

# 시뮬레이션과 AHP/DEA를 이용한 반도체 부품 생산라인 개선안 결정

김동수 · 박철순 · 문덕희<sup>†</sup>

창원대학교 산업시스템공학과

## Determination of New Layout in a Semiconductor Packaging Substrate Line using Simulation and AHP/DEA

Dong Soo Kim · Chul Soon Park · Dug Hee Moon

Department of Industrial and Systems Engineering, Changwon National University

The process of semiconductor(IC Package) manufacturing usually includes lots of complex and sequential processes. Many kinds of equipments are installed with the mixed concept of serial and parallel manufacturing system. The business environments of the semiconductor industry have been changed frequently, because new technologies are developed continuously. It is the main reason of new investment plan and layout consideration. However, it is difficult to change the layout after installation, because the major equipments are expensive and difficult to move. Furthermore, it is usually a multiple-objective problem. Thus, new investment or layout change should be carefully considered when the production environments likewise product mix and production quantity are changed. This paper introduces a simulation case study of a Korean company that produces packaging substrates(especially lead frames) and requires multi-objective decision support. QUEST<sup>®</sup> is used for simulation modelling and AHP(Analytic Hierarchy Process) and DEA(Data Envelopment Analysis) are used for weighting of qualitative performance measures and solving multiple-objective layout problem, respectively.

**Keyword:** multiple-objective layout problem, semiconductor process, simulation, capacity, layout, AHP, DEA

### 1. 서론

날로 다양해지는 고객의 요구사항에 효과적으로 대응하고 제조경쟁력 향상을 위해 제조업체에서는 리드타임 단축, 적정재고 산정, 작업자 부하율 향상, 설비효율 향상 등 여러 가지 활동을 전개하고 있다. 그 결과 생산라인의 증설, 변경, 축소 등과 같은 Layout 변경에 대한 요구사항이 수시로 발생하고 있다. 특히 반도체 산업과 같이 고가의 생산설비가 투입되는 장치산업의 경우 투자비가 크며, Layout의 변경도 쉽지 않기 때문에 보다

세밀한 분석이 필요하다. 예를 들어 반도체 부품 공정의 경우 많은 공정들이 크린룸(Clean Room)에서 수행되기 때문에 잘못된 의사결정은 향후 공정간 설비 이설에 제약을 주며, 재투자에 대한 기회 손실까지도 발생된다. 따라서 단위공정부터 신규공장 설립까지 장기적인 경쟁력 제고를 위한 투자 및 Layout 개선에 대한 의사 결정은 기업의 운명을 결정할 정도로 중요한 문제다.

하지만 실제 현장에서는 지표의 관리부서에 따라 각기 다른 지표를 사용하는 경우가 빈번하게 발생하기 때문에 서로 상충

<sup>†</sup>연락처 : 문덕희 교수, 641-773 경상남도 창원시 의창구 창원대학교로 20 창원대학교 산업시스템공학과,

Fax : 055-266-4464, E-mail : dhmoon@changwon.ac.kr

투고일(2011년 11월 01일), 심사일(1차 : 2011년 12월 12일), 게재확정일(2011년 12월 12일).

되는 의사결정을 내리기도 한다. 예를 들어 국내 A사의 경우 생산량(Throughput), 리드타임(Lead Time), 설비효율, 투자비(Investment Cost), 물류의 용이성, 라인의 확장성 등을 고려하여 의사결정을 내리고 있다. 예를 들면, 라인최적화를 위한 설계 시의 사결정을 내리기 위해 생산부서에서는 생산량과 물류적인 측면, 영업부서에서는 제품의 리드타임, 기술부서에서는 설비효율, 재무부서에서는 투자비용, 생산관리에서는 라인의 확장성 등을 고려한다. 이처럼 라인설계의 추진부서에 따라 각기 다른 지표를 기준으로 사용하므로 해당부서의 입장에서 의사결정을 내리는 경우가 많다.

복잡한 실제 생산현장의 Layout 변경을 위해 가장 효과적이고 합리적인 방법은 시물레이션(Simulation)을 이용하는 방법이다. 시물레이션을 이용하면 의사결정에 필요한 다양한 평가지표들을 정량적인 값으로 얻을 수 있으며, 여러 가지 대안에 대해 정량적인 지표 값들을 상호 비교할 수 있다. 본 연구의 적용 대상인 반도체 산업은 여러 가지 공정으로 이루어지는데 타 공정에 비해서 매우 복잡하고 자본 집약적인 공정이다. 이런 제조공정은 생산공정 또한 복잡하므로 수리적 모델링으로는 한계성이 있다. 즉 생산과정에서 요소들 사이의 충돌, 시스템의 존도와 변칙적 사건 등의 불확실한 세계는 시물레이션 기법을 사용하여 구성요소의 변화에 따른 성능 분석을 쉽게 할 수 있다(Wein, 1992, Han *et al.*, 2005).

반도체산업을 대상으로 시물레이션을 활용한 많은 연구들이 수행된 바가 있는데 Lee(2001)는 반도체 생산관리에 관한 연구를 ① 공급사슬경영의 관점에서 고객의 주문과 연계된 생산 및 유통을 효율적으로 운영하기 위한 생산계획 및 수배송에 관한 연구, ② FAB(Fabrication), Probe, 조립, 테스트 공정을 개별적으로 접근하여 각 공정의 일정관리, 물류, 생산능력 분석에 관한 연구, ③ 소단위의 공정그룹이나 설비그룹에 대한 자동화 설계, 작업장 통제, 실시간 스케줄링에 관한 연구와 같이 크게 세 가지로 분류하였다. Dayhoff(1984)은 웨이퍼가공 공정에 대해 시물레이션을 이용한 분석을 수행한 바가 있으며, Moon *et al.*(2009)는 본 논문의 대상인 반도체부품 제조공정을 대상으로 시물레이션을 수행한 결과를 발표하였다.

하지만 시물레이션만을 이용하여 최적 대안을 선정하는 과정에는 어려움이 있다. 그 이유는 시물레이션을 통하여 제시되는 정량적 평가지표의 단위가 서로 다르고, 실제 대안을 선정하기 위해서는 정성적인 요인도 고려해야 하기 때문이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 시물레이션과 다른 의사결정기법을 통합하는 방법론이 제시되었는데, 정성적인 요인을 고려하기 위해 사용하는 가장 대표적인 방법이 Saaty(1980)가 제시한 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법이다. AHP 기법은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의한 판단을 통하여 인간의 직감을 계량화하고 합리화시켜 주며, 문제를 분해해서 평가하고 이를 다시 종합하여 최종결정을 내리는 문제해결 구조가 인간의 논리적인 문제해결 구조와 유사하므로 현실에 실제로 적용하기가 용이하다(Saaty,

2001).

시물레이션과 AHP를 이용하여 의사결정을 수행한 연구에는 Xu *et al.*(2009)와 Xu *et al.*(2011)이 있다. Xu *et al.*(2009)에서는 반도체부품 생산공정을 대상으로 시물레이션과 AHP를 적용하였으며, Xu *et al.*(2011)에서는 자동차 부품 생산공정을 대상으로 시물레이션과 AHP를 적용하였다. 하지만 여러 가지의 시나리오(Scenario)에 대한 시물레이션 결과에 대해 AHP를 적용할 경우 시물레이션에서 얻어진 계량적 성과지표가 그대로 반영되지 않는 문제점이 발생한다. 그 이유는 AHP는 평가자들이 각각의 평가지표에 대해 시나리오별 선호도를 쌍대비교를 통하여 주관적으로 결정하기 때문이다. 따라서 평가지표의 값 차이가 미미하더라도 평가자의 선호도에 의해 값의 차이가 커질 수 있는 위험이 있다.

이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 시도된 방법이 AHP와 DEA(Data Envelopment Analysis)를 결합하여 사용하는 방법이다. DEA 기법은 Charnes *et al.*(1978)에 의해 제시된 분석평가기법으로, 선형계획법에 근거한 효율성 측정방법의 하나다. 이 방법은 주로 복수의 투입물과 산출물에 대해 직접적인 인과관계의 비교가 어려울 때, 조직단위의 상대적 성과를 측정하기 위하여 선형계획법을 사용함으로써 전통적으로 시스템의 효율성을 측정하기 위해 사용되었다(Cho *et al.*, 2003).

Sinuary-stern *et al.*(2000)은 AHP/DEA를 동시에 활용하여 의사결정을 위한 순위를 정하는 방법에 대해 발표하였으며, Yang and Kuo(2001)은 최적의 Layout을 찾기 위하여 시물레이션과 AHP/DEA를 동시에 활용한 논문을 발표하였다. 이 논문에서 AHP는 정성적인 평가지표를, DEA는 시물레이션에서 얻은 정량적인 평가지표를 고려하기 위해 사용하였다. 이 논문에서는 정성적인 평가지표를 계량화 하기위한 목적으로 AHP를 사용하였다. 하지만, 평가지표들 간의 중요도를 반영하지 않아서 의사결정 항목들에 대한 우선순위를 고려할 수가 없을 뿐만 아니라, 평가자에 의해서 정성적인 지표 값이 커질 수 있는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 이런 문제점을 보완하기 위해서 정량적인 평가지표와 정성적인 평가지표를 모두 포함하여 평가척도들 간의 중요도에 대한 가중치를 산출하여 비교할 필요가 있다. 이외에도 AHP/DEA를 동시에 활용하여 의사결정을 한 연구로는 Kim *et al.*(2008), Jang and Lee(2011) 등이 있다.

본 논문은 반도체 부품을 생산하는 국내 A사의 사례를 다루고자 한다. 이 회사에서는 반도체의 리드프레임(Lead Frame)을 생산하고 있는데 수요의 변화에 대비하여 새로운 설비 투자 및 공장 Layout 변경을 고려하고 있다. 이러한 상황에 대처하기 위하여 본 연구에서는 먼저 시물레이션을 이용하여 여러 가지 대안에 대한 계량적 지표의 값을 도출하고, 이 값들과 정성적 평가요인을 동시에 고려하여 최선의 대안을 선택하는 방법론을 제안한다. 즉, AHP와 DEA 방법을 사용하여 다기준 의사결정을 지원하는 방안을 제시하고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 다단계로 구성된 의사결정 방법론에 대해서 제안하였고, 제 3장에서는 연구대상 공정에 대해 기술하

였으며, 제 4장에서는 시물레이션 모델과 시나리오 설계 및 시물레이션 결과분석을 기술하였다. 제 5장에서는 AHP, DEA 기반의 다기준 의사결정 방법에 대해 기술하였으며, 마지막으로 제 6장에서는 결론과 추후 연구방향에 대해서 언급하였다.

## 2. 의사결정 방법론

기존의 일반적인 평가모형은 각 시나리오(DEA 방법론에서는 일반적으로 DMU(Decision Making Unit)라고 표기하고 있음)에 대한 성격 혹은 특성이 유사하다. 하지만 본 연구에서는 시물레이션을 이용하여 얻은 정량적인 평가지표와 정성적인 평가지표가 섞여 있어서 의사결정을 단순화시키기가 어렵기 때문에 <Figure 1>과 같은 다단계로 구성된 방법을 제안하였다.

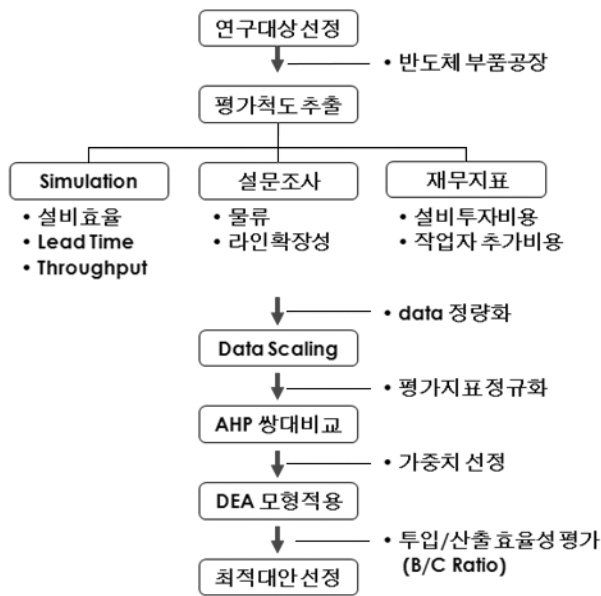


Figure 1. Process Flow of Suggested Method

1단계에서는 정량적인 지표 및 정성적인 지표를 도출한다. 먼저 시물레이션을 이용하여 각 시나리오에 대해 정량적인 평가지표 값을 얻는다. 시물레이션을 이용한 연구는 입력 데이터 수집 및 분포 도출, As-Is 모델 개발, 시물레이션 모델의 타당성 검증, To-Be 모델 도출, 실험계획 및 시물레이션 등의 순으로 진행된다. 본 연구에서 시물레이션을 이용하여 얻은 정량적 평가지표는 설비효율, 리드타임, 생산량의 세 가지로 결정하였다. 정성적인 평가지표로는 설문지를 이용한 물류의 효율성과 생산라인의 미래 확장성을 선택하였다. 마지막으로 시물레이션 과정에서 제안된 여러 시나리오를 현실화 시키는 데 필요한 설비투자비용과 작업자 증가에 의한 인건비를 투자비용이라는 재무적 지표로 선택하였다. 따라서 총 6개의 평가지표를 이용하여 시나리오에 대한 평가를 수행한다.

2단계는 AHP와 DEA를 이용하여 정량적, 정성적 기준이 모

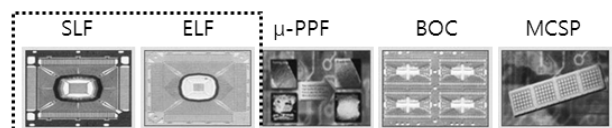
두 포함된 다기준 의사결정을 수행하는 단계이다. 일반적으로 AHP 방법론을 사용한다면 6가지 평가지표에 대해 전문가들의 설문조사와 쌍대비교를 이용하게 된다. 이 때 각 평가지표에 대한 가중치를 구하기 위해 1차로 쌍대비교를 하고, 각각의 평가지표를 기준으로 하여 시나리오 사이의 우월성을 결정하기 위해 2차로 쌍대비교를 실시한다. 이 과정에서 앞서 언급하였듯이 정량적인 지표값들은 단지 설문응답자의 중요도 평가를 위한 참고자료 역할만을 하게 된다. 따라서 본 논문에서 제안하는 방식에서는 각 평가지표별 가중치를 결정하는 단계에서만 AHP 방법론을 사용하고자 한다. 다음으로 정량적 및 정성적 지표값을 기반으로 DEA 방법론을 사용하여 각 시나리오의 우선순위를 결정한다. 정량화된 평가지표의 값을 DEA 모델에 사용하기 위해서는 스케일링(Scaling) 작업을 통해 평가지표 값을 정규화 시켜야 한다.

그리고 시나리오의 효율성 평가를 위한 변수들 간 가중치를 도출하기 위해 투입요소와 산출물에 대해서 쌍대비교를 하는 설문을 실시하였다. 투입요소, 산출물 변수들을 각각 쌍대비교 한 후, 쌍대비교 행렬로부터 각 변수의 상대적 중요도를 산정하였다. 마지막으로, AHP를 통해 도출된 가중치를 바탕으로 DEA 모델을 적용하여 상대적 효율성을 구할 수 있었다. 본 연구에서는 B/C Ratio를 도출하여 이를 기준으로 최적대안을 선정하는 방법론에 대해서 초점을 맞추었다.

## 3. 연구대상 공정

### 3.1 연구대상 제품

리드프레임은 반도체 칩(Chip)의 회로를 외부에 연결시키는 다리 역할을 하는 금속체의 골격 부품으로서 칩과 접착 부분에 접착성과 전기회로의 효율을 높이기 위하여 은(Ag) 등으로 도금을 한다. <Figure 2>는 국내에서 생산하고 있는 5종류의 리드프레임 제품군으로 본 연구에서는 SLF(Stamping Lead Frame)과 ELF(Etching Lead Frame)의 두 종류 제품을 생산하는 공장에 대해 검토하도록 한다(Moon *et al.*, 2009). SLF와 ELF 제품은 초기에 형상을 내는 공정을 스탬핑 공정을 사용하느냐 아니면 에칭 공정을 사용하느냐에 따라 구분된다.



본 과제의 대상제품

Figure 2. Types of Lead Frames

1개월간의 생산실적 기준으로 전체 품목수는 SLF가 179개 품목, ELF가 374품목이지만 공정 및 제품특성이 유사한 품목

들은 가급적 대표품목으로 묶어 선정하였다. 그 결과 <Table 1>에 제시된 바와 같이 SLF 61개 품목, ELF 56개 품목 등 총 117개 품목을 분석대상 대표품목으로 선정하였다. 전체 생산품목 종류 중 대표 품목이 차지하는 비중은 SLF 34.08%, ELF 14.97%로 ELF가 다소 낮다. 그 이유는 신규 개발품목의 경우 상당수가 ELF 제품군에 포함되었기 때문이다.

Table 1. Products and Production Quantities

항목	SLF	ELF
전체 품목 수	179종	374종
분석대상 대표품목 수	61종	56종
대표 품목수 비중	34.08%	14.97%
전체 생산량	222KKpcs	287KKpcs
대표품목 생산량	175KKpcs	155KKpcs
대표품목 생산량 비중	78.8%	53.97%

### 3.2 제조공정

반도체 부품 생산공정의 배치는 일반적으로 제품이 생산되는 순서대로 설비가 배치되는 흐름라인(Flow Line)의 형태를 따른다. <Figure 3>과 <Figure 4>는 각각 SLF와 ELF 생산을 위한 공정흐름이다. SLF는 A공장에서 생산이 되는데 <Figure 3>과 같이 스탬핑, 열처리, 도금, 컷-오프(Cut-off), 테이핑(Taping), 다운셋/업셋(Down Set/Up Set), 포장(Packing) 등의 공정으로 구성된다. 반면에 ELF는 B공장에서 생산되는데 B공장은 1, 2층으로 구성되며 1층은 배치(Batch)라인과 인라인(In-Line)으로 구성된다. 배치 라인은 <Figure 4>와 같이 각각 전처리, 노광, 에칭설비로 구성되어 있다. 반면에 인라인공정은 전처리, 노광, 에칭공정이 하나의 설비로 구성되어 있는 공정이다. 그 외에 도금라인과 컷-오프라인으로 구성되어 있다. 2층은 자동 검사라인, 후면테이핑(Back Side Taping), 그리고 포장라인으로 되어있다.

SLF 제품군의 경우 총 32가지의 공정경로가 존재하는데 짧은 것은 5개의 공정으로 구성되고 많은 것은 9개의 공정으로 구성된다. 반면에 ELF 제품군은 총 26가지의 공정경로가 있으며, 짧은 것은 5개의 공정으로 구성되고 많은 것은 11개의 공정으로 구성된다. <Figure 5>는 A, B 두 공장에 대한 공정별 Layout의 개략도이다. 여기에서 각 공정의 번호에 대한 상세한 설명은 생략하도록 하며 대략적인 공정명은 <Figure 3>과 <Figure 4>의 번호를 참조한다.

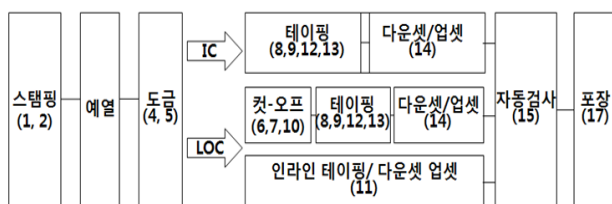


Figure 3. Processes of SLF(Factory A)

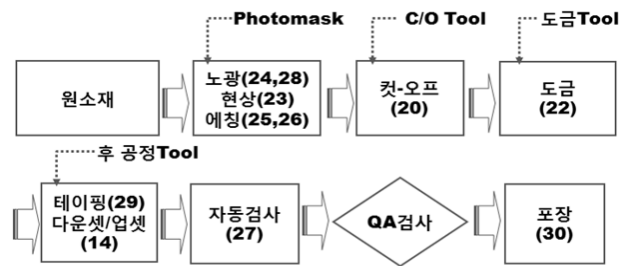


Figure 4. Processes of ELF(Factory B)

### 3.3 제품수율

반도체 제조의 수율관리는 많은 제조공정을 걸쳐 진행하기 때문에 복잡하고 어렵다. 특히 각 공정에서 발생된 작은 영향이 누적되어 최종 제품에 불량으로 나타나기 때문에 모든 공정의 수율을 반영하기에는 어려운 상황이다. 따라서 대상공정의 수율은 최종공정에서 반영하기로 하였다. SLF 제품군의 수율은 거의 모든 제품이 90% 이상 나오기 때문에 공정이 안정되어 있다고 할 수 있으나, ELF 제품군의 수율은 60%~90%대로 나오기 때문에 제품에 따라서 수율 상태가 다르다고 할 수 있다.

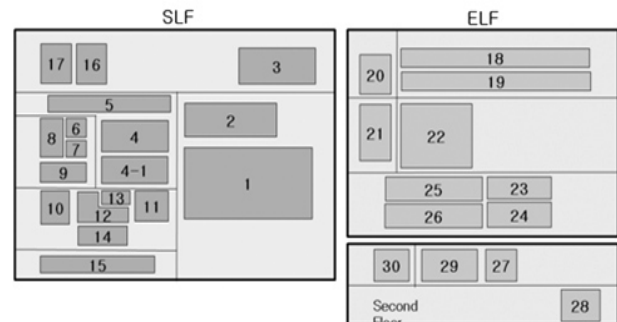


Figure 5. Layouts of Factory A and B

### 3.4 공정유실

공정유실은 <Table 2>와 같이 각 장비(Strand 단위)에 대해 독립적으로 적용하였다. 수리의뢰, 찍힘 검사(PIT Test), 시운전(Warming Up) 등과 같은 3가지 유형의 유실의 경우 장비가 운전중지(Shut Down) 되지만 별도의 관리자가 담당하기 때문에 작업자는 관여하지 않고 계속 작업을 수행하는 것으로 모델링하였다. A공장의 ST(Stamping), TD(Tandem)공정의 경우 Tool 수리에 대한 전산자료는 금형수리에 소요되는 전체시간을 반영한 것으로 판단되어 수리시간의 10%를 적용하기로 하였다.

A공장은 설비고장(수리의뢰), 설비고장(자주보전), 정기 약품교환, 임시 약품교환, Tool(부품)수리, 필터교체, 예열 및 시운전, 기종교체 등 8가지의 공정 유실을 적용하였다.

B공장은 설비고장(수리의뢰), 설비고장(자주보전), 재생/박리, 정기 약품교환, Tool(부품)수리, 부품교체, 공정품질조치, 찍힘



데 소요시간은 삼각분포를 이용하여 정의하였다. 하지만 포장(PK), 검사(VI) 공정은 수작업 공정이기 때문에 별도의 Loading, Unloading 시간은 반영하지 않았다.

#### 4. 시뮬레이션 시나리오 및 실험결과

##### 4.1 생산환경의 변화

본 연구에의 대상은 SLF와 ELF 두 종류의 제품군을 생산하는 공장으로서 다음과 같은 생산환경의 변화를 고려하고 있다. 먼저 SLF 제품군의 경우 'One Side Pad'라는 새로운 종류의 제품 6종을 신규로 생산하게 되었기 때문에 이를 위해 'One Side Pad'용 7개 라인을 추가로 도입하는 안이 수립되었다. 이 중에서 1개 라인은 기존라인을 개조하고, 6개 라인은 신규로 증설한다. 신규제품의 도입으로 SLF 전체 생산물량은 25%가량 증가할 것으로 예측되었다. 둘째, 기존에 뱃치작업을 하던 LOC 3열라인을 인라인으로 전환하는 계획이다. 인라인 대상은 3개인데 1개 라인은 기존라인을 개조하고, 2개 라인은 신규로 증설한다. 셋째, 기존의 TP(Taping), DS(Down Set)장비를 재배치하고, A공장과 B공장에서 공용으로 사용하던 14번 장비(<Figure 5> 참조) 일부를 B공장으로 이관하는 방안이다.

ELF 제품군의 경우 2가지 변화가 계획되었다. 첫째, 자체적인 설비대수의 증가로 B공장 2층에 있는 AVI(자동검사), TP(Taping), DS(Down Set) 장비를 1, 2, 3단계 확장한다. 둘째, A공장에서 공동으로 운영하던 장비를 B공장으로 이전하는 것으로 TP(Taping) 장비 7대, DS(Down Set) 장비 14대를 B공장 1층으로 이설하는 방안이다. 따라서 A공장과 B공장이 통합으로 운영하던 일부공정을 독립적으로 운영한다.

##### 4.2 평가지표 선정

합리적인 라인설계를 위한 대안선정을 위해서는 설계시 경제성, 편리성, 안정성, 유지관리 등 다양한 속성을 고려하여야 한다. 본 연구에서는 <Table 4>에서와 같이 4가지의 정량적 평가지표와 2종류의 정성적 평가지표를 선정하였다. 이 중에서 생산량, 리드타임, 설비효율은 시뮬레이션을 이용하여 값을 구하였으며 설비 투자비용은 추가로 투자되는 설비의 초기 구

Table 4. Performance Measures

데이터 구분	측정항목	측정방법
정량적 데이터	○ 생산량	○ 시뮬레이션
	○ 리드타임	
	○ 설비효율	○ 설비/작업자 추가비용
정성적 데이터	○ 물류	○ 정류화/교차물류/ 역물류
	○ 라인의 확장성	○ 설문조사

매비용만을 고려하고 운영비용 및 유틸리티(Uilities) 비용은 제외시켰고 작업자 추가비용은 작업자의 평균 연봉으로 계산하였다. 또한 물류 및 라인의 확장성은 의사결정 할 수 있는 부서장 3명의 설문조사를 통하여 평균으로 산출하였다.

##### 4.3 As-Is 분석

As-Is 분석은 제 4.1절에서 설명한 바와 같이 신규제품의 도입과 이에 따른 라인개편안을 반영하여 수행하였다. 시뮬레이션 모델은 QUEST™를 이용하여 개발하였고, 각 경우에 대해 5회의 반복 실험을 하였다. 시뮬레이션 시간은 Warmup 기간 1개월을 포함하여 2개월로 하였다. <Figure 7>은 반복한 실험 중에 한 가지 경우의 현상이다.

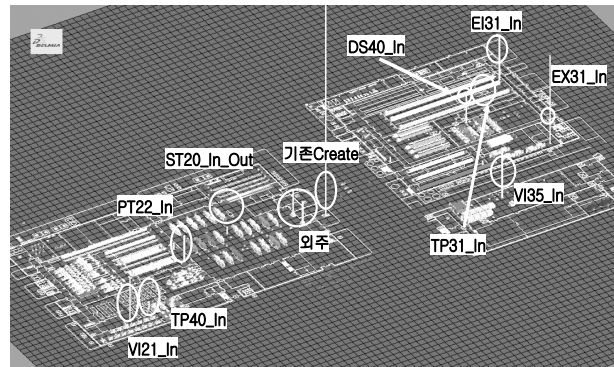


Figure 7. Snapshot of Simulation Model

라인변경에 의한 As-Is 시뮬레이션(Simulation) 실험에서 설비의 효율을 원인별로 분석한 결과는 <Figure 8>과 같으며, 작업자의 효율을 분석한 결과는 <Figure 9>와 같다. 이 때 그림에서 괄호안의 숫자는 한 공정에 설치된 동일한 장비의 대수, 혹은 한 공정을 담당하는 작업자 수를 의미한다. A공장에서는 외주에서 입고버퍼(Buffer), ST(Stamping)20, PT(Plating)22, TP(Taping)40, VI(Visual Inspection)21 공정이 애로공정으로 나타났으며, B공장에서는 DS(Down Set)40, TP(Taping)31, VI(Visual Inspection)35, EI(Etching Inline)32, EX(Exposure)31 공정이 애로공정으로 나타났다.

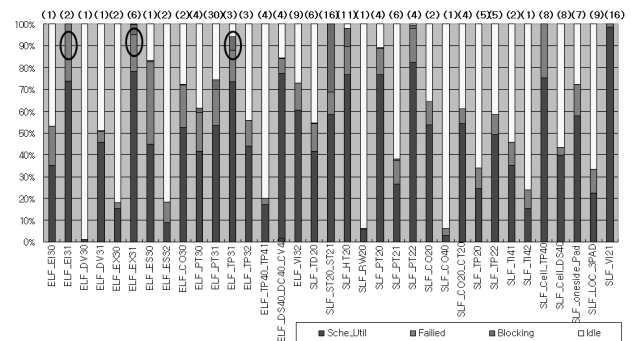


Figure 8. Machine Utilizations of As-Is Simulation

설비효율은 A공장은 전반적으로 다소 높아졌으나, B공장은 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 이에 대한 원인으로서는 A공장에서 신제품 생산을 위한 신규라인이 추가되면서 A공장에서 B공장으로 라인이설에 의한 부하가 발생한 것으로 분석되었다.

또한 A공장에서 작업하던 VI20의 육안 검사공정이 B공장의 VI35로 대체되면서 이 공정이 애로공정이 되어 주간작업에서 2교대 근무로 변경되므로 작업자가 증가되었다.

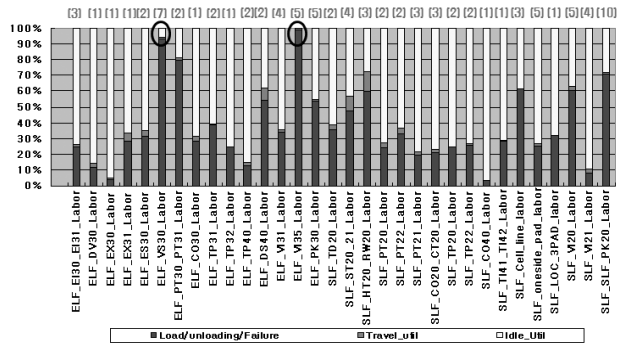


Figure 9. Worker utilizations of As-Is simulation

4.4 What-If 분석

신규투자를 하면 전체적인 생산량이 올라갈 것으로 예측을 하는 경우가 많으나 제품군에 따라서 공용으로 사용하는 설비와 전용으로 사용하는 설비의 비율에 따라 생산량이 달라진다. A공장에서 추가되는 제품군은 전용설비가 많은 것으로 분석되었다. 이에 대한 대책으로 <Figure 10>과 같이 5가지 시나리오에 대한 What-If분석을 실시하였다.

시나리오 1(S1)은 기존라인에서 B공장 VI(Visual Inspection)35 공정의 작업자를 주간 5명에서 2교대 5명으로 변경하는 것이고, 시나리오 2(S2)는 S1에서 A공장 VI(Visual Inspection)21의 장비를 4대 추가하였다. 시나리오 3(S3)은 S2에서 B공장에서 폐기한 TP(Taping)40 장비 1대를 A공장으로 이설하였으며, 시나리오 4(S4)는 S3에서 A공장 DS(Down Set)40 1대를 B공장으로 이설하는 것이다. 마지막으로 시나리오 5(S5)는 S4에서 B공장 VS(Visual Semi-Auto)30 공정의 작업자를 1명 추가하였다.

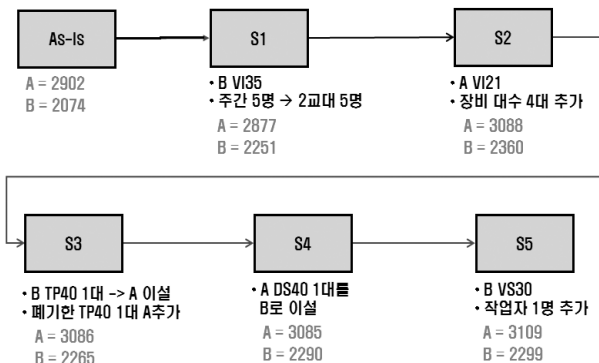


Figure 10. Scenario of Simulation

(1) 설비효율

설비의 부하효율을 관리하기 위한 가장 대표적인 지표의 하나인 OEE(OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)이다. 본 연구에서는 반도체 라인 특성상 공정 중간에 품질지표를 산출하기가 어려워 시뮬레이션의 설비효율(Utilization)은 식 (4)와 같이 정의하였다. 즉 설비효율은 설비종합효율에서 품질(Quality)의 영향을 제외한 것이 된다(Kim and Moon, 2011). 일반적으로 설비의 효율은 단위 장비에 대한 효율을 의미하는데 본 연구대상의 경우 병렬공정과 직렬공정이 혼합된 라인 형태를 가지고 있다. 따라서 어느 장비의 설비효율을 라인의 효율로 볼 것인가 하는 문제가 발생한다. 이에 대해서는 애로공정을 선택한다든가 아니면 최종 공정을 선택한다든가 하는 많은 방법론이 제시되고 있다(Braglia et al., 2009). 본 논문에서는 최종공정의 설비효율을 라인의 효율로 가정하였다. 이때 최종공정이라 함은 A공장의 PK(Packing)20과 B공장의 VI(Visual Inspection)35와 같이 순수 작업자 공정인 경우는 제외하고 설비가 투입되는 최종공정을 선택하였다. 따라서 A공장의 설비효율 기준은 VI21공정이며, B공장에서는 VI32를 기준으로 하였다.

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \quad (3)$$

$$설비효율 = \frac{성능가동시간}{조업시간} \times 100 \quad (4)$$

<Table 5>에 제시된 설비효율은 앞에서 언급했듯이 각 공장의 최종공정의 설비효율이다. <Figure 8>에 제시되어 있듯이 A공장의 VI21 공정 설비효율은 매우 높은 것으로 나타났으나, B공장의 VI32 공정 설비 효율은 60~66%인 것으로 판명되었다. 하지만 B공장의 생산량을 더 높이지 못하는 이유는 선행공정인 EI31, EX31 공정의 여유가 없기 때문이며 이들 설비는 추가로 용량을 늘릴 수 없다는 현실적 제약을 고려하여 더 이상 추가 분석을 수행하지 않았다. 따라서 VI32 공정의 용량을 9대에서 추가로 감소시킬 수 있는 가능성도 존재한다.

Table 5. Utilizations of Scenarios

공장	As-Is	S1	S2	S3	S4	S5
A공장(VI21)	98%	97%	95%	96%	95%	98%
B공장(VI32)	60%	65%	66%	65%	65%	65%
평균	79%	81%	81%	80%	80%	81%

(2) 리드타임

리드타임(Lead Time)은 A공장보다 B공장이 오래 걸리는 것으로 나타났다. 이는 스태핑보다 에칭공정이 까다로운 공정인 것으로 판단된다. 분석결과로는 <Table 6>에서 보는 바와 같이 S4가 가장 리드타임이 짧게 걸려 이상적인 것으로 나타났다.

(3) 생산량

생산량(Throughput)에 대한 실험결과 현재 제품군에서 신제

품을 추가하기 위하여 라인을 증설 시 5,144Lot 에서 4,976Lot으로 오히려 기존라인에 비해 3~4% 정도 생산량이 감소하는 것으로 나타났다. 이에 대한 대책으로 S1~S5까지 실험한 결과 <Table 7>과 같이 신제품라인 추가 대비 3~9%로 정도 생산량이 증가하는 것으로 나타났다. 생산량 역시 설비효율과 마찬가지로 S2가 SLF 3,088Lot, ELF 2,360Lot으로 총 합이 5,448Lot로 가장 높게 나타났다.

Table 6. Lead Times of Scenarios

(unit : minutes)					
공장	S1	S2	S3	S4	S5
A공장	738	698	741	709	742
B공장	1045	1049	1032	1026	1017
평균	892	873	986	868	879

Table 7. Throughputs of Scenarios

(unit : lot)						
공장	As-Is	S1	S2	S3	S4	S5
A공장	2,902	2,877	3,088	3,086	3,085	3,109
B공장	2,074	2,251	2,360	2,265	2,290	2,299
Total	4,976	5,128	5,448	5,351	5,375	5,408

(4) 투자비용

투자비용(Investment Costs)에 대한 산출결과 <Table 8>과 같이 S1이 215(백만 원)으로 가장 이상적인 것으로 나왔으며, S2는 설비효율 및 생산량은 가장 높게 나왔으나 이에 비해 1,067(백만 원)으로 S1보다 비용이 많이 투자되는 것으로 나타났다. S5는 S4보다 작업자 1명 추가에 대한 변화로 투자비용이 증가하였다.

여기에서 고려한 투자비용은 초기투자비용으로 작업자의 경우 연간비용, 설비의 경우 구입가격을 반영하였다. 즉 현금흐름을 분석한 연간가치(Annual Value)나 현재가치(Present Value)는 아니다. 하지만 기업 입장에서는 투자회수기간이 대형설비가 아닌 경우 투자회수기간이 1년을 초과하는 경우 투자를 꺼려하는 경향이 있으며, 신규 투자시 우선적으로 생각하는 것이 당장 투자비가 얼마나 들어가느냐 하는 것이기 때문에 초기 투자비용을 이용하는 것도 의미가 있다고 하겠다.

Table 8. Investment Costs of Scenarios

(unit : million ₩)		
시나리오	비용	추가항목
S1	215	B공장 VI35 작업자 5명
S2	1,067	S1에서 A공장 VI21 4대
S3	1,615	S2에서 A공장 TP40 2대
S4	1,868	S3에서 B공장 DS40 1대
S5	1,911	S4에서 B공장 VS30 작업자 1명

(5) 물류의 용이성과 확장유연성

각 시나리오에 대한 물류의 용이성(Easy of Material Flow)과 라인의 확장유연성(Flexibility of Expansion)을 평가하기 위해 의사결정할 수 있는 3명의 부서장에게 설문조사를 실시하였다. 중요도를 평가하는 척도는 9개의 등급으로 나눔으로써 유연성 있는 중요도를 산출 할 수 있었다. 물류분석에서는 라인의 정류화, 역물류, 교차물류 등 16개 관점에서 설문조사 결과 <Table 9>와 같이 S4의 점수가 가장 높았다.

Table 9. Easy of Material Flow

응답자	S1	S2	S3	S4	S5
설문지 1	2.88	3.50	4.75	6.63	6.50
설문지 2	2.75	3.88	5.75	6.13	5.75
설문지 3	3.50	3.63	5.50	6.13	6.13
평균	3.04	3.67	5.33	6.29	6.13

라인의 확장성에서는 재공 관리공간, 라인의 배치, Dock장(트럭 상하차 공간) 부하율 등 23개 관점에서 설문조사 결과 <Table 10>과 같이 S4의 점수가 가장 높았다.

Table 10. Flexibility of Expansion

응답자	S1	S2	S3	S4	S5
설문지 1	3.19	3.76	5.61	6.22	5.26
설문지 2	2.90	3.86	5.70	6.13	5.26
설문지 3	3.76	4.24	5.00	5.26	4.83
평균	3.29	3.95	5.43	5.87	5.12

5. AHP/DEA 분석

5.1 데이터 정규화

<Table 11>의 실험결과를 지금까지 데이터 수집한 것을 종합화 한 것이다. 실험결과와 같이 생산적인 측면에서는 설비효율과 생산량을 고려하여 S2가 가장최적인 것으로 선택할 수 있으며, 재무부서 측면에서는 비용을 고려하여 S1을 선택할 것이다. 또한 영업적인 측면에서는 리드타임만을 고려하여 S4를 선택할 수 있다. 이처럼 어느 것을 고려대상으로 선택하느냐에 따라서 최적안이 달라질 수 있기 때문에 특정지표만을 고려해서는 의사결정을 하기 어렵다.

<Table 11>과 같은 지표값을 DEA 모델에 반영하기 위하여 값의 척도(Scale)를 <Table 12>와 같이 정규화하여 동일한 척도에서 비교할 수 있도록 변경해 주어야 한다. 정규화 방법은 각 시나리오 데이터의 합을 기준으로 해당 공정 값으로 나누어 주었다. 즉, 전체 시나리오의 합은 100이 된다(Kim et al., 2008). 위와 같이 정규화 과정을 거쳐 제 5.2절에서는 AHP를 이용하



여 가중치를 선정하고 제 5.3절에서는 B/C Ratio 모형으로 효율성을 산출하여 최적 시나리오를 선택한다.

Table 11. Summary of Input/Output Data for DEA

요소	S1	S2	S3	S4	S5	
산출물	설비효율	81	81	80	80	81
	LT	892	873	986	868	879
	생산량	5,128	5,448	5,351	5,375	5,408
	물류	3.04	3.67	5.33	6.29	6.13
	확장성	3.29	3.95	5.43	5.87	5.12
투입 요소	설비	-	852	1,400	1,653	1,653
	작업자	215	215	215	215	258

Table 12. Scaled Input/Output Data for DEA

요소	S1	S2	S3	S4	S5	계	
산출물	설비효율	20.10	20.10	19.85	19.85	20.10	100
	LT	19.83	19.41	21.92	19.30	19.54	100
	생산량	19.20	20.40	20.03	20.12	20.25	100
	물류	12.44	14.99	21.81	25.72	25.04	100
	확장성	13.89	16.71	22.97	24.81	21.62	100
투입 요소	설비	-	15.33	25.19	29.74	29.74	100
	작업자	19.23	19.23	19.23	19.23	23.08	100

5.2 AHP에 의한 가중치 산출

평가척도의 중요도를 산정하는 방법으로 기하평균을 사용하였다. 기하평균은 각 평가자가 작성한 쌍대비교 행렬로부터 동일성분의 값을 기하평균하여 얻어진 값으로, 새로운 종합행렬을 만들고, 이 행렬로부터 고유치 방법을 이용하여 평가요소의 중요도를 계산하는 방법이다(Hannan, 1983). Saaty(2001)가 다수 평가자의 의견종합 방법으로 기하평균의 이용을 주장하는 가장 큰 이유는 기하평균법이 쌍대비교의 역수성질을 만족하는 유일한 방법이기 때문이다.

여러 속성에 대한 의사결정일 때는 각 속성의 상대적인 중요도를 모두 고려하여 중요도를 정하기가 어렵다. 따라서 AHP에서는 속성들을 두 개씩 뽑아 쌍대비교를 한다. 어떤 계층에 있는 한 기준(속성 또는 요소)의 관점에서 직계 하위 계층에 있는 기준들의 상대적 중요도를 평가하기 위하여 평가대상 기준들 간의 쌍대비교를 행하고, 그 결과를 행렬로 나타내는 과정이다. 쌍대비교의 과정에는 평가기준들에 대한 의사결정자의 선호(Preference) 정도를 먼저 어의적인 표현에 의해 나타내고 이를 계량화 한다. 이를 위해서는 신뢰할만한 평가척도가 필요한데, AHP에서는 <Table 13>과 같은 1에서 9까지의 수 또는 역수들로서 표현되는 Saaty(1980)가 제안한 1~9척도를 사용하였다.

Table 13. Scale for Comparison Matrix

중요도	Definition	Explanation
1	Equal Importance	동등하게 중요
3	Moderate Importance	약간 중요
5	Strong Importance	꽤 중요
7	Demonstrated Importance	아주 중요
9	Extreme Importance	절대 중요
2, 4, 6, 8	Intermediate Value	척도들의 중간값

숫자들의 역수 1, 1/2, 1/3, ..., 1/8, 1/9는 요소 a가 요소 b에 대해 위의 척도 중 하나인 n인 값을 가질 때 요소 b는 요소 a에 대해 1/n의 중요도를 갖는다.

쌍대비교는 한 단계에서 n개의 평가기준이 존재한다고 할 때, 먼저 이 단계에서는 쌍대비교 행렬 n×n행렬을 구성한다. 이 행렬에서 행 i와 열 j의 숫자는 i가 j보다 얼마나 중요한가에 대한 정도를 1~9척도에 의해 표현 한다. 여기서 요소 j와 비교한 요소 i는 a<sub>ij</sub>로 표시되며 a<sub>ij</sub> = 1/a<sub>ji</sub>이 된다. n개의 요소가 있다면 n(n-1)/2회의 쌍비교가 이루어지고, 다음과 같이 행렬이 구성된다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

여기서, a<sub>ij</sub> = w<sub>i</sub> / w<sub>j</sub>

(i번째 기준과 j번째 기준과의 비교값)

w<sub>i</sub> = 구하려는 판단기준

w<sub>j</sub> = 비교하는 판단기준

시나리오에 대한 평가척도는 투입, 산출물에 대해서 각각 실시하여 가중치 합이 1이 되게 하였다. 산출물을 대상으로 평가척도에 대한 산출 결과 <Table 14>와 같이 가중치가 산정되었다.

Table 14. Comparison Matrix of Performance Measures(Output)

구 분	설비 효율	LT	생산량	물류	확장성	기하 평균	가중치
설비효율	1	2	1/5	1/7	2	0.65	0.11
LT	1/2	1	1/2	2	2	1.00	0.17
생산량	5	2	1	2	3	2.27	0.38
물류	7	1/2	1/2	1	5	1.54	0.26
확장성	1/2	1/2	1/3	1/5	1	0.44	0.07
합계						5.90	1.00

반도체 부품 제조라인에서는 생산량이 0.38로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 물류부문이 0.26으로 높게 나왔으며 라인

확장성이 예상보다 낮게 나왔다. 이는 미래에 대한 투자보다는 현실이 더 중요하게 기업이 여기기 때문이다. 이유로는 반도체 산업은 다품종 소량생산으로 급변하기 때문에 라인확장성이 불투명하여 비중이 낮게 나온 것으로 판단된다.

투입물을 대상으로 평가척도에 대한 가중치 산출결과 <Table 15>와 같이 작업자가 0.83으로 설비보다 아주 높게 나타났다. 이와 같은 현상은 작업자 추가 후 성인화 과정에서 향후 노사문제로 발전될 수 있기 때문에 신중히 고려한다고 볼 수 있다.

Table 15. Comparison Matrix of Input

구 분	설비	작업자	기하 평균	가중치
설비	1	1/5	0.45	0.17
작업자	5	1	2.24	0.83
합계			2.68	1.00

평가척도에 대한 쌍대비교 결과 기하평균 산출식은 다음과 같다.

$$\text{설비효율} = (1 \times 2 \times 1/5 \times 1/7 \times 2)^{1/5} = 0.65$$

$$\text{LT} = (1/2 \times 1 \times 1/2 \times 2 \times 2)^{1/5} = 1.00$$

$$\text{생산량} = (5 \times 2 \times 1 \times 2 \times 3)^{1/5} = 2.27$$

$$\text{물류} = (7 \times 1/2 \times 1/2 \times 1 \times 5)^{1/5} = 1.54$$

$$\text{확장성} = (1/2 \times 1/2 \times 1/3 \times 1/5 \times 1)^{1/5} = 0.44$$

$$\text{설비} = (1 \times 1/5)^{1/2} = 0.45$$

$$\text{작업자} = (5 \times 1)^{1/2} = 2.24$$

기하평균을 가중치로 환산하면 다음과 같다.

$$\text{설비효율} = 0.65/5.90 = 0.11$$

$$\text{LT} = 1.00/5.90 = 0.17$$

$$\text{생산량} = 2.27/5.90 = 0.38$$

$$\text{물류} = 1.54/5.90 = 0.26$$

$$\text{확장성} = 0.44/5.90 = 0.07$$

$$\text{설비} = 0.45/2.68 = 0.17$$

$$\text{작업자} = 2.24/2.68 = 0.83$$

### 5.3 투입·산출변수에 의한 DEA 모형

DEA 분석에는 각 시나리오에 대한 평가척도를 정의 하고 AHP에서 정의한 가중치로 평가하여 효율성을 산출한다(Yang and Kuo, 2001). 즉 설비효율, 리드타임(Lead Time), 생산량(Throughput), 물류, 라인확장성의 5가지 산출요소로 정의하고 각 평가척도의 투자비용을 투입요소로 사용한다. DEA 분석 시 투입 요소는 투자비용 하나이므로 산출요소를 결정할 때 가격 요인이 중복적으로 들어가지 않도록 AHP 계층구조설계 시 고려하였다. <Figure 11>은 투입·산출요소를 도식화한 DEA 모델이다.

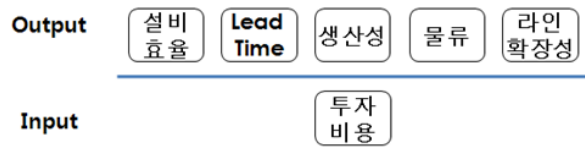


Figure 11. Structure of DEA Model

분석에 사용될 데이터는 시나리오별 평가척도로 정의하였다. 다음으로 비용측면의 효율성과 효과측면의 효율성에 대한 B/C Ratio를 구하여 그 비율이 높은 시나리오를 효율이 높은 대안으로 판단한다.

$$Max. E_k = \frac{\sum_{r=1}^s Y_{kr} U_{kr}}{\sum_{i=1}^m X_{ki} V_{ki}} \quad (5)$$

$E_k$  = 시나리오  $k$ 의 효율성

$U_{kr}$  = 시나리오  $k$ 의 산출물  $r$ 에 대한 가중치( $r = 1, 2, \dots, s$ )

$Y_{kr}$  = 시나리오  $k$ 의 산출물  $r$ 의 값( $r = 1, 2, \dots, s$ )

$V_{ki}$  = 시나리오  $k$ 의 투입요소  $i$ 에 대한 가중치( $i = 1, 2, \dots, m$ )

$X_{ki}$  = 시나리오  $k$ 의 투입요소  $i$ 의 값( $i = 1, 2, \dots, m$ )

Table 16. Results of DEA

평가 척도	산출물 ( $U_{kr} \times Y_{kr}$ )					투입요소 ( $V_{ki} \times X_{ki}$ )		B/C Ratio ( $E_k$ )
	설비 효율	LT	생산량	물류	확장성	설비	작업자	
가중치	0.11	0.17	0.38	0.26	0.07	0.17	0.83	-
S1	2.21	3.37	7.30	3.23	0.97	-	15.96	107.57
S2	2.21	3.30	7.75	3.90	1.17	2.61	15.96	99.60
S3	2.18	3.73	7.61	5.67	1.61	4.28	15.96	103.92
S4	2.18	3.28	7.65	6.69	1.74	5.06	15.96	103.75
S5	2.21	3.32	7.70	6.51	1.51	5.06	19.16	88.76

<Table 16>에서 각 시나리오의 산출물과 투입요소에 대한 값은 <Table 12>에서 얻어진 값에 각 평가척도의 가중치를 곱한 것이다. 이 때, 각 시나리오의 효율성  $E_k$ 는 아래 식과 같이 계산된다.

$$E_{S1} = \{(0.11 \times 20.10) + (0.17 \times 19.83) + (0.38 \times 19.20) + (0.26 \times 12.44) + (0.07 \times 13.89)\} / \{(0.17 \times 0.00) + (0.83 \times 19.23)\} = 107.57$$

$$E_{S2} = \{(0.11 \times 20.10) + (0.17 \times 19.41) + (0.38 \times 20.40) + (0.26 \times 14.99) + (0.07 \times 16.71)\} / \{(0.17 \times 15.33) + (0.83 \times 19.23)\} = 99.60$$

$$E_{S3} = \{(0.11 \times 19.85) + (0.17 \times 21.92) + (0.38 \times 20.03) + (0.26 \times 21.81) + (0.07 \times 22.97)\} / \{(0.17 \times 25.19) + (0.83 \times 19.23)\} = 103.92$$

$$E_{S4} = \{(0.11 \times 19.85) + (0.17 \times 19.30) + (0.38 \times 20.12) + (0.26 \times 25.72) + (0.07 \times 24.81)\} / \{(0.17 \times 29.74) + (0.83 \times 19.23)\} = 103.75$$

$$E_{S5} = \{(0.11 \times 20.10) + (0.17 \times 19.54) + (0.38 \times 20.25) + (0.26 \times 25.04) + (0.07 \times 21.62)\} / \{(0.17 \times 29.74) + (0.83 \times 23.08)\} = 88.76$$

위와 같이 계산한 값은 <Table 16>과 같이  $E_{S1} = 107.57$ ,  $E_{S2} = 99.60$ ,  $E_{S3} = 103.92$ ,  $E_{S4} = 103.75$ ,  $E_{S5} = 88.76$ 으로써 시나리오 1이 가장 최적안으로 선정되었다.

## 6. 결론

본 논문에서는 국내 A사의 반도체 부품 생산공장을 대상으로 생산환경의 변화에 대응하기 위해 라인 증설 및 재배치를 수행하기 위한 과정을 소개하였다. 이 과정에서 시뮬레이션을 수행하여 얻은 정량적 평가지표와 설문조사를 통해 얻은 정성적 평가지표를 통합하여 여러 가지 대안(시나리오)중에서 최적의 해를 찾는 다기준 의사결정 문제를 해결하기 위한 AHP/DEA 기반의 최적안 의사결정 방법론을 제안하였다.

국내 A사의 경우 제조라인 경쟁력 강화를 위해서 설비종합 효율, 리드타임(Lead Time), 생산량(Throughput), 투자비용, 물류, 라인확장성, 품질 등을 관리하고 있는데 이 중에서 품질을 제외 한 나머지 지표로써 라인 최적화에 대한 평가를 수행해 왔다. 그러나 이런 지표에 대해 투자를 기안하는 각 부서의 관점에서 다른 기준지표를 사용하고 있으므로 의사결정에 의해 선정되는 최적안이 달라질 수 있다. 즉, 실험결과 생산적인 측면에서는 설비종합효율과 생산량을 고려하여 S2가 가장 최적인 것으로 선택할 수 있으며, 재무부서 측면에서는 투자비용(Cost)을 고려하여 S1과 S2를 선택할 것이다. 또한 영업적인 측면에서는 리드타임만을 고려하여 S3을 선택할 수 있다. 이처럼 어느 것을 고려대상으로 선택하느냐에 따라서 최적안이 달라질 수 있기 때문에 특정분야만을 고려한 정량적인 지표만으로는 의사결정을 하기가 어려울 수 있다.

본 논문에서는 각 시나리오의 정량적, 정성적 다수의 지표를 동시에 고려하여 하나의 최적대안을 결정하기 위한 AHP/DEA 평가방법론을 제시하였다. 먼저, 시뮬레이션 실험, 재무비용 도출, 설문지 조사 등을 활용하여 평가지표 자료를 수집하고, 각 평가지표가 차지하는 중요도/비중이 다르기 때문에 동일선상에서의 비교를 위하여 AHP 방법론을 활용하여 각 평가지표에 대한 가중치를 산출하였다. 둘째, 다수의 평가기준으로 구성된 시나리오 간의 효율성 평가를 위해 DEA 기법을 활용하여 효율성 측면에서 최적의 대안을 결정할 수 있도록 하였다. 따라서 본 연구를 통해 기업의 입장에서 라인 증설 및 투자 고려시 정성적, 정량적 평가기준을 모두 포함하는 다기준 의사결정 환경에서 최적의 대안을 선정할 수 있는 방법을 제시하고 있다.

본 연구의 한계점으로는 시나리오간의 평가척도에 있어서 제조라인에 관한 요소만 고려했을 뿐 시장변화, 사외물류 등 대외적인 요소들은 고려하지 못했다. 또한 정성적인 요소의 평가기준 산출시 의사결정을 할 수 있는 관리자 계층에 대해

서만 설문조사를 하였다. 향후 연구방향으로는 대외적인 요소들을 포함한 다양한 평가척도를 개발하고, 전문가의 의견이나 좀 더 많은 계층을 통해 검증된 값을 산출하여 효율성 있는 의사결정 단위들에 대한 순위를 결정하기 위해서 시나리오의 평가척도인 투입물과 산출물 값에 각 가중치의 상·하한값을 가지는 DEA AR(Assurance Region)모형을 적용하여 분석할 수 있을 것이다. 또 다른 개선 착안점으로는 Braglia *et al.*(2009)에서 제시된 바와 같이 라인의 효율을 측정하는 새로운 방법론을 시뮬레이션 결과에 활용하는 것이다. 현실적으로 복잡한 생산라인의 공정 간에 불균형이 존재하는 경우 정량적으로 라인의 효율성을 평가하는 것은 쉽지 않은 문제다. 따라서 반도체 부품 생산라인에 적합한 평가방법을 연구할 필요도 있다.

## 참고문헌

- Braglia, M., Frosolini, M., and Zammori, F. (2009), Overall Equipment Effectiveness of a Manufacturing Line (OEEML) : An Integrated Approach to Assess Systems Performance, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 8-29.
- Cho, K. T., Cho, Y. K., and Kang, Y. S. (2003), Decision-making the leader's class analysis enemy who go first, Dong Ah publishing company.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978), Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Dayhoff, J. E. and Athrerton, R. W. (1984), Simulation of VLSI Manufacturing Areas, *VLSI Design*, 84-92.
- Han, Y. S., Park, D. S., and Lee, C. G. (2005), Standardization of a Simulation 300mm FAB Semiconductor Manufacturing, MASM 2005 3rd International Conference on Modeling and Analysis of Semiconductor Manufacturing, 111-118.
- Hannan, E. L. (1983), Fuzzy Decision Making with Multiple Objectives and Discrete Membership Functions, *International Journal of Man-Machine Studies*, 18, 49-54.
- Jang, H. D. and Lee, J. H. (2011), An Efficient Selection of Promising Technology Using DEA and AHP, *Korea Corporation Management Association*, 18(2), 67-85.
- Kim, D. S. and Moon, D. H. (2011), A Case Study of Comparing the Measuring Methods for Workloads of Resources in a Manufacturing Process of Semiconductor-Parts, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 20(3), 49-58.
- Kim, J. B., Kim, W. J., and Cho, N. W. (2008), An Efficiency Evaluation among Manufacturing Processes using Hybrid DEA/AHP Model, *IE Interfaces*, 21(3), 302-311.
- Lee, Y. H. (2001), Eastern Exposure of Production Management Study of Semiconductor industry, *Journal of the Korean Production and Operations Management Society*, 11(3), 85-110.
- Moon, D. H., Shin, K. W., Park, C. S., and Kim, D. S. (2009), A Manufacturing System Simulation of Semiconductor Packaging Substrate, *Proceedings of 2009 Spring SIM*, San Diego, U.S.A., 283-288.
- Saaty T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Saaty, T. L. (2001), Decision-Making with the AHP; Why is the Principal Eigenvector Necessary, *Proceedings of the Sixth ISAHP*, 383-396.
- Sinuaty-stern, Z., Meherz, Z., and Hadad., Y. (2000), An AHP/DEA Methodology for Ranking Decision Making Units, *International Transactions in Operational research*, 7, 109-124.
- Wein, L. M. (1992), On the relationship Between Yield and Cycle time in Semiconductor Wafer Fabrication, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufactu-*

ring, 5(1), 156-158.

Xu, T., Moon, D. H., Park, C. S., and Zhang, B. L. (2009), A Simulation Study on the Manufacturing Process of Semiconductor Parts Using AHP, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 18(2), 65-75.

Xu, T., Moon, D. H., and Baek, S. G. (2011), A Simulation Study Integrated

with Analytic Hierarchy Process (AHP) in an Automotive Manufacturing System, *Simulation*, in printing (Online available on May 23, 2011).

Yang, T. and Kuo, C. (2001), A Hierarchical AHP/DEA Methodology for the Facilities Layout Design Problem, *European Journal of Operational Research*, 147(1), 128-136.



**김 동 수**

창원기능대학 전자공학과 학사  
 창원대학교 경영학과 석사  
 창원대학교 산업시스템공학과 박사과정  
 현재 : 삼성테크윈 근무  
 관심분야 : 시물레이션, 공정최적화,  
 투자분석



**박 철 순**

성균관대학교 산업공학과 학사  
 POSTECH 산업공학과 석사  
 POSTECH 산업공학과 박사  
 현재 : 창원대학교 산업시스템공학과 부교수  
 관심분야 : 산업정보, 예지보전, RFID/USN  
 응용



**문 덕 희**

한양대학교 산업공학과 학사  
 KAIST 산업공학과 석사  
 KAIST 산업공학과 박사  
 현재 : 창원대학교 산업시스템공학과 교수  
 관심분야 : Facilities Planning, Simulation 응용