할당이 불가능하다.), then 현 대안을 포기하고 다른대안을 선택하여 단계1로 돌아간다.

STEP 5. If (모든 장비가 할당 되었으면), then 단계7로 간다, else 인력이 할당 되지 않으며 선택되어 있지 않은 가장 가까운 거리의 다른 장비를 선택한 다음 단계2로 돌아간다.

STEP 6. 인력이 할당 되지 있지 않은 다음 공정을 선택한다. 단계2로 되돌아간다.

STEP 7. 작업을 종료한다.

작업자의 한계 Cycle Time은 목표 생산량으로 얻어질 수 있다. 예를 들면 목표 생산량이 1000개이고 하루 작업시간이 10000시간 단위라면 1개 생산할 때 필요한 시간 단위인 10시간 단위가 작업자의 한계 Cycle Time이 된다. 이는 장비가 할당 될 때 인력요구량과, 작업자의 누적 인력요구량, 장비사이의 이동시간이 합을 구하여 장비가 작업자에게 할당 될 수 있는 지를 검사하게 된다.

장비 선택방법은 처음에는 공정 순서에 의해서 선택되어지지 않은 장비를 선택한다. 그리고 어떠한 장비가 선택되어 할당이 된 후 다음 장비를 선택하는 방법은 현재 할당된 장비들에서 가장 가까운 위치에 존재하고 할당되지 않는 장비를 할당하게 된다.

2.4. 라인 평가

각각의 제조 라인은 Simulation을 수행하기 위해 Simulation 모델로 변경되어야 한다. 이를 위해 Simulator에 사용되는 객체를 정의 함에 있어서 제조라인의 구성요소와 완전히 일치하게 하였다. 제조라인 데이터에는 장비(Processing time, Load/Unloading time, 입력 Part, 출력 Part, 할당된 작업자)정보와 Layout(작업자의 이동거리), 물류정보 가 포함 되어

있다. 이를 Simulation의 장비정보, 이동거리 정보, Buffer정보로 이용하였다.

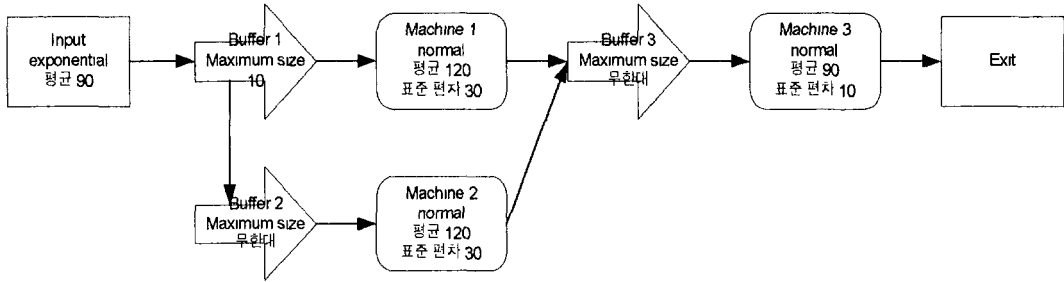


그림4. 시뮬레이션 모델화

가) Simulation을 통한 제조 라인 평가

자동 설계된 제조 라인을 SIMULATION로 만들어서 각 구성요소의 시스템적인 데이터 (Utilization, 생산량, Buffer Length, 평균 대기시간 etc.)를 구하고 Virtual Manufacturing을 통한 각 장비의 실제적인 데이터를 이용한 가상생산을 해서 설계자가 가장 좋은 라인을 선택할 수 있도록 도와 주는 역할을 수행하게 된다.

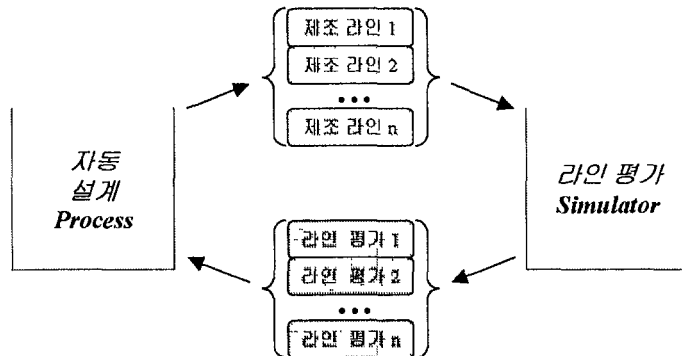


그림5. 시뮬레이션 통한 제조 라인 평가

나) 가상 제조 모델링

본 연구에서는 라인을 평가 하기위해서 가상 제조 모델링기법을 이용하였으며 이를 위해서 가상세계에 실제 생산에 이용되는 것과 같은 장비, 실제 세계에서 운용되는 것과 같은 프로그램 그리고 가상적인 작업자를 통해서 가상 제조 환경을 구축하여 실제 세계에서 제품을 생산하는 것과 동일한 효과를 나타내도록 하였다.

본 논문에서는 가상 제조 도구[4]로서 QUEST, IGRIP, VNC를 이용하여 현실적으로 발생할 수 있는 거의 모든 상황을 예측한다. IGRIP은 장비 및 작업자의 특성을 입력하여 라인의 문제점을 파악하는 기능을 수행하며, VNC는 NC프로그램의 검증, Quest는 이러한

IGRIP과 VNC의 출력 데이터를 바탕으로 생산량과 각 장비 및 인력의 효율성, 기타 필요한 데이터를 측정하는데 이용된다. 이러한 가상 제조 도구를 이용하여 자동 설계 방법론에서 획득한 조립 라인을 평가하였다.

3. SADOMS 프로토타입 설계

본 연구에서는 제조 라인 자동설계 방법론을 쓴 생산라인을 설치할 Muffler라인에 적용하여 보았다. 본 시스템의 구조는 제조라인 자동설계, 가상 제조 모델링 두 부분으로 구성되어 있으며 제조 라인 자동 설계시스템에서는 조립 라인의 대안을 제시하고 가상 제조 모델링 부분은 조립 라인을 검증하고 평가하게 된다.

3.1. Sejong ADOM System (SADOMS) 구조

SADOMS의 시스템 구조는 설계자가 설계 자료를 ADOM Database에 입력한 후 ADOM Process를 거친 다음 생성된 데이터가 제조 시스템 데이터 베이스로 저장 된다. 이렇게 저장된 데이터는 다른 관련 작업자에게 참조되어지고 활용된다

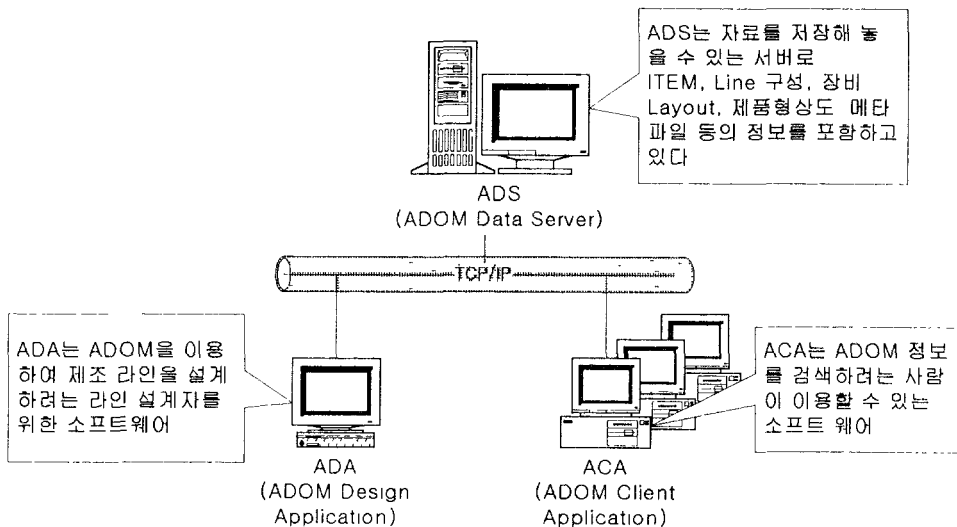


그림6. SADOMS시스템 운영 구조

사용자는 크게 시스템 관리자, 제조라인 설계자, 자료 검색자, 3가지로 구분할 수 있으며, 시스템 관리자는 Database와 ACA, ADA 모두를 관리 제어 할 수 있는 기능이 있다. 즉 시스템 관리자 한 사람 만이 다른 소프트웨어 필요 없이 Database를 직접 관리 할 수

있다. 제조라인 설계자는 ADA와 ACA를 자료 검색자는 ACA 만을 이용할 수 있다.

3.2. SADOMS의 정보 전달 체계

SADOMS는 기본적으로 사용자가 기본적인 정보를 입력해 주면 이를 바탕으로 Layout을 생성하고 생성된 자료를 바탕으로 검색자가 원하는 자료를 검색해서 출력하는 메커니즘을 갖고 있다.

SADOMS는 크게 두 가지 관점에서 볼 수 있다. 하나는 설계자 관점이고 다른 하나는 자료를 참조하는 자료 검색자 관점이다. 설계자 관점에서 설계된 Application을 ADA 즉 ADOM Designer Application이라 하고, 자료 검색자 관점에서 설계된 Application을 ACA 즉 ADOM Client Application이라고 한다. 다시이들을 세분화 하면 ADA에는 6가지의 모듈과 1개의 데이터 베이스가 존재한다. ADA를 구성하는 큰 모듈은 ADOM Setup, ADOM Process, 표준 공정, 제조 Data 입력 모듈이 있으며 다시ADOM Process 모듈에는 자동설계 모듈과, Simulation모듈이 존재한다. 그리고 ADA를 구성하는 데이터 베이스는 ADOM Database로 ADA에 존재하는 모든 모듈의 정보 저장소 역할을 수행한다. ACA에는 Data Query 모듈과, ADA에서 출력된 자료를 저장하고 Data Query모듈의 원천이 되는 제조 데이터 베이스가 존재한다. SADOMS의 정보 흐름은 ADOM Setup에서 시작된다. ADOM Setup 모듈은 ADOM Process를 수행하기 위한 기본 Database를 구성하고 이를 데이터 베이스에 저장한다. 그런 다음 자동설계 모듈에서 ADOM Setup에서 저장된 데이터와 표준 공정 모듈과 연동하여 Simulation 기반 자료와 Layout 정보를 출력 하게 된다. Simulation 자료를 바탕으로 Simulation 모듈이 실행되고 출력 자료를 ADOM 데이터 베이스에 저장하게 된다. 그리고 난후 제조 데이터 Input 모듈을 통해서 추가적인 자료를 제조 데이터 베이스에 저장하게 된다. 이렇게 데이터 베이스에 저장된 자료를 바탕으로 Data Query 모듈에서 검색되어지고 사용자가 원하는 양식으로 출력되게 된다.

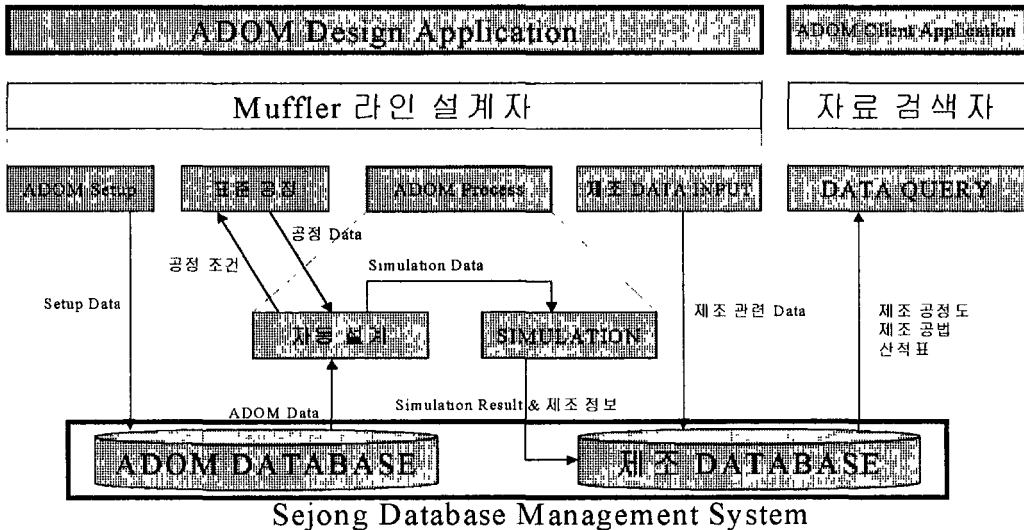


그림7. SADOMS의 모듈 상호 관계

3.4. PROTOTYPE 시스템

ADA는 제조라인을 설계하는 담당자 만이 사용할 수 있는 소프트웨어로서 그 권한이 부여된 자만이 이용이 가능하며, 제조 라인을 설계하는 도구이다. 이 시스템은 크게 Setup 부분과 실행부분으로 나뉘어 저 있으며 사용자가 원할 경우 시스템의 특정부분에 설계자의 개입을 허용하고 있으며, Setup을 제외한 Processing 부분에서는 설계와 Simulation이 자동으로 이루어진다.

가) ADOM Setup

ADOM Setup프로그램은 여러 가지 자료 입력 User Interface모듈을 제공한다. 예를 들면, BOM, 기준라인, 공정 분해, 공정 묶음, 추가공정, 목표 생산량, 투자인력, 투자비 etc.이 있다. 사용자가 Database를 직접적으로 제어하지 않고 Data를 삽입할 수 있게 한다.

나) ADOM Processing

ADOM Setup으로부터 획득된 정보를 바탕으로 하여 라인을 설계해 나간다. 설계순서는 ADOM Process와 같으며, ADOM Process각 단계마다 설계자가 개입할 수 있도록 하였다. ADOM Processing의 결과로는 ADOM Setup으로부터 획득된 정보를 바탕으로 하여 라인을 설계해 나간다. 설계순서는 ADOM Process와 같으며, ADOM Process각 단계마다 설계자가 개입할 수 있도록 하였다. ADOM Processing의 결과로는 설계된 라인과 작업 할당, 사이클 그리고 시물레이션 입력 값 출력 값이 있다. 제조 정보 출력데이터로는 Layout, 장비 배치 Data, 작업자 분배 Data, 투자비, 운영비가 있으며, Simulation 기반 출력 데이터로는 작업자 정보인 투자 인력, 비용, 작업 분배, 장비 정보인Loading, Unloading, Processing, Cost, etc.가 있으며 이외에도 Layout 정보인 장비 배치정보, 작업자 이동시간, Part 흐름, Buffer 정보, Source 정보가 있다.

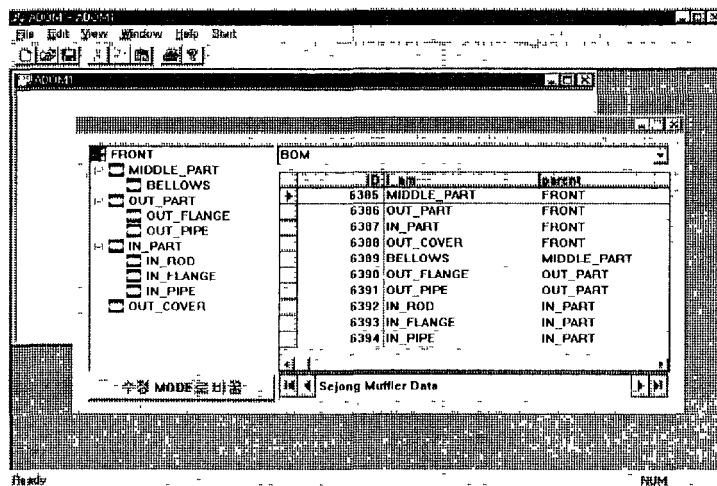


그림8. ADA 의 ADOM Process

가) ADOM Simulation

ADOM Processing의 출력을 입력으로 하여 Event 중심의 Event Simulation을 수행하게 되며 수행결과로서 설계된 라인의 시뮬레이션 진행 모습과 시뮬레이션 결과이다. 구체적인 출력 결과는 제조 정보, 장비가동률, 생산량/time, 작업자 가동률, 평균 대기시간, 최대 대기시간, 평균 대기 행렬, 최대 대기 행렬, 총생산량 등이 있으며 이는 제조 정보 데이터 베이스에 저장된다.

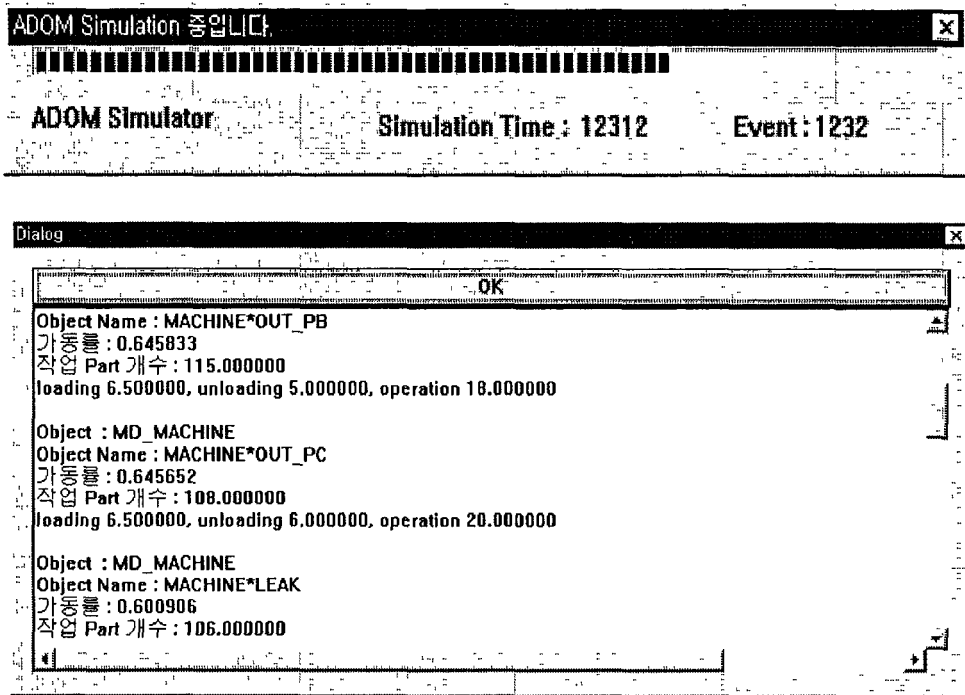


그림9. ADOM Simulator

나) 추가 정보 입력

추가 정보 입력이라는 것은 각 말 그대로 추가적인 정보를 의미한다. 즉 공정내의 작업 순서나, 생산일시, 생산 중지 일시, 차량 명칭, 제품의 형상도 등 ADOM Process내에서 얻어질 수 없는 데이터를 입력하거나 또는 과거의 정보를 입력하는데 이용된다. 크게 제조공정도, 제조 공법, 작업 산적표 입력 Interface가 제공된다.

다) ACA 자료 검색

ACA는 제조 라인을 참조할 부서의 사용자를 위한 소프트웨어로서 ACA 권한이 부여된 자만이 이용 가능하며, 사내 네트워크이 연결된 곳이면 어디든지 설치할 수 있으며 사용할 수 있다. 제조라인 정보는 크게 제조공법, 제조 공정도, 작업 Man/Machine Chart로 이루

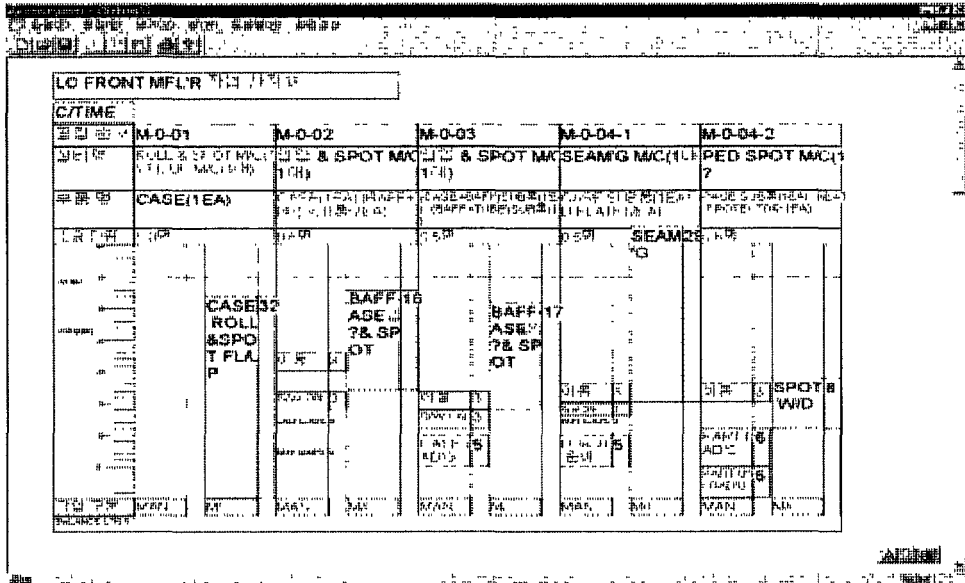


그림12. 작업 산적표

4. 결론

본 연구는 제품의 사양 및 구조로부터 표준 공정과 설계규칙을 지식화 한 데이터베이스로부터 조립 공정도를 유도하고, 조립 공정도로부터 표준 공정 및 여러 가지 공정을 한꺼번에 수행 할 수 있는 장비를 효율적으로 선택 하게하여 추상 조립 라인을 생성하였으며, 추상 조립 라인에 경영전략을 기반으로 한 인력 및 장비의 배치를 통해서 실질적 조립 라인을 설계하는 방법론에 대해서 연구하였다. 이러한 연구를 토대로 다듬어진 방법론을 Muffler 조립라인 설계에 적용하여 조립라인 설계 과정을 거의 모두 자동화하였으며, 조립라인 설계 기간을 크게 단축시켜 제품의 설계 또는 사양의 변경 시 신속하게 라인을 재설계할 수 있도록 하였다. 그리고 조립 라인의 설계자 및 현장 실무자의 경험과 새로운 기술을 바탕으로 하여 설계자의 편견이나 설계지식 부족에 의해서 발생하는 여러 문제점을 피할 수 있도록 하였으며, 생성된 조립 라인은 Virtual Manufacturing Modeling도구를 통해서 평가 및 검증하도록 하였다. 향후 발전과제로는 폭 넓은 제조 분야에 적용할 수 있도록 방법론과 가상 제조 시스템을 다듬어 나아가야 할 것이다.

1차년도 연구의 결과로는 제조 시스템의 공법 설계 절차를 분석하여 ADOM 방법론 정립하였으며, 공정의 표준화를 위해서 표준 공정 자료를 수집하고 정립하였다. 그리고 현재 설치되어 있는 제조 시스템에 ADOM 방법론 적용 하고 방법론을 검증하였으며, 이렇게 검증된 ADOM 방법론과 Virtual Manufacturing Modeling 방법론을 혼용하여 LC 라인 설계하는데 큰 성과를 이루었다. 1차년도에 연구된 ADOM 방법론을 현장에 적용할 수 있도록 하기위해서 SADOMS 즉 ADOM의 PROTOTYPE를 개발하여 2차년도 연구의 원형이 되

도록 하였다.

2차년도 연구 방향은 SADOWMS를 개발하여 현장에 설치 및 적용하는 것이다. 세부 연구 내용은 SADOWMS 프로그램 모듈 개발(ADS, ACA, ADA 포함)과 표준 공정의 자료 정립, SADOWMS Data Base 개발, SADOWMS를 이용한 라인 설계 그리고 ADS, ACA, ADA 시스템을 현장에 설치하여 Test하고 활용하는 것이다.

예상 효과로는 최적 Line 설계, Line 설치 비용 절감 (최소기간, 최소비용), 제품 생산비 절감 (최적인원, 최적공정분배), Line 설치 T/O 시간 절감 (50%이상), 표준화 (공정표준, 장비표준, 시간 표준), ECO에 최단기, 최소비용으로 대응, 라인 설계 전문 기술 배양 및 축적, 유연 Common Line설계 외에도 부가적으로 얻을 수 있는 효과가 추가 될 것이다.

감 사

본 연구는 "과학기술부-한국과학재단 지정 울산대학교 기계부품 및 소재 특성평가 연구센터"의 지원에 의한 것입니다

참고문헌

- [1] Hubert K Rampersad Concentric Design of Robotic Assembly System Journal of Manufacturing System Vol. 14 /No.4 1995
- [2] Liang-Hsuan Chen and Yiau-Hweui Chen A Computer-Simulation-Oriented Design Procedure For a Robust and Feasible Job Shop Manufacturing System Journal of Manufacturing System Vol. 14 /No.1 1995
- [3] Nam P. Suh Design of System Annals of the CIRP Vol.46/1/ 1997
- [4] Deneb's Digital Manufacturing Products <http://www.deneb.com/products/dssp.html>