

# BPR 방법론에 기반한 중소 PCB 제조업체의 MES 구축 전략과 효과분석

김건연<sup>1</sup> · 진유의<sup>1</sup> · 노상도<sup>1\*</sup> · 최상수<sup>2</sup> · 조용주<sup>2</sup> · 최석우<sup>2</sup>

<sup>1</sup>성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 / <sup>2</sup>한국생산기술연구원

## Implementation Strategy and Effect Analysis of MES for a Small and Medium PCB Production Company based on BPR Methodology

Gun Yeon Kim<sup>1</sup> · Yoo Eui Jin<sup>1</sup> · Sang Do Noh<sup>1</sup> · Sangsu Choi<sup>2</sup> · Yong Ju Jo<sup>2</sup> · Seog Ou Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

<sup>2</sup>Korea Institute of Industrial Technology

Manufacturing enterprises have been doing their best endeavors to obtain competitiveness using various methodologies, such as information technology. In order to achieve competitiveness, they are adopting manufacturing execution system (MES). MES is a total management system that manages from the beginning of the production by product order until the quality inspection of the finished product. And MES is an inter-mediator for supplementation of information gap between ERP and inspection machine and equipment. This paper describes on establishment of effective strategy based on BPR methodology and implementation of MES small and medium PCB manufacturing company with multiple-types of products and mixed process flows. And then we proposed evaluation model based on balanced score card (BSC) for considering non-finance elements as well as finance elements. With evaluation model, we analyzed benefits and effects of MES.

**Keyword:** MES(Manufacturing Execution System), BPR(Business Process Re-engineering), Balanced Score Card(BSC)

### 1. 서론

급변하는 시장환경속에서 기업의 경영 환경을 정확하게 예측하고, 신속히 대응하기란 쉽지 않다. 이러한 상황에 대처하는 동시에 경쟁력을 확보하기 위한 방안으로 기업에서는 정보시스템을 기업 경영에 도입하고 있다(Kim *et al.*, 2008). 이러한 정보시스템을 기반으로, 기업에서는 제품의 생애 주기 상에 존

재하는 데이터와 정보의 통합을 이루기 위한 노력을 하고 있다(CIMdata, 2006). 정보 관리를 위해 기업에 도입되는 정보시스템으로써 Enterprise Resource Planning(ERP), Product Lifecycle Management(PLM) 등을 예로 들 수 있다.

또 한편으로는, 정보시스템 간의 정보를 신속히 공유하여 의사결정에 도움을 주고, 생산현장에는 빠른 정보 획득과 처리하여 효율적이고 종합적인 정보 관리를 지원할 수 있는 환경

본 논문은 중소기업청이 지원하는 생산환경혁신기술개발사업, “PCB 제조 공정개선을 위한 맞춤형 제조 실행시스템 개발” 과제와 지식경제부가 지원하는 국가플랫폼기술개발사업, “맞춤·보급형 제조실행(c-MES) 플랫폼 기술 개발(과제 번호 : 10033159)”의 지원으로 이루어졌습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

\*연락처 : 노상도 교수, 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300, 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과,

Fax : 031-290-7610 E-mail : sdnoh@skku.edu

투고일(2010년 11월 02일), 심사일(1차 : 2011년 02월 24일, 2차 : 2011년 04월 28일), 게재확정일(2011년 05월 02일).

을 구축하기 위한 Manufacturing Execution System(MES)을 기업에서 도입하게 되었다(Kim *et al.*, 2006).

제조 실행 시스템(MES)은 계획 시스템 과 현장의 제조 또는 검사 장비, 설비들 사이의 정보 차이를 보완해 주는 기능을 수행함으로써 계획 시스템과 제어 시스템과의 사이에서 시스템 간의 정보를 이어 주는 가교 역할을 한다고 할 수 있다. 즉, MES는 공장 운영에 필요한 기능들의 집합체로서, 현장에서 발생하는 이벤트에 중점을 두어 실시간 현황 파악, 계획된 작업의 수행 및 관리, 품질 관리 등을 수행하는 시스템이다(Lee *et al.*, 2004).

그러나 MES는 주로 대기업 중심으로 도입되어 왔기에, 중소기업의 기업환경, 인력, 정보 기반, 현장관리력 등에서 대기업에 비교하여 많은 차이가 있다. 따라서 대기업 위주로 적용하고 있는 각종 MES 도입 방법론을 그대로 중소기업에 적용하기는 어려운 상황이다(Park *et al.*, 2009).

이에 따라서 본 논문에서는 중소 PCB 제조 기업의 효과적인 MES 구축과 도입을 위해서 Business Process Reengineering (BPR) 방법론을 적용하였다. BPR 방법론을 기반으로 중소 PCB 제조 산업에 적합한 MES의 구축과 현장 적용을 위한 To-be 프로세스 및 MES 대응 전략을 수립하고자 하였다. 그리고 구축된 MES에 대한 효과를 분석하기 위해서 Balanced Score Card (BSC) 기반의 평가 모형을 제안하고, 이를 바탕으로 MES의 평가 및 구축 효과를 분석하였다.

## 2. 이론적 배경

MESA는 MES를 다음과 같이 정의를 하였다. “MES은 주문에서 최종 제품에 이르는 생산 활동을 최적화 할 수 있게 정보를 제공한다. MES는 현재 그리고 정확한 데이터를 사용하여 발생한 공장 활동을 안내하고 시작하고 응답하고 보고한다. 상황(조건)을 변경시키는 효과적인 빠른 응답은 부가 가치 없는 활동들을 줄이고 효과적인 공장의 운영 및 처리를 유도 한다. MES는 정시 인도, 재고 순환, 총 수익과 현금 흐름 뿐만 아니라 운영 예산의 회수를 개선시킨다. MES는 전사적인 생산 활동과 양방향 통신을 통하여 공급망에 대하여 중대한 정보를 제공한다”(MESA international, 1997). 또한 MES는 비즈니스 모델과 시스템의 통합모델로써 2002년 IEC/ISO 62264으로 국제 표준으로 채택되었다(Joo, 2008). MES는 다양한 기능으로 구성되어 있고, 다른 여러 정보시스템과 연계된 것을 보여준다. MES 기능과 여러 정보시스템 간의 연계에 관한 정의는 <Figure 1>과 같다.

MES는 MESA에서 정의한 다음의 11가지 주요 기능을 처리하는 모듈을 가지고 있다(MESA, 1997).

- 작업/상세 계획(Operations/Detail Scheduling)
- 자원 할당 및 상태 정보(Resource Allocation and Status)
- 생산 유닛의 분배(Dispatching Production Units)

- 문서 관리(Document Control)
- 제품 추적 및 계통(Product Tracking and Genealogy)
- 성과분석(Performance Analysis)
- 작업자 관리(Labor Management)
- 유지 보수 관리(Maintenance Management)
- 공정 관리(Process Management)
- 품질 관리(Quality Management)
- 데이터 수집(Data Collection/Acquisition)

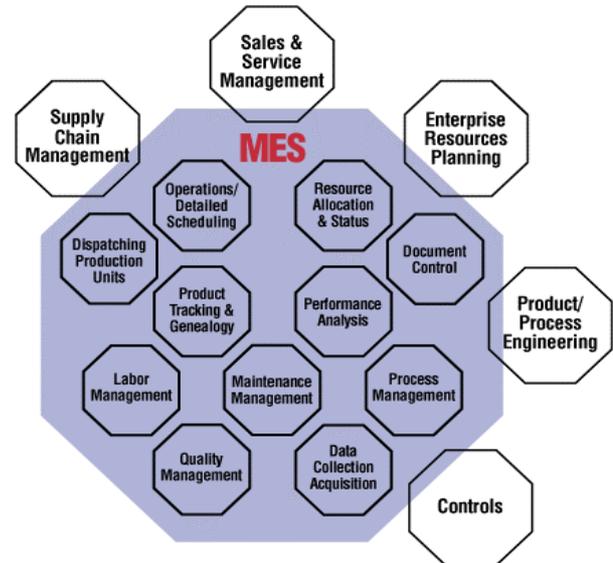


Figure 1. MES function model(MESA, 1997)

MES의 주요 구축 유형은 Logic과 Event 처리 기반의 중요 기능을 Component화하여 구축하는 Adaptive MES 방식과 표준 아키텍처 및 프레임워크를 기반으로 제어/운영/비즈니스 계층을 구성하는 Standardized MES 방식으로 분류할 수 있다. 그러나 최근에는 제조환경과 정보통신기술의 급속한 발전과정에서 각각의 유형과 기술 환경에 맞는 MES 시스템의 구축에 대한 체계적인 접근과 방법론이 필요하게 되었다(Joo, 2007). 이로 인해서 기존의 다양한 연구들에서 중소기업에 적합한 MES 구축 방법론을 제안하였는데, 대기업과 중소기업과의 업무 환경 차이 및 중소기업의 문제점을 분석하여 이를 바탕으로 중소 업체의 MES 도입 시 구축 프로세스를 제안한 바 있다(Part *et al.*, 2009).

그러나 본 논문에서는 MES 구축에 관한 일반적인 방법론 제안보다는 중소 업체가 처한 문제 해결에 초점을 맞추어, BPR 방법론을 기반으로 문제점을 파악하고 MES 기능을 기반으로 개선 방안을 수립하는 MES 구축 방법론을 제시하고자 한다.

## 3. MES 구축전략 수립 및 적용

BPR 방법론은 비용, 품질, 서비스와 같은 기업의 핵심 성과에 대한 혁신적인 향상을 이루기 위해 업무 프로세스를 근본적으

로 평가, 재설계하고 불필요한 프로세스 및 업무들을 제거하여 궁극적으로 기업의 경쟁력 강화를 추구하는 경영 혁신 운동이다(Kim *et al.*, 2005).

일반적으로 PCB 제조 기업은 납품회사, 제품 사양에 따라서 생산 품목이 다양하며, 제품 특성상 대부분 수요처의 주문에 의해 생산이 이루어진다. 또한 납품기간이 짧아 공정관리 효율성 역시 경쟁력의 중요 요소이다(Korea Information Service, 2007).

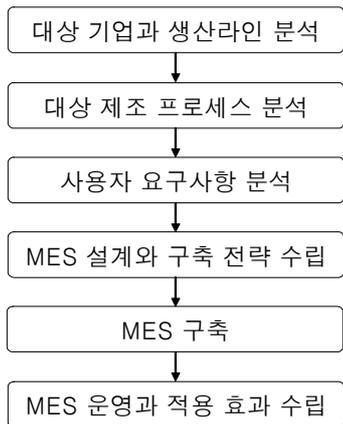


Figure 2. Implementation Strategy of MES Based on BPR Methodology

<Figure 2>는 본 논문에서 제안하는 BPR 방법론 기반의 MES 구축 전략을 보여준다. 각 단계별 수행 업무와 중소 PCB 제조업체를 대상으로 진행한 MES 설계, 적용과 효과 분석 과정은 다음과 같다.

### 3.1 대상 기업과 생산라인 분석

본 논문에서 대상으로 하는 업체는 PCB 기판을 주로 생산하는 중소 제조 기업으로서, 주문자의 요청에 의해 제품 생산을 하는 다품종 소량생산을 하는 기업이다. 월 평균 생산량은 약 65,000개 정도이며, 라인 당 일일 생산량은 평균 1,500개 내외이다. 대상 사업장의 주요 제조 공정은 SMT 공정, 자삽 공정, 수삽 공정, Auto Soldering 공정, Retouch 공정, 검사 및 포장 공정으로 구성되어 있다.

대상 기업의 문제점과 PCB 제조 프로세스를 분석을 진행한 결과, 대상 공장에서 분석된 문제점은 <Table 1>과 같이 과다 재공품, 정보 취합, 납기, 비용에서 주요 문제점이 도출이 되었다. 특히 재공품 재고 관리 부분의 문제는 비용적인 문제까지 유발하는 것으로 파악되었다.

### 3.2 대상 제조 프로세스 분석

본 연구에서는 제조 프로세스를 분석하기 위해서 IDEF 방법론을 이용하였다. IDEF 방법론을 이용하여 분석한 대상공장의 PCB 제조공정의 흐름은 <Figure 3>과 같다. <Figure 3>에서는 일반적인 PCB 제조 프로세스의 투입물, 결과물, 필요 정보, 생산 환경 분석에 관한 것을 보여준다.

그러나 생산 흐름 분석 결과는 <Figure 4>에서 보는 것처럼 제조 공정이 정형화되지 않았다. 이는 다품종 소량 제품에 유연하게 대응하기 위한 것이다. 이러한 특성 때문에 본 PCB 제조 공정 분석에서는 각 세부 공정마다의 주요 관리 내역 분석에

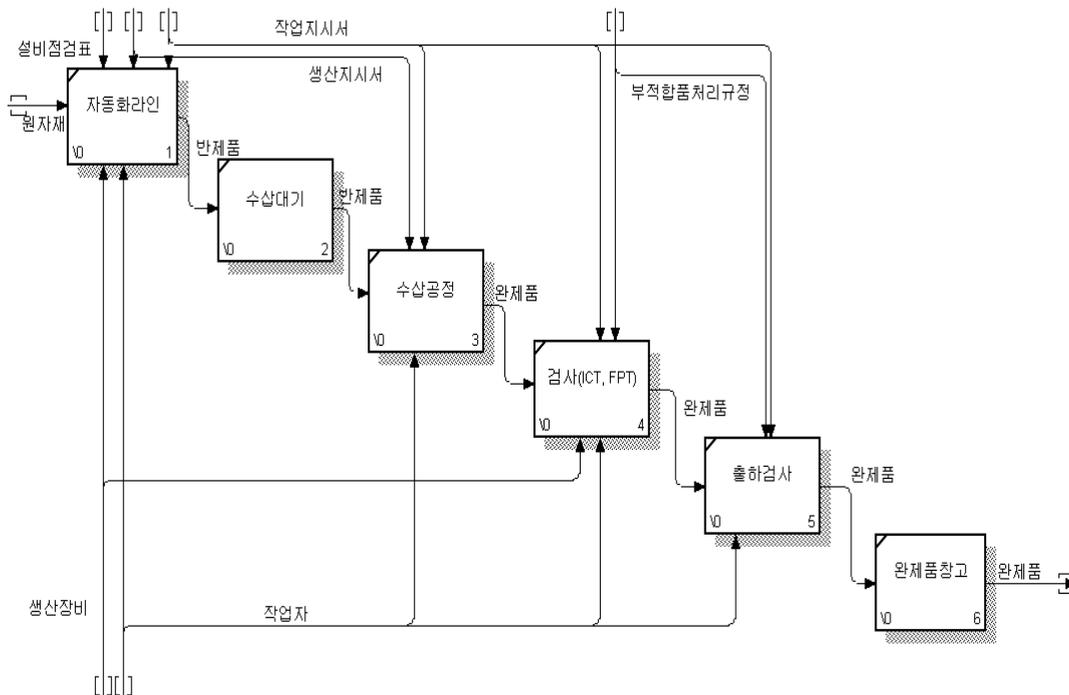


Figure 3. As-is production process

초점을 두었다. 따라서 각 공정의 관리항목, 관리기준, 관리주기, 관리방법을 분석함으로써 현장 제조 프로세스 상의 관리 내역과 현재 관리 방법에 대한 As-is를 분석 하였다.

<Figure 5>와 <Figure 6>은 대상 공장에 대한 개별 생산 공정의 관리 항목, 관리 기준 등을 분석한 결과물을 보여준다.

Table 1. Analysis of Problem

문제점	상세 내역
과다 재공품	· 고객사 JIT 생산 대응 위한 반제품 형태의 재공품 과다 보유
불량 정보 취합	· 생산 진행과정에서 발생하는 불량 정보 취합의 어려움 · 불량 정보 기록관리(담당자 수기) · 작업자에게 검사와 생산이외의 추가적인 기록 관리 요구 어려움
납기	· 고객사는 3일 납기를 가지는 45가지 모델의 납품 요구
비용	· 생산관리 부서는 3일치 생산을 위한 부품을 생산 부서로 전달하지만, 생산부서에서는 1일치 생산 후 잔여 2일치 부품에 대한 관리가 이루어지지 않고 있음

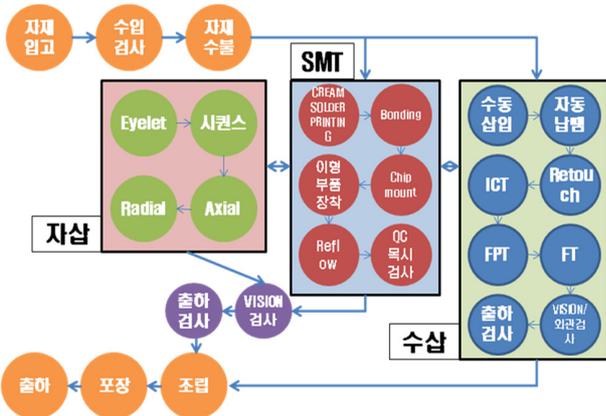


Figure 4. Analysis Result of Production Flow

분석 대상	수납라인
공정명	표준 마운터
공정 분석 결과	
<ul style="list-style-type: none"> <li>전원 ON</li> <li>Program open</li> <li>가구 setting</li> <li>Feeder장착</li> <li>Mounting</li> <li>Mount확인</li> <li>Offset보정</li> <li>작업계시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리항목 - Chip 장착 전 카세트 부품 확인</li> <li>- 탑재부품 정수</li> <li>- 사용부품 이력</li> <li>- 설비보전관리</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리기준 - 기록관리- 매 LOT</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리주기 - 결점을 관리 SHEET</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리방법 - PCB별 조건 및 샘플 검사기록표</li> <li>- 설비보전기록표</li> </ul>

Figure 5. Result of Workflow Analysis(1)

분석 대상	자삽라인
공정명	Axial 공정
공정 분석 결과	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Table측 Loader Setting</li> <li>Roll장착시 Center확인</li> <li>Lot수장 확인후 Magazine준비</li> <li>Program 입력 (pc 카운터)</li> <li>첫 좌표수정 또는 차용 좌표 가중</li> <li>샘플링 1회후 Program과 대조</li> <li>이상없으면 20여장 진행</li> <li>부품 Lead길이 및 각도 확인 후 anvil setting</li> <li>전체 좌표 미세 수정</li> <li>본 Lot진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리항목 - 부품배치와 삽입 상태 확인</li> <li>- Sampling-&gt;프로그램 확인</li> <li>- 부품길이, 클린치 각도확인</li> <li>- 좌표, 도면 확인</li> <li>- 설비보전확인</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리기준 - 부품배치 List이상유무 확인</li> <li>- 도면, 길이 확인</li> <li>- 설계변경사항 적용여부확인</li> <li>- 공정 진행 sheet확인</li> <li>- 일상점검표확인</li> <li>- Clinch길이:2mm ± 0.5mm</li> <li>- 각도 : 30 ~ 45도</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리주기 - 기록 관리 - 작업 시</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>관리방법 - 작업일보</li> <li>- 설비 일상점검표</li> <li>- 관련도면확인</li> </ul>

Figure 6. Result of Workflow Analysis(2)

3.3 사용자 요구사항 분석

PCB 제조 공정 분석을 실시한 후에 사용자 요구사항에 관한 분석을 실시하여, 구축할 MES에 반영되어야 할 요소들을 분석 하였다. MES 구축 과정에서 전반적인 요구 사항으로써 앞서 언급한 정보 취합 문제의 개선이 필요한 것으로 분석이 되었다. 라인 내의 재공품 재고와 완제품 창고로 입고되는 제품의 수량 관리의 개선이 필요한 것으로 파악되었다. 또한 대상 기업은 Material Requirement Planning(MRP) 시스템이 구축되어 있으나 현장 데이터와의 불일치로 인한 정보관리의 미비 등을 해결해야 할 필요가 있었다. 그리고 작업자의 생산 작업에 영향을 가장 적게 미칠 수 있는 입력 도구 및 시험 장비를 사용과 측정 결과와 MES 데이터의 연결이 반드시 필요한 상황이었다.

라인분류	세부라인분류	요구사항	MES대응방안
자동화 라인	SMT 라인	SMT 실적 파악	LOT단위 확인
	자삽라인	자삽 실적 파악	LOT단위 확인
	출하검사 및 수리	불량률 파악	LOT단위 확인
수납 및 검사, 조립	수납대기	재공 재고 파악	LOT단위 확인
	수납라인	수납라인 현황파악	센서 이용 실적 파악
	ICT/FPT검사	제품 검사 이력 관리	검사 장비 시스템 연동
	FT검사	제품 검사 이력 관리	조립 바코드 확인 검사 결과 입력
	포장(조립)	라인 실적파악	모델 수량 실적 확인
	생산 지시에 따른 실적 확인	생산 지시에 따른 실적 확인	생산지에 따른 실적 확인
수리사무실	모델 수리 내역 확인	수리 후 불량 코드 입력	
최종출하 검사	-	이전 공정의 검사 내역 최종 확인	검사 LOT단위 양/불 판정
완제품 창고	-	입/출고 내역 확인	출하 분류(Invoice, 거래 명세서, 기타 출하)에 따른 수량 확인

Figure 7. Requirements Analysis and Counterplan

즉, 기존에는 생산현장관리를 위한 시스템의 부재로 대부분의 관리가 수기로 이루어져 왔던 것을 MES에 의한 현황 및 이력 데이터의 자동 취합을 구현, 그리고 데이터는 MES에서 통합 관리하는 구조로 설계할 필요가 있었다. <Figure 7>은 분석된 요구 사항을 MES로 대응하기 위한 방안에 대한 것을 보여주며, <Figure 8>은 분석한 요구 사항들에 대해서 도입된 MES의 현재 기능에서 대응하지 못하는 영역, 그리고 추가적으로

요구되는 기능들을 정리한 내역이다. 예를 들어 정보 입력 방법과 같은 필요한 내역들을 분석하여 개발 내역을 정리한 내용이다.

구분	Function	내 용
자동화 라인	1.1 공정별 모델별 수량 입력	•SMT, 외주, 자산 공정별 제품별 실적 입력
	1.2 공정별 모델별 실적 조회	•SMT, 외주, 자산 공정별 제품별 실적 조회
	1.3 불량품 정보 입력	•불량 발생 제품, 공정, 발생유형, 원인 등의 정보 입력
	1.4 불량품 현황 조회	•불량품 발생 유형별, 공정별, 제품별 현황 조회
	1.5 출하검사 입력	•출하검사시 수납대기 입고 수량 입력
	1.6 수납 대기 수량 조회	•수납대기 수량 조회

Figure 8. Example of Developed Functions

### 3.4 MES 설계, 구축전략 수립, 구축과 운영

분석된 다양한 문제점과 관리 수준, 그리고 정보를 바탕으로 MES의 구축 기능과 범위를 결정하였다. <Figure 9>는 대상 제조업체를 대상으로 도출된 MES 구축의 범위를 그림으로 나타낸 것이다. 최종적으로 정의된 To-be 프로세스를 정리하면 <Figure 10>과 같으며, MES 기반의 To-be 프로세스를 바탕으로 하여 데이터 입력 지점 및 데이터 입력 방법을 정의하게 된다.

생산 과정에서 데이터를 입력할 수 있는 기능을 통해서 생산현장의 데이터를 MES에서 수집, 관리 가능한 프로세스를 정의하였다. 데이터 입력 방법은 바코드(bar code)를 이용한 방식과 검사 장비와 MES 간의 인터페이스를 통하여 데이터를 직접적으로 시스템에 저장하는 방식을 이용하였다. 데이터를 관리

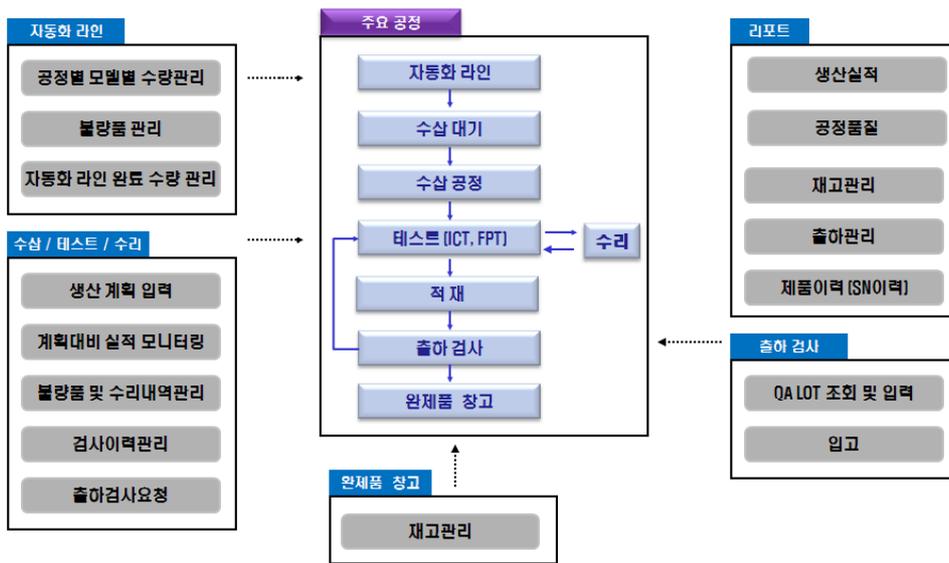


Figure 9. Scope of MES Implementation

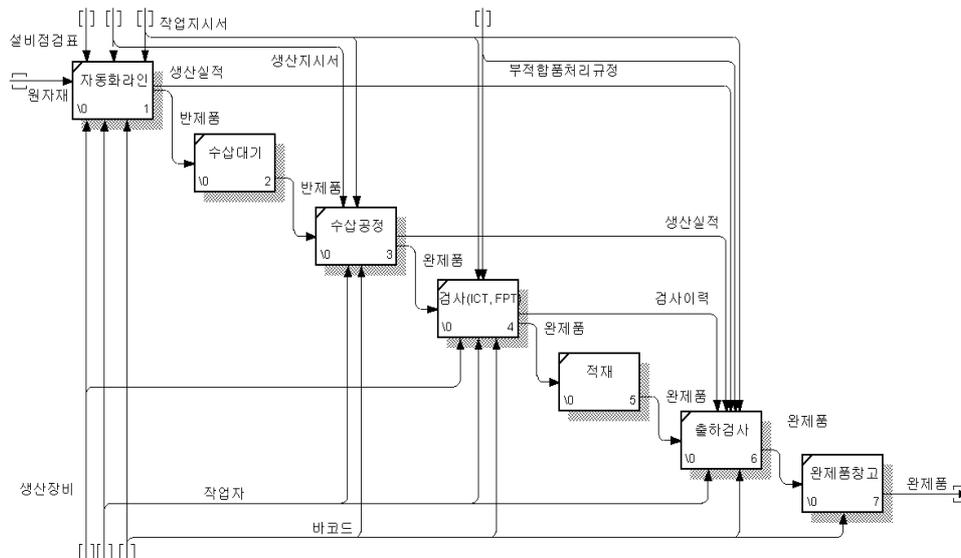


Figure 10. To-be Production Process

하고 활용하기 위한 LOT 관리, 추적, 그리고 제조 공정 정의 등 제조 현장의 정보 관리에 필요한 기능을 제공한다. <Figure 11>은 구축된 MES에서 LOT 내역을 관리하는 화면이다. LOT 단위 정보들의 이력 관리 뿐만 아니라, 이에 대한 공정 이동 정보들을 추적하여 관리할 수 있는 환경을 제공하는 것이 LOT 내역 관리 기능이다. <Figure 12>는 workflow를 생성하고 이를 관리 화면이다. 제품에 대한 workflow를 생성하고 변경하는 기능을 제공함으로써, 체계적인 공정 관리가 가능해진다.

또한 MES 상에서 관리되는 정보를 의사 결정 과정에 활용할 수 있도록 하려면, 관리 정보들을 정리할 수 있는 기능이 필요하다. <Figure 13>는 MES에서 관리되고 있는 정보들에 대해서 보고서 작성 및 관리 예제이다.

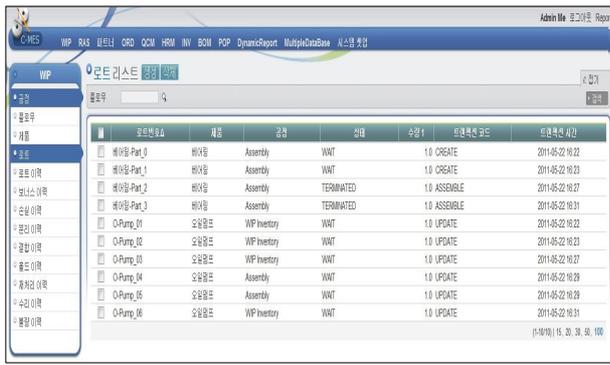


Figure 11. Example of LOT List Management

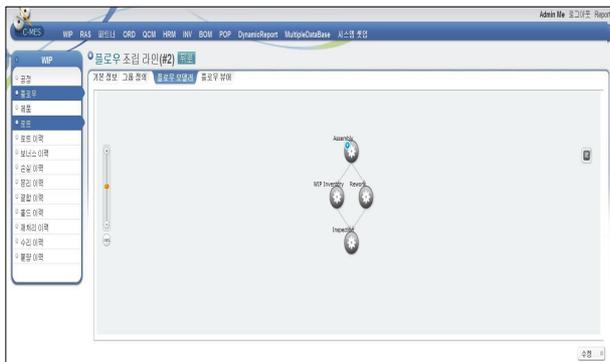


Figure 12. Example of Workflow Management



Figure 13. Example of Report Management

#### 4. MES 적용 효과 분석

##### 4.1 MES평가 지표의 제시

현재 여러 가지 성과 측정 방법론들이 제시되어 있지만, MES 구축에 따른 성과에 대한 지표에 대한 연구는 활발하지 않다. 본 연구에서는 정보시스템을 포함한 관련 연구를 참고로 중소 PCB 제조업체의 MES를 평가할 수 있는 평가 모델 및 지표를 제시하고자 한다. 평가 모형 수립과정에서의 고려사항은 <Table 2>와 같다.

Table 2. Considerations of Evaluation Model

고려사항	내용
대상	정보시스템
목표	제조현장 디지털화 구현
평가요소	재무적 성과, 비재무적 성과 균등 반영

본 MES 평가는 기본적으로 정보시스템에 대한 평가를 주목적으로 하고 추가로 생산 업무의 개선 정도를 평가하는 것을 목표로 하였고, 재무적인 영역과 비 재무적인 영역으로 분류하여, 평가를 진행하기 위하여 Balanced Score Card(BSC)개념을 적용하였다. <Figure 14>는 본 논문에서 MES 평가를 위해서 정의한 모형이다.

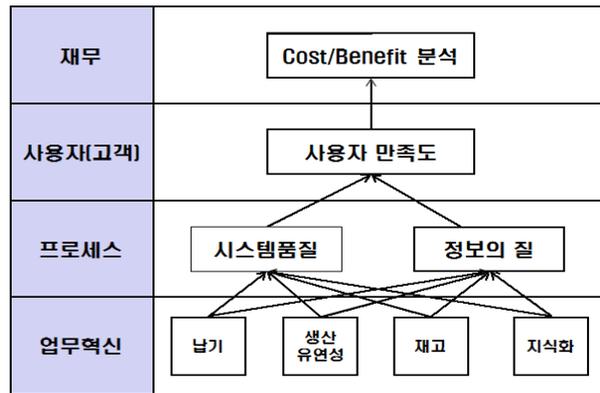


Figure 14. MES Evaluation of Model

Table 3. Evaluation Area

평가내역	세부 내용
재무	Cost/Benefit analysis(비용-이익분석) : 시스템의 도입에 들어가는 비용과 시스템의 도입으로 인해 발생하는 이익을 화폐적 가치로 환산하여 평가
사용자(고객)	MES 도입 후 사용자가 시스템에 대한 만족도 평가
프로세스	MES 도입 후 업무 프로세스 상의 효과를 측정 하기 위한 부분으로써, 시스템 품질, 정보의 품질 영역 평가
업무혁신	MES로 인한 납기, 생산유연성, 재고수준, 지식화 개선 정도 평가

<Table 3>은 정의된 영역인 재무, 사용자, 프로세스, 업무혁신에 대한 평가 지표에 대한 정의 내용을 보여준다.

MES를 통한 생산 현장 개선정도를 평가하기 위한 업무혁신 지표는 4가지 업무 항목을 가지는데 <Table 4>에 정의되어 있다.

Table 4. Evaluation Elements of Process Innovation Area

업무혁신 평가항목	평가 내역
납기 혁신	제품 생산 납기의 단축 정도
생산 유연성 혁신	생산 시스템의 민첩성 및 유연성
재고 혁신	자재 및 완제품의 재고 수준
지식화 혁신	생산정보의 DB화 수준

그리고 <Table 5>부터 <Table 7>까지는 비 재무적인 영역 중에서 정량적으로 평가가 어려운 영역인 사용자 만족도, 정보 품질, 그리고 시스템 만족도에 대한 영역을 평가하기 위한 지표를 정의한 것이다. MES 역시 정보시스템이기 때문에 시스템 평가 요소를 반영하여, 평가 항목을 설정하였다.

Table 5. Evaluation Items of User Satisfaction(Jung *et al.*, 2003)

평가 항목	
사용자 만족도	사용자 요구사항 반영정도
	개인적 업무여건 개선정도
	직무만족도 향상 정도
	의사결정 수준 향상 정도
	구축 시스템에 대한 만족도

Table 6. Evaluation Items of System Satisfaction(Jung *et al.*, 2003)

평가 항목	
시스템 만족도	시스템사용의 편리성
	시스템 유지보수 용이성
	시스템의 확장성
	시스템의 사용법 습득용이
	시스템의 안정적 운영

Table 7. Evaluation Items of Information Quality(Joo *et al.*, 2007)

평가 항목	
정보의 질	정보의 적시성
	정보의 충분성(완전성)
	정보의 현행성(최신성)
	정보의 정확성
	정보의 유용성
	정보 제공형태의 적정성

#### 4.2 MES 적용 효과 분석

본 논문에서 대상 PCB 제조 공장에 MES를 구축하고 본 논문

에서 제안한 평가모형을 토대로 구축 효과에 대한 분석을 실시하였다.

업무혁신 영역의 각 지표의 개선 정도를 파악하기 위하여 MES 도입 후 제품의 평균 납기, 생산 라인의 변경 횟수와 소요 시간, 현장 재고 중 손실되는 자재 및 재공품의 비율을 조사하였다. 조사된 지표는 비용절감 혹은 매출 기여의 화폐적 가치로 환산하여 재무 영역을 평가할 수 있는 자료로 활용하였다. 감소된 작업 공수는 최저임금을 기준으로 화폐가치를 계산하였다.

프로세스와 사용자 영역의 만족수준을 평가하기 위하여 MES 도입 후 생산관리 부서를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 각 문항 1~5점 척도 기반으로 평가할 수 있도록 하였다. 그리고 일부 항목은 MES 도입 전후의 만족도를 비교할 수 있도록 질문을 구성하였다.

#### 4.3 재무적 효과 분석 결과

MES 도입 후 개선 효과 및 평가 분석 결과 재무적으로 매년 약 17억 원의 비용절감 및 매출 확대 효과와 약 50% 이상의 생산 수준이 향상될 수 있을 것으로 분석되었다. 이러한 효과는, MES 도입으로 납기, 생산유연성, 재고에 대한 관리 개선과 이로 인한 추가 수주, 생산인건비 감소 등의 비용 효과를 분석한 결과이다. <Table 8>에서는 재무적 효과에 대한 내용이 정리되어 있다.

Table 8. Evaluation of Financial Area

항목	이익 (천원/년)	비용 (천원/년)	산출근거
추가수주	140,000	-	-
불량매출	10,800	-	불량품의 판매 시 매출 환산
재고비용	-	-250,000	반제품품 비용
		-110,000	상시 제공자재 비용
생산 인건비	1,015,000	-38,000	Line 교체에 의해 발생 하는 작업대기 공수 MES 도입 전 : 6.5회/1日 변경 18分/1회 소요 MES 도입 후 : 5회/1日 변경 12分/1회 소요
관리 업무비	178,000	-7,000	생산 실적 취합 공수 MES 도입 전 : 30分/日 소요 4名/Line 취합, 작성 총 3 Line 존재 MES 도입 후 : 100% 시스템 출력

4.4 비재무적 효과 중 정량적 효과 분석 결과

<Figure 15>는 제품 납기에 대한 개선 효과, <Figure 16>은 재고수준의 개선, 그리고 <Figure 17>은 모델 변경 시간 개선 효과를 보여준다.

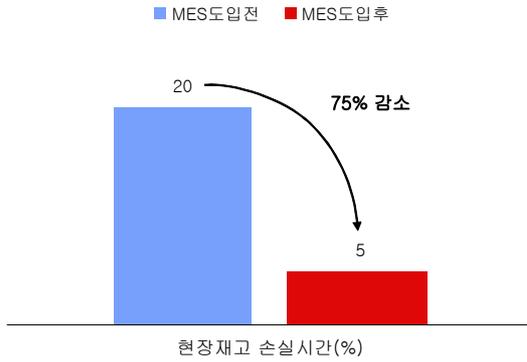


Figure 15. Index of Product Delivery

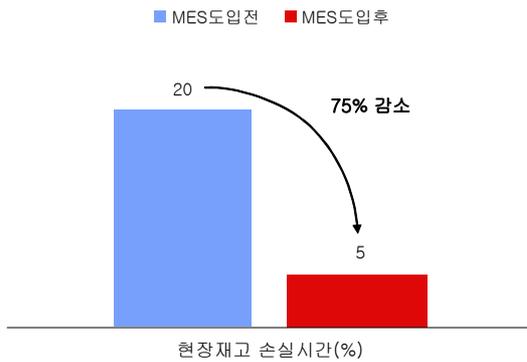


Figure 16. Index of Inventory

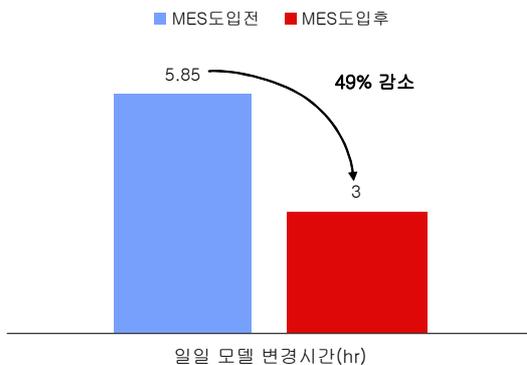


Figure 17. Index of Manufacturing Flexibility

MES 도입 전에는 생산 실적의 실시간 취합 및 정확한 취합이 어려워 소량 다품종 제품의 대한 생산일정 관리가 어려웠으나, MES 도입 후 소량 다품종 제조 품목인 경우에도, 실시간으로 실적 관리 및 공수가 가능해짐에 따라 납기에 대한 대응력이 향상되었고 생산 계획의 변경 횟수 또한 감소되었다. 즉,

단납기 소량 다품종 제품에 대한 대응력이 상승한 것으로 분석되었다.

또한, 검사 공정에서 불량 판정이 발생한 경우에도, 작업자 실수로 불량품이 납품되는 사례가 발생하였으나, MES 도입 후 검사 공정에서 불량 판정일 경우, 후 공정에서 바코드를 통한 이력 관리를 통해 불량품 납품과 같은 사례들이 제거되었다.

4.5 비재무적 효과 중 정성적 효과 분석

앞서 정의 시스템 만족도, 사용자 만족도, 그리고 정보의 질과 같은 영역에 대한 평가 영역은 설문지를 통하여 MES 사용 담당자를 대상으로 평가를 진행하였다. 설문조사 결과 아래 <Table 9>와 같은 응답 결과를 얻을 수 있었다.

Table 9. Results of Questionnaire

평가 지표	질문		응답 결과
	항목	MES 도입 전/후	
사용자 만족도	사용자 요청 사항 반영 정도	-	4
	개인적 업무여건 개선 정도	도입 전	3
		도입 후	4
	직무 만족도 향상 정도	도입 전	3
		도입 후	4
의사결정 수준 향상 정도	-	4.3	
구축 시스템에 대한 만족도	-	4	
시스템 만족도	시스템 사용의 편리성	-	4.7
	시스템 유지보수 용이성	-	4
	시스템의 확장성	-	4.7
	시스템의 사용법 습득용이	-	4
	시스템의 안정적 운영	-	3
정보의 질	정보의 적시성	도입 전	2
		도입 후	4
	정보의 충분성	도입 전	5
		도입 후	5
	정보의 현행성(최신성)	도입 전	2
		도입 후	4
	정보의 정확성	도입 전	2
		도입 후	4
	정보의 유용성	도입 전	2
		도입 후	4
정보 제공형태의 적정성	도입 전	2	
	도입 후	4	

4.5.1 MES 이용 만족도

업무 여건 및 직무 만족도와 같은 사용자 만족도는 만족수준 이상의 응답을 받았다. 이는 MES 도입 전 수작업으로 진행

하던 취합 업무의 감소와 MES로부터 실시간으로 신뢰성 있는 데이터를 취득함으로써 인해 작업자의 업무 만족도가 향상되었다고 분석되었다. 기존에는 MES 도입 전 작업 일보, 검사 일보 등의 각종 일일 데이터의 취합이 생산 완료 후부터 진행되어 익일 오전까지 진행되었다. 그러나 시스템 도입 후 데이터 취합이 실시간으로 가능해져 각종 보고서 등에 대한 작성 시간이 감소되었다. 이와 같은 반복적이고 시간 소모적인 업무 감소 효과가 가장 크다고 할 수 있다.

#### 4.5.2 정보의 품질 향상

MES는 생산 Line으로부터 실시간의 정확한 데이터를 획득하도록 설계되었고 작업자가 원할 때 시스템으로부터 최신의 데이터를 사용자가 원하는 형태로 제공되어 정보의 질적 만족도는 MES 도입 전후로 뚜렷한 상승을 예상할 수 있는 부분이였다.

#### 4.5.3 생산정보의 지식화

MES 도입으로 인해 Centering 작업과 부품 Mount의 최적 Path에 대한 정보와 같은 생산 지식의 관리 및 공유가 가능해졌다. 또한 생산 실적을 포함한 생산 과정의 모니터링, 검사이력, Line별 오류 및 불량에 관한 정보의 지식화가 가능해짐에 따라 CTQ 관리가 가능해졌다.

## 5. 결론

최근 기업들은 글로벌 경쟁사회로 변화하면서 새로운 도전과 시련에 직면하고 있다. 또한 최근 제조업 해외 투자가 늘어나면서 우리 경제의 근간인 중소기업의 사업장 축소와 이전에 따른 제조업 공동화에 대한 우려가 커지고 있다.

MES는 공장 운영에 필요한 기능들의 집합체로서, 현장에서 발생하는 이벤트에 중점을 두어 실시간 현황 파악, 계획된 작업의 수행 및 관리, 품질 관리 등을 수행하는 시스템이다. 중소 제조 기업 생산 현장의 정보화, 지식화를 달성, 생산성 향상시켜 경쟁사회에서 경쟁력을 확보할 수 있는 수단이다.

본 연구에서는 MES 구축을 위해 BPR 방법론을 기반으로 중소 PCB 제조 공정 분석을 수행함으로써 대상기업의 효과적인 MES 구축 절차 및 적용에 관한 방안을 제시하였다. 이를 기반으로 하여 제조 공정 특성 및 요구 사항 기반의 체계적인 MES

대응 전략 수립 및 전략 기반의 효과적인 MES 개발 및 구현 범위 설정이 가능하다. 또한 본 논문에서는 평가 모형을 통하여 체계적인 평가를 진행하여 MES의 효과를 분석하였다. 본 논문에서 제시된 구축 전략과 평가는 MES를 도입하려는 기업에서 도입하기 전에 구축 전략과 효과를 예측하는데 있어 기여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- CIMdata (2006), Manufacturing Goes Digital, *CIMdata White Paper*, CIMdata, Inc.[Online], Available form : [http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/content\\_store/dmm-site/context/manufgoesdigital.pdf](http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/wmg/ftmsc/content_store/dmm-site/context/manufgoesdigital.pdf) [Accessed 10 December 2009].
- Joo, H. T. (2007), An methodology of MES implementation and diagnosis, *IE Magazine*, 14(3), 33-35.
- Joo, H. T. (2008), An Overview of MES Solution Trends and A Strategy for successful MES Deployment, *IE Magazine*, 15(3), 26-32.
- Joo, S. J., Hong, S. G., and Kim, N. R. (2007), An Empirical Study on the Impact of Production Information Systems on the Performance of Small and Medium Manufactures, *Proceeding of Korea Society of Management Information System*, 788-793
- Jung, H. Y., Kim, S. H., and Choi, K. D. (2003), An Empirical Study on Developing IS Evaluation Indices : In Case of Public Sector, *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 28(4), 155-189.
- Kim, B. S. and Lee, H. C. (2006), A Study of MES for the Product Tracking Based on RFID, *KSCI review*, 14(2), 159-164.
- Kim, J. W., Lee, W. G., and Kim, P. (2008), A case study of manufacturing execution system implementation in a medium-sized enterprises, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 31(1), 59-65.
- Kim, S. H., Kim, C. R., and Choi, J. (2005), The Phased Model of Success Factors in BPR Implementation for Public Corporations, *Korea Society of IT services Journal*, 4(2), 1-22.
- Korea Information Service Evaluation and Analysis team(2007), PCB industry(Summary report).
- Lee, S. H., Lee, B. H., Kim, D. H., Kwon, B. J., Jung, M. Y., Ryu, S. H., and Eum, S. S. (2004), A Manufacturing Execution System for LNG Tank Fabrication shop in Shipbuilding, *Proceeding of 2004 spring Korea Institute of Industrial Engineering/The Korean Operations Research and Management Science Society*, Jeonju, Korea, 450-453.
- MESA international (1997), MES Explained : A High Level Vision, *MESA International white paper*, 6.
- Park, J. H. and Yoshida, A. (2009), An MES Implementation Methodology for the Medium-sized Manufacturing Company with Multiple-types of products and Mixed, *IE Interfaces*, 22(4), 302-311.

**김건연**

성균관대학교 시스템경영공학과 학사  
 성균관대학교 산업공학과 석사  
 성균관대학교 산업공학과 박사  
 현재 : 삼성전자 DS 총괄 인프라기술센터  
 시스템기술팀 정보전략 그룹  
 관심분야 : PLM, Concurrent and Collaborative  
 Engineering, 디지털 가상생산,  
 CAD/CAPP/CAM

**진유의**

성균관대학교 시스템경영공학과 학사  
 삼성SDS 기업 IT 서비스부  
 후지제록스코리아 솔루션전략기획팀 대리  
 현재 : 성균관대학교 산업공학과 석사과정  
 Visiting scholar, Manufacturing Systems  
 Research Lab, GM Global R&D  
 관심분야 : PLM, 디지털 가상생산, CAD/CAPP/  
 CAM

**노상도**

한국과학기술원 기계공학과 학사  
 서울대학교 기계설계학과 석사, 박사  
 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원  
 서울대학교 기계항공공학부 연구교수  
 Visiting researcher, Manufacturing Systems  
 Research Lab, GM Global R&D  
 현재 : 성균관대학교 공과대학  
 시스템경영공학과 부교수  
 관심분야 : Concurrent and Collaborative  
 Engineering, PLM, 디지털  
 가상생산, CAD/CAPP/CAM

**최상수**

울산대학교 조선해양공학과 학사, 석사  
 성균관대학교 산업공학과 박사  
 INOPS Cx팀 연구원  
 (재)그래픽스연구원 VR/CAD팀 선임연구원  
 한국생산기술연구원 생산자동화연구 연구원  
 현재 : 지멘스 인더스트리 소프트웨어  
 책임컨설턴트  
 관심분야 : CAD/PLM, Product Data Exchange,  
 Virtual Reality, Digital Virtual  
 Manufacturing

**조용주**

아주대학교 컴퓨터공학과 학사  
 아주대학교 컴퓨터공학과 석사  
 연세대학교 산업시스템공학과 박사  
 현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원  
 관심분야 : 공정 시뮬레이션, 품질분석,  
 6시그마, MES, Grid Computing

**최석우**

아주대학교 기계공학과 학사  
 한국과학기술원 생산공학과 석사  
 아주대학교 기계공학과 박사  
 KIST 연구원  
 일본AIST 초빙연구원  
 서울과학기술대학교(NITU) 겸임교수  
 현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원,  
 엔지니어링플랫폼센터 소장  
 관심분야 : 생산현장관리(MES), 지능형  
 생산시스템, CAD/CAPP/CAM