

생산자동화에 따른 컴퓨터공장의 생산성 변화

유인선* · 김병진**

An Analysis of Personal Computer Productivity Improvement through Factory Automation

In-Sun, Yoo · Byung-Jin, Kim

(Abstract)

The problem of productivity improvement is one of the most challenging problems facing the world economy. This paper studies an analysis of improving personal-computer(PC) company productivity through factory automation. It attempts to analyze value added productivity at the company level. The index measured will effectively help managers supervise their companys. This study justifies that the proposed approach will stimulate manager's profit-motivation by providing them with value-oriented management instead of quantity-oriented method.

1. 서론

지금까지 나온 자료에 의하면 전자, 자동차, 조선등의 산업에서 생산성은 1인당 생산량 기준으로 일본의 3분의 1~5분의 1 수준에 있음을 알 수 있다. 우리나라의 경우 생산성 증가율도 높지만 임금도 동반 상승함으로써 임금인상이 생산성 향상분을 초과함으로써 우리나라의 대외 경쟁력을 약화시키는 결정적 요인으로 작용하고 있다[4].

생산성을 향상시키기 위해서는 먼저 생산성이란 무엇인가를 알아야 한다. 생산성은 한마디로 투입물에 대한 산출물의 비율을 뜻하며, 이를 향상시키기 위해서는 투입을 줄이거나 산출을 늘여야 한다. 따라서 이것은 원가절감 뿐만 아니라 매출액 증대를 의미하고 기존활동의 개선이외에 새로운 활동의 추구를 의미하기도 한다. 또한 기술개발과 신제품 개발과 같은 혁신적 활동이 요구되는 것이다. 기술은 생산제품과 공

정개선에 응용되어진 지식의 총체로서 사람이 핵심요소이며, 설비, 기계, 노하우 등과 연계되어 있다. 그에 따라 기술혁신을 기계를 중심으로 본다면 그것은 시행착오의 확률을 높일 뿐이므로, 인간을 중심으로 하는 기계의 자동화나 성능의 개선을 추구해야만 비로소 기대하는 기술혁신과 그 결과로서의 생산성 향상을 가져올 수 있다[16]. 기업들은 이제까지 생산성을 생산현장의 물적 노동생산성향상에만 의존하여 왔다. 기업의 생산성은 생산현장의 생산성 뿐만 아니라 경영전략, 마케팅, R & D, 생산관리 등 기업의 총체적이고 유기적인 경영활동의 결과로 나타나게 된다. 그러나 이제까지 생산부문의 효율위주로 추진해 온 결과 기업내 부가가치 창출에 관련된 각 기능들이 상호 유기적으로 연결되지 못하고 있는 것이 문제이다.

오늘날의 생산환경은 기업내외 여건의 변화로 크게 변하고 있다. 먼저 기업내외의 여건변화는 다품종 변량 생산, 조달기간(leadtime) 단축, 저원가, 고품질, 제품

* 수원대학교 경영학과

** 삼성전자(주)

의 수명주기단축 등이 있고, 외부환경의 변화로는 구조적인 노동력의 부족, 고임금 등의 사회적 여건변화를 들 수 있다. 이에 효율적으로 대처해 나가기 위해 우리 기업은 기존의 생산방식에서 새로운 전환을 모색하고 있다. 그것의 일환으로 다양한 제품을 소량생산하면서도 원가절감, 제품 및 서비스의 질적향상을 동시에 추구할 수 있는 CAD/CAM, 유연생산시스템(FMS)[29], 컴퓨터통합생산체제(CIM)[9,30] 등 생산자동화의 도입을 활발히 추진하고 있는 실정이다.

생산자동화와 생산성 향상에 관한 많은 기존의 연구[24,25,28]들이 있었지만, 공장자동화를 추진하여 융합으로써 생산성에 어떠한 영향을 미쳤는가에 관한 연구는 없었다. 이에 따라 본 논문에서는某기업 컴퓨터공장의 유연생산자동화(flexible automation)를 도입하여 추진함으로써 기업내 부가가치 생산성의 측정을 통한 중점관리항목에 관한 요인분석을 실시한다. 본 연구의 목적은 생산자동화에 따른 생산성 관리지표를 설정하고 그 관리항목을 측정하여 분석함으로써 생산성향상에 영향을 주는 중요한 중점관리항목을 집중적으로 공략하여 보다 효율적이며 적극적인 생산자동화 시스템을 운용하고, 기업 전부분에 있어서 생산자동화에 대한 개념을 확고히 하고자 한다. 특히 부품삽입공정에서의 설비종합효율을 향상시키기 위한 효율적인 관리방안, 자동화와 관련한 공정자동화율, 부품삽입을 향상방안 및 공수단축을 위한 설계공정 개선에 대한 방안을 중심으로 시도한다.

2. 생산자동화와 부가가치 생산성

2.1 생산자동화

생산자동화는 종래의 가공, 제작작업 뿐만 아니라 형태의 인식과 판단을 요구하는 시험작업, 이동작업인 운반, 보관등 그 영역이 여러가지이다. 공장자동화(FA)의 필요성은 과거 그 시대의 경제 및 사회환경에 의해 내용과 과제가 변화해 오고 있다. 최근 양적지향에서 질적지향으로 이전되고 있는 것과 함께, 고객요구의 다양화, 개성화 및 차별화가 진전되고 있다. 그에 따라 특히 제품수명주기 단축과 원가절감, 품질

의 확보, 납기대응력 향상을 기초로 신상품의 생산, 설계변경, 생산수량의 변경에 신속하고 융통성있게 대응할 수 있도록 하는 생산자동화의 추진에 주력하고 있다[11]. 생산자동화를 진행함으로써 기대되는 효과는 작업이 빨리 확실해 되고, 대량생산이 가능하며, 또한 성력화에 의한 직접인원의 삭감, 숙련공의 불필요, 품질안정, 계획수립의 용이, 원가절감 등을 들 수 있다.

생산자동화의 구축에는 다음과 같은 준비사항들을 사전에 고려할 필요가 있다.

① 자동화수준, 계획기간, 투자액, 생산량 등의 목표치를 결정한다.

② 현재 상태의 자동화기술을 배경으로 상식적 단계를 기준으로 고려한다. 자사에서 사용경험이 있는 방법, 타사에서 적용사례가 있으면 이를 적절히 응용하는 방법, 처음으로 시도하는 방법 등 단계적으로 위험도가 증가하지만 그에 따른 추진방법이 필요하다.

③ 소프트웨어 측면에서 협력과 검토가 필요하다. 제품설계의 재검토와 개선, 품질수준의 실태를 파악하고, 공정품질의 안정을 기하기 위해서이다. 특히 조립장치에는 부품공급이 난이한 부품의 품질과 부품의 형상에 따라 조립의 난이도가 결정된다. 검사조정 공정의 IN-LINE 자동화를 위한 라인개선, 라인배치(공정설계)를 자동화하기 쉬운 형태로 해야 한다.

④ 전체 시스템으로서의 구상이 필요하다. 물류에 관해서는 초기단계부터 면밀히 검토해야 하며, 직접인원, 간접인원의 업무를 재구축하고, 유지보수 체제를 세우고, 보전(maintenance)담당자를 철저히 교육시켜야 한다.

이상과 같은 사전준비 단계에서 나아가고자 하는 목표설정과 현재 상태, 그리고 전체적인 시스템설정을 명확히 한 다음 자동화 시스템을 구축해야 한다.

생산자동화를 통한 보다 강력한 제조력이란 보다 좋은 품질로, 보다 고부가가치 제품을, 보다 빨리 만들어내는 것으로 부터 나온다. 여기서 이를 위한 3가지 기술적인 측면에 대한 관리목표와 그에 따른 중점관리항목을 살펴보면 일반적으로 다음과 같다:

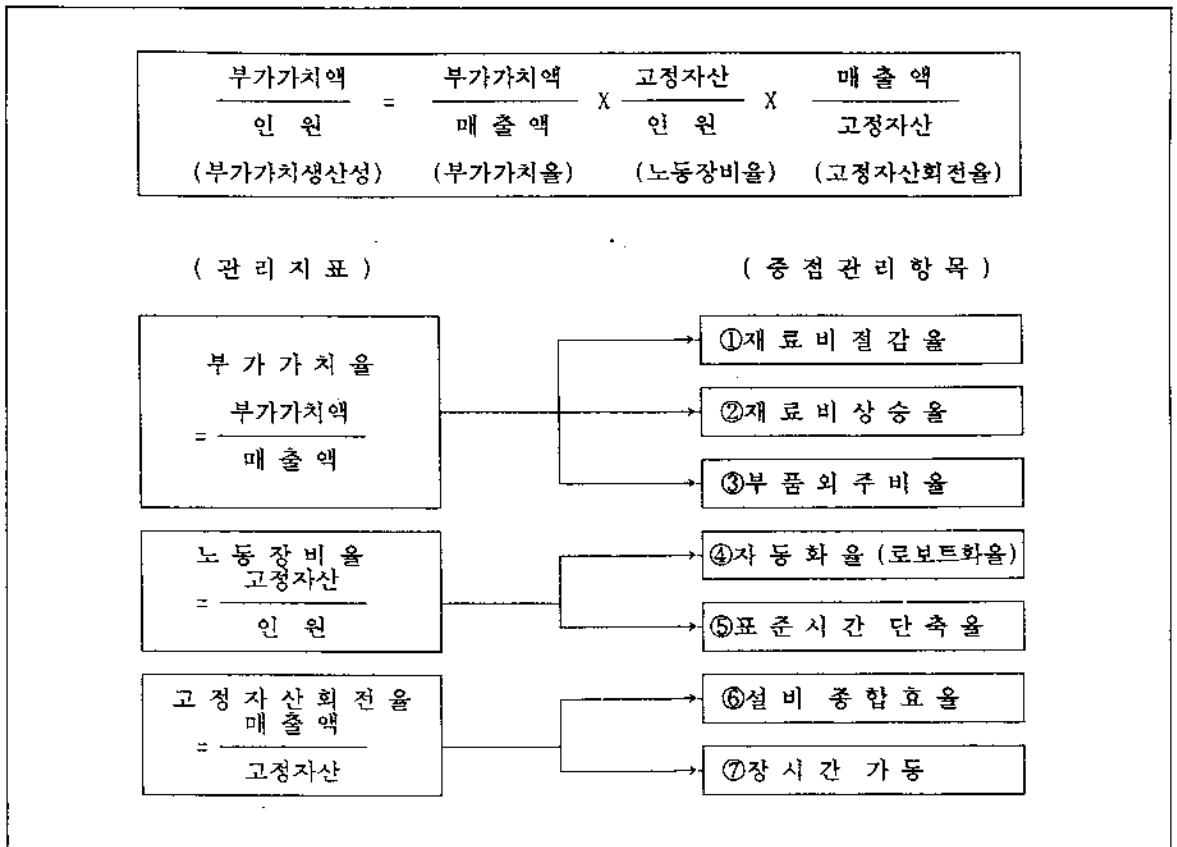
1) 우수한 고유기술은 인력, 재료, 토지, 전물을 보다 유효하게 활용하고, 좋은 설비, 공정을 개발, 도입

함으로써 이를 수 있다. 이를 위한 중점관리항목은,

- ① 생산성이 높은 성인화, 자동화 : 노동장비율
 - ② 자동화에 의한 높은 작업능률 : 공수절감을
 - ③ 싼 재료, 적은 부품점수 : 재료비 절감을
 - ④ 간단하고 편리한 설비, 적은 재고 : 편적생산성
 - ⑤ 부가가치를 낚는 짧은 공정 : 부가가치공정을
- 2) 우수한 생산관리기술은 수요에 즉각 대응할 수 있는 FMS체제의 구축으로 인력, 재료, 설비를 조합한 상태에서 능력을 100% 발휘하도록 하는 것이다. 이를 위한 중점관리항목은,

설비종합효율

- ④ 재공자산의 흐름성 : 재료 및 재공품의 재고일수
 - 3) 우수한 품질관리기술은 신제품의 조기개발, 제조품질의 향상, 시장품질을 확실히 보증하는데 있다. 이를 위한 중점관리항목으로는,
 - ① 공정불량율을 극소로 함 : 공정불량율
 - ② 시장에서의 보증기간중의 불량률 없음 : 시장불량률
- 생산자동화로 관련된 부가가치 생산성의 측정과 향



〈그림-1〉 생산자동화에 따른 부가가치 생산성의 관리지표와 중점관리항목

- ① 납기가 짧은 재료조달 : 재료 조달기간(leadtime)
- ② 짧은 공정을 연속으로 유연하게 흐름 : 제조 조달기간
- ③ 짧은 교체 시간, 적은 고장, 품질 그리고 불량:

상방안을 연구하기 위해 다음의 [그림-1]은 생산성 관리지표와 전술한 중점관리항목(요인)들과의 관계를 정리한 것이다.

2.2 부가가치 생산성의 측정과 향상방안

생산자동화 측면에서 부가가치 생산성향상을 살펴 보면 부가가치 생산성의 측정은 아래와 같이 생산성 관리지표와 중점관리항목들로 표현할 수 있다.

[그림-1]에서 보듯이 생산성 관리지표들에 영향을 크게 미치고 있는 7가지의 중점관리항목에 대한 내용을 보다 요약 정리하면 다음과 같다.

① 재료비 절감율은 가치공학(VE), 매입가격의 인하, 부품점수삭감 등에 따른 원가절감율로 평가하고 있다. 이것은 구매, 설계기술, 제조, 품질관리 부문에서의 재료비 절감활동을 활성화하려는 목적을 기본으로 하여 직접재료비에 대한 원가절감액의 비율로 측정하고 있다.

$$\text{재료비 절감율} = \frac{\text{원가절감액}}{\text{기초직접재료비}} \times 100(\%)$$

- * 원가절감액 = $\Sigma(\text{재료비절감액} \times \text{생산대수})$
- * 기초직접재료비 = $\Sigma(\text{기초재료비} \times \text{생산대수})$

위의 산출식에서 재료비절감액은 원가상승액과 구분하여 계산하고, 서로 상쇄한 가격으로는 계산하지 않는다. 여기서 원가절감은 여러가지 개선활동에 의해 달성되며, 그 내용을 보면 원재료가격의 하락, 가치공학(VE) 활동에 의한 재료비 합리화, 외주 합리화, 기타 기종 구성차이, 환율변동, 기술변동 등을 들 수 있다.

② 재료비 상승율은 소재나 부품의 가격인상에 의한 재료비의 상승을 파악하고, 그것을 흡수하기 위한 원가절감을 하려는 노력을 추구하는데 목적이 있다. 기본 산출식은 다음과 같다.

$$\text{재료비 상승율} = \frac{\text{원가상승율}}{\text{기초직접재료비}} \times 100(\%)$$

- * 원가상승율 = $\Sigma(\text{재료비상승액} \times \text{생산대수})$
- * 기초직접재료비 = $\Sigma(\text{기초재료비} \times \text{생산대수})$

원가상승은 여러 요인에 의해서 결정된다. 그 요인으로는 원재료 가격의 상승, 기능추가 등의 설계변경,

기타 기종 구성차이, 외주가공비 상승, 기타 구매요인 등이 있다. 자동화를 처음 추진하면 기존부품에서 형상변경 및 부품포장형태 개선에 따라 초기에는 개발비용의 추가로 재료비가 올라간다. 그러나 어느 정도 양산에 들어가면 원가는 제자리를 찾아오는데, 이것은 일시적인 현상으로 보아도 된다. 즉 인플레이션 등의 사회적 여건에 의한 것은 담당자가 아무리 노력하여도 올라가는 부분이 있다는 것이다.

③ 부품외주비율은 제조의 외주제작 의존도를 원가비율로 평가하고 사내제작의 적정범위 결정에 기여한다. 그 기본산출식은 자사생산의 제조원가에 차지하는 외주비의 비율을 측정함으로 구할 수 있다.

$$\text{외주비율} = \frac{\text{부품외주비용}}{\text{제조원가}} \times 100(\%)$$

부품외주비는 본사에서 출도된 도면에 의해 가공과 조립을 분담하고 있는 협력회사에서의 구입비용을 말한다. 여기에는 협력회사가 사용하고 있는 소재비를 포함한다. 그런데 사내제작으로 변경추진(make or buy decision)을 통한 내제화라고도 함) 결정은 원가, 기술, 품질 및 생산량의 안정도등의 측면에서 검토하여 실시한다. 특히 제품의 특성을 좌우하는 핵심부품으로 자동화할 수 있는 부품과 품질에 항상 문제가 있는 부품은 사내제작으로 변경한다.

④ 자동화율의 평가요소 측면에서는 공수, 공정수, 부품점수 등이 있지만, 공수에 의한 평가를 기본으로 한다. 그러나 공정수, 부품점수 등에 의한 평가로 공수의 대응으로 용도에 따라 적절한 경우도 있으므로 대상범위, 목적 등에 맞게 각기 시기적절하게 사용한다.

$$\text{자동화율} = \frac{\text{자동화기기로 대체된 공수(표준시간)}}{\text{수작업으로 했을때의 기존공수(표준시간)}} \quad (1)$$

$$\text{로봇트화율} = \frac{\text{로봇트에 의해 삭감된인원}}{\text{필요인원}}$$

$$\text{자동화율} = \frac{\text{자동화된 공정수}}{\text{전체공정수}} \quad (2)$$

$$\text{자동화율} = \frac{\text{자동 삽입부품수}}{\text{수삽입부품수}} \quad (3)$$

조립 및 가공공정의 경우는 (2)식을 사용하고, 전자부품의 자동삽입공정인 경우 (3)식으로 표현한다. 그러나 기본은 (1)식을 사용하는 것이 가장 바람직하다고 할 수 있다.

⑤ 표준시간(standard time: 공수) 단축율은 제품 1대를 제조하기 위해 필요로 하는 표준시간의 단축율로 평가하고, 작업개선, 설계개선, 설비도입 등에 의한 인건비를 인하시키려는데 목적이 있다. 기본 산출식은 연말 실적공수 대비 금년도에 절감한 공수비율로 측정하며 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{표준시간 단축율} \\ &= \frac{\text{전년말 실적공수} - \text{금년말 실적공수}}{\text{전년말 실적공수}} \times 100(\%) \\ & \text{실적공수} \\ &= \frac{\sum(\text{기종별 실적공수} \times \text{기종별 기간생산대수})}{\sum(\text{기종별 기간 생산대수})} \end{aligned}$$

공수절감율은 직접인건비율과 설비 감가상각비율을 삭감하는 방식의 하나로써, 투자효율 및 재료비율과 병행하여 살펴볼 필요가 있다. 공장전체의 공수를 삭감하는 것이 목적인데, 손기종을 대상으로 하는 것이 원칙이지만 주력 기종을 대상으로 하고 공수삭감율을 파악해도 무방하다. 품목 그룹별로 구분해서 관리하면 개선행위와 효과의 관계를 평가하기 쉬우며 바람직하다.

⑥ 설비종합효율은 생산설비의 가동상황을 정량적으로 파악하고 분석한다. 이것은 관리로스의 철저한 배제와 이론적인 가공속도 추구를 도모함으로써 설비 생산능력 발휘도를 높이고 장래 투자증분의 억제에 도움을 준다. 기본 산출식은 1년간을 통해서 얼마만큼 단일 혹은 그룹 설비의 생산능력이 향상되는 정도를 측정하는 것으로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{설비종합효율} &= \text{시간가동율} \times \text{속도가동율} \times \text{양품율} \\ &= \frac{\text{가동시간}}{\text{부하시간}} \times \frac{\text{표준가공시간}}{\text{실제가공시간}} \times \frac{\text{양품수}}{\text{투입수량}} \\ & (\text{정지시간단축}) \quad (\text{가공시간단축}) \quad (\text{가공불량 삭감}) \end{aligned}$$

$$\text{가동율} = \frac{\sum(\text{1개당표준시간} \times \text{양품생산수})}{\text{총가능가동시간}} \times 100(\%)$$

여기서 1개당 표준시간이란 순수 가동시간과 부대 작업시간으로 부터 이루어지는 생산 1단위에 요구되는 시간을 말한다. 이때 설비능력 발휘율의 향상을 방해하는 원인을 관리로스(재료품질로스, 설비고장로스, 품질문제로스, 기종변경로스)로 인식하고 개선에 임한다. 목표치를 설정하여 가공조건, 설비동작구조 및 동작속도를 다시 살펴보고, 외부의 동일수준인 설비동과와 비교하여 이를 맞추어 나가는 것이 중요하다.

⑦ 장시간 가동은 설비의 가동시간을 향상시키는 목적으로 8시간 가동이 기본으로 되어 있는데 점심시간, 잔업시간은 물론 2교대, 3교대에 대응할 수 있도록 추진하는 것이다. 이를 실현하기 위해서는 순간정지 간격을 1시간 이상으로 해야 하는 것이 선결과제이다.

제품의 수명주기 단축과 기술혁신에 의한 위험부담 요소 등을 고려하여 원가절감을 하기 위해서는, 설비를 24시간 가동시키는 것이 바람직하다. 또한 무인으로 장시간 가동을 목표로 하는 것이 중요하다. 더우기 수요변동에 따른 총 인원을 억제한다는 의미로도, 일요일을 포함한 장시간 가동도 필요하다.

이상과 같은 부가가치 생산성에 영향을 미치는 7가지 중점관리항목에 대한 국내 某기업의 컴퓨터공장의 사례연구를 다음에서 다루고자 한다.

3. 컴퓨터공장의 사례연구

3.1 사례공장현황

3.1.1 생산자동화의 기본방향과 설비구성

본 사례공장은 제품의 국제경쟁력을 확보하고 국내 생산체제 강화를 위해 개발에서 생산까지 전반적인 구조개선을 위한 생산자동화를 추진한다. 자재의 입고, 조립, 검사 및 제품의 포장, 출하에 이르는 일관된 고도의 자동화에 의하여 대폭적인 성인화와 24시간 가동에 의한 조달기간단축, 그리고 생산의 효율화

를 이루는데 목표를 두고 있다. 따라서 다음과 같은 생산자동화의 기본방향으로 추진하고 있다.

제 1단계로서는 생산시스템의 물류장치의 정비, 자동포장시스템, 자동창고에 의한 자재의 입출고 등을 추진하여 왔다. 그리고 제 2단계에서는 컴퓨터 조립공정의 70% 이상을 차지하는 PBA(Printed Board Assembly) 부품삽입, 검사의 성인화를 목적으로 SMT(Surface Mounted Technology)화에 의한 부품실장 자동화와 多PIN LSI, 커넥터(connector) 등 이형부품 로봇 실장라인에 의해 자동삽입을 96.3%를 달성하였다. 그에 따라 SMD(Surface Mounted Device) 라인의 24시간 가동화를 실시하여 공정간 정체(delay)시간의 대폭삭감을 이루며, 조달기간 단축에도 크게 기여하게 되었다. 마지막 3단계로 24시간 가동체제의 미실시 공정에 있어 조달기간 단축시 애로공정인 장치조립/검사공정의 자동화계획을 추진하려고 한다. 본 라인은 설계변경에 즉각적인 대응과 변동생산이 가능한 고도의 자동화 라인으로서 검사공정 및 나사체결공정을 로봇화하여 순차적으로 자동화를 높이고 라인당 70%이상의 성인화를 달성하려는 계획을 가지고 있다.

본 연구의 분석대상인 PBA공정은 컴퓨터의 메인보드(main board) 및 서브보드(sub board)를 양산하는 공정으로써 SMD(Surface Mounted Device)부품 및 이형부품을 PCB에 삽입하는 공정으로 다음과 같은 설비로 구성되어 있다. 이 PBA공정을 크게 2공정으로 나누면 SMD공정과 이형부품 삽입공정이다. SMD부품은 SMD설비에 의해 완전자동으로 삽입되며, 인원은 1라인당 운용자 1명과 검사자 1명으로 작업의 수행에는 총 4개 라인을 운용하고 있다. SMD삽입이 끝난 보드는 이형부품 삽입공정에서 작업하게 되며 1개의 로봇 자동화라인과 3개의 수삽입라인으로 구성되어 있다. 수삽입라인은 부품삽입 작업자 7명, 검사자 3명으로 구성되어 있고, 로봇 자동화라인은 이형부품삽입 로봇 7대와 수삽입 작업자 1명에 검사자 3명으로 구성되어 있다. 끝으로 이 라인의 자동화에는 각각 90년 16억원과 91년 5.65억원이 투자되었다.

3.2 생산성측정

먼저 컴퓨터공장의 일반적인 생산성 관련지표들을 측정해 보고자 한다. 이를 위해 컴퓨터공장을 공장부문과 전사부문으로 구분하여 부가가치 생산성의 관리지표들을 계산하고, 그 결과는 생산자동화 추진에 따른 부가가치 생산성에 끼친 영향을 분석하는 기초자료로 이용한다. 일반적인 생산성 관리지표의 산출방식 [17]을 적용하여 실제 자료들을 대입함으로써 부가가치 생산성 및 그 관련지표를 구하면 다음의 [표-1]과 같다.

위의 결과에서 보듯이 91년의 부가가치 생산성은 3.57로 90년의 2.14보다 1.43 증가하였다. 가장 주목할 점은 공장부문만을 보았을 경우에는 90년의 5.74에서 91년에는 8.72로 그 증가폭이 2.98이나 되는 것이다. 부가가치 생산성이 이처럼 높아진 이유를 분석하기 위해, 부가가치 생산성의 산출식

$$\text{「부가가치 생산성」} = \text{「부가가치율」} \times \text{「노동장비율」} \\ \times \text{「고정자산회전율」}$$

의 각각의 항목을 중심으로 살펴보면 다음과 같이 전년대비 향상되어 있는 것을 알 수 있다.

우선 부가가치율이 크게 증가한데다가 노동장비율도 높아졌기 때문이다. 91년 부가가치율은 33.6%로 90년보다 11.2 포인트 증가했다. 이와 함께 노동장비율도 높아져 90년도의 9.8%에서 12.8%로 증가하여 부가가치 생산성향상에 기여한 것으로 나타났다. 이는 전체 인원이 91년 3.7% 감소한 것도 부가가치 생산성이 높아진 요인의 하나로 작용했다. 노동장비율은 기업설비자산의 종업원 1인당 보유수준을 나타낸다. 경영이 근대화할수록 노동집약적인 경영방식으로부터 자본집약적인 경영방식으로 전환하는 경향이 있으므로 노동장비율로 근대화정도를 알 수 있다. 그러나 고정자산회전율의 감소는 특이할 만한 사실이다. 고정자산회전율은 떨어졌지만 설비투자효율은 0.8포인트가 향상된 서로 상반된 결과가 얻어진다. 이에 대해 분석하여 본 결과는 설비종합효율의 향상(21.4%)을 위하여 사내 임가공을 지원해 줌으로써 매출에 기여하지 못한 경우로 나타났다. 설비투자효율이 높다는 것은 설비자산이 효율적으로 이용되고 있다는 것을 의

〈표 1〉 컴퓨터공장의 생산성 관리지표

항 목	단 위	90년		91년		차 이	
		공 장	전 사	공 장	전 사	공 장	전 사
부가가치생산성	백만	5.74	2.14	8.72	3.57	2.98	1.43
부 가 가 치	경 상 이 익	35591	35973	37642	43798	2051	7825
	인 건 비	8820	10200	10416	14155	1596	3955
	금 용 비 용	11364	14051	30754	40807	19390	26756
	임 차 료	569	882	672	971	103	89
	세 금 공 과	228	282	269	311	41	29
	감 가 상 각	2561	2927	3024	3223	463	296
소 계	백만	59133	64315	82777	103265	23644	38950
평균종업원수	명	858	2505	791	2412	-67	-93
매 출 액	백만	213345	287629	239195	306935	25850	19306
유형고정자산	백만	15896	24659	19874	30822	3978	6169
인당매출액	백만	20.7	9.6	25.2	10.6	4.5	1.0
인당경상이익	백만	3.5	1.2	4.0	1.5	0.5	0.3
인당인건비	백만	0.9	0.3	1.1	0.5	0.2	0.2
부가가치율	%	27.7	22.4	34.6	33.6	6.9	11.2
노동장비율	백만	18.5	9.8	25.1	12.8	6.6	3.0
노동분배율	%	14.9	15.9	12.6	13.7	-2.3	-2.2
설비투자효율	%	3.2	2.6	4.2	3.4	1.0	0.8
이익분배율	%	60.2	55.9	45.5	42.4	-14.5	-13.5
고정자산회전율	회	13.4	11.7	12.0	10.0	-1.4	-1.7
인건비 대비 이익율	%	403.5	352.7	361.4	309.4	-42.1	-43.3
인건비 대비 매출액	%	2418.9	2819.9	2296.4	2168.4	-122	-652
인건비 대비 부가가치	%	670.4	630.5	794.7	729.5	124.3	99.0
매출액이익율	%	16.7	12.5	15.7	14.3	-1.0	1.8

미한다.

그러나 이상과 같은 생산성 관리지표로는 컴퓨터공장의 생산자동화에 따른 부가가치 생산성의 변화를 측정해내기에는 어려움이 있으므로, 다음에서는 보다 상세한 새로운 중점관리항목들을 설정하고 조사분석하고자 한다. 컴퓨터공장의 핵심공정인 PBA공정을 중심으로 생산자동화 추진에 따른 관리항목중에서 부가가치 측정에 직접 영향을 미치는 새로운 중점관리항목 즉 요인들을 조사하여 그에 따른 생산성향상 대책을 수립하기로 한다.

3.3 PBA공정의 생산자동화 분석결과

생산자동화에 따른 생산성변화를 분석하기 위해 [그

림-1]에서 보듯이 생산성 관리지표인 부가가치율의 중점관리항목들은 종합적인 측정의 어려움때문에 직접 분석하지 않고 회사의 자료를 바로 이용한다. 따라서 본 연구에서는 생산자동화의 직접적인 영향을 받고 있는 고정자산회전율의 중점관리항목인 설비종합효율 [21,22] 그리고 노동장비율의 중점관리항목인 공장자동화율과 표준시간 단축율(공수절감율)에 대한 측정 방법과 그 실시결과를 상세히 논하기로 한다. 또한 중점관리항목인 장시간 가동은 설비종합효율과 매우 밀접한 관련을 맺고 있으므로 함께 분석하기로 한다.

3.3.1 설비종합효율

설비생산성은 자동화설비가 부가가치 창출에 기여한 정도를 나타내는 항목으로 설비종합효율로써 관리

한다. 설비종합효율은 부하시간을 기준으로 하는 설비 생산성으로 설비가 시간적, 속도적, 품질적으로 종합 되어 부가가치 창출에 얼마나 공헌하였는가를 나타내 는 척도이다.

$$\text{「설비종합효율」} = \text{「시간가동율」} \times \text{「성능가동율」} \times \text{「양품율」}$$

(표 2) 설비종합효율 관리항목

관리항목	정 의	계 산 식
부 하 율	설비를 운영하고자 하는 경영계획상의 조업시간과 부하시간과의 비율	$\frac{\text{월부하시간}}{\text{조업시간}}$
시간가동율	설비를 가동시켜야 하는 시간과 실제로 가동된 시간과의 비율	$\frac{\text{가동시간}}{\text{부하시간}}$
성능가동율	기준(이론)속도로 얼마나 가동했는가의 비율	$\frac{\text{실가동시간}}{\text{가동시간}}$
양 품 율	총 투입량중 생산된 양품의 비율 양품율=1-불량율	$\frac{\text{양품수}}{\text{투입수량}}$

손실은 설비가 설치된 이후에 월 단위의 조업시간 중 가동하지 않은 시간은 모두 유실로 정의하며, 계획운휴와 로스로 구분한다. 여기서 조업시간은 사업부 별 라인별 여건에 따라 사업부 년간 경영계획의 수립 시 설정한다.

(표 3) 설비종합효율 기초자료

	부하시간		가동시간		실가동시간		생 산 량		
	'90	'91	'90	'91	'90	'91	'90	'91	
TO-TAL	842400	1036800	563286	890262	387935	668936	316750	903654	
라 인	A	242720	312880	183982	285659	133203	234812	105750	186454
	B	186360	216740	103243	152801	65353	106656	53600	440000
	C	205430	265450	140309	235454	100461	174942	85700	149200
	D	207890	241730	135752	216348	88918	152526	71700	128000

<표-4>에서 보면 설비종합효율이 39.5%에서 60.9%로 크게 향상되었음을 알 수 있다. 이와 같은 향상을 위해 추진해왔던 요인들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 시간가동율 향상을 위해 자체 생산량만으로는

(표 4) 설비종합효율

		시간가동율		성능가동율		양 품 율		설비종합효율	
		'90	'91	'90	'91	'90	'91	'90	'91
평 균		66.2	85.0	68.2	74.2	87.5	96.5	39.5	60.9
라 인	A	75.8	91.3	72.4	82.2	92.3	98.3	50.7	73.8
	B	55.4	70.5	63.3	69.8	89.4	95.5	31.4	47.0
	C	68.3	88.7	71.6	74.3	81.8	94.7	40.0	62.4
	D	65.3	89.5	65.5	70.5	86.5	97.5	40.0	61.5

설비의 가동시간이 너무 적어 설비의 가동율을 저하시키는 실정이어서 사내 임가공을 적극 유도하여 추진한 결과 전체 가동시간의 30%를 기여하게 되었다. 그 내용을 보면 다음의 표와 같다.

(표 5) 생산량과 소요일수 비교표

		TOTAL	DESK/TOP PC	NOTE PC	사내임가공
		생 산 량	'90 316,750	294,915	21,835
	'91 903,654	210,654	33,000	660,000	
소요일수	'90	650일	400일	150일	-
	'91	800일	380일	175일	245일

$$\text{실근부일수} = \text{실재근부일} \times 4\text{라인} = 2\text{월} \times 20\text{일} \times 4 = 960\text{일}$$

여기서 라인 배분은 A 라인은 자체 모델만을 생산하고, 외주 임가공은 B 라인을 주축으로 C, D 라인에서 배분하여 생산했다.

둘째, 모델변경시간의 단축은 성능가동율 향상에 기여하였다. 이를 위해 내부준비작업과 외부준비작업을 표준화하고, 내부준비작업을 가급적 외부준비작업으로 전환하려고 노력하였다. 여기서 내부준비작업이라는 기계에서 직접 작업하여야 하는 부대작업이고, 외부준비작업은 기계와는 별도로 작업 가능한 것으로 부품준비 등이 이에 속한다. 또한 Stick 자재의 Taping 화와 모델변경예보제의 실시는 크게 효과가 있었다.

셋째, MTBF(Mean Time Between Failures)의 향상은 또한 성능가동율을 향상시키는데 한몫을 하였다. MTBF란 설비운용 개시후 보전에 의해서 고장의 회복이 가능한 경우의 시간적으로 인접한 고장현상간의

동작시간 평균치로 정의하고 그 산출식은 다음과 같다.

$$MTBF = \frac{\text{실가동시간}}{\text{순간정지회수}}$$

실가동시간: 설비가 규정된 기능을 발휘하고 있는 시간

순간정지: 오퍼레이터에 의해 Resetting되어 복귀가 가능한 트러블

설비 A/S계약체결, 장비 Program Version Up, Reel Tape Cutter적용, 자재결품 예보장치 설치 등을 실시함으로 MTBF를 무려 7분대에서 60분대로 가져감으로서 장시간가동을 가능케했다.

내재, 양품을 향상을 위해 부품장착 정밀도 및 신뢰성의 확보와 설계 표준화, 3차원 Reflow Profile 적용, 시간별 보드 샘플링 정밀검사 등을 실시하였다.

3.3.2 부품삽입율

PBA 삽입공정에서의 자동화를 관리항목으로 부품 자동삽입(이하 자삽이라 칭함)율을 사용하고 있는데 SMD 및 자동삽입기에 의한 부품삽입과 이형부품삽입 로봇에 의한 자동삽입까지 포함한다. 산출공식은 다음과 같다.

$$\text{자동삽입율} = \frac{\text{모델별 총자동삽입부품수의 합}}{\text{모델별 총삽입부품수의 합}} \times 100(\%)$$

$$\text{이형부품삽입율} = \frac{\text{로봇삽입 이형부품수}}{\text{총이형부품수}} \times 100(\%)$$

$$\text{자삽기자삽율} = \frac{\text{자삽기 자삽부품수}}{\text{총부품수}} \times 100(\%)$$

총 이형부품수: 전용 삽입기(자삽기)에서 삽입이 불가능한 부품으로써 로봇에 의한 자삽 부품과 수삽입 부품을 합한 부품수

삽입공정은 크게 SMD 부품삽입공정과 이형부품 삽입공정으로 나눈다. 자삽을 향상을 위해 PCB자삽을

항상 추진위원회를 운영하여 PCB 자삽 표준화안을 수립 시행하고, 기존 모델에 대한 부품포장방법 개선(Stick화, Taping화) 및 이형부품의 SMD부품으로의 개선을 설계에 Feedback시킴으로써 77.1%에서 92.3%로 향상되었다. 삽입을 현황을 보면 다음과 같다.

(표 6) PBA 삽입율 현황

MODEL	총부품수	'90		'91	
		자삽부품수	자 삽 율	자삽부품수	자 삽 율
A	657	614	93.5	641	97.6
B	400	312	78.0	370	92.5
C	439	338	77.0	397	90.4
D	423	368	87.0	406	96.0
E	438	332	75.8	416	95.0
F	585	304	52.0	484	82.5
합 계	2942	2268	77.1	2714	92.3

3.3.3 공정자동화율

컴퓨터공장은 부품삽입공정을 제외한 순공정에서 자동화율을 적용하여 관리한다. 공정은 부품공급장치, 나사체결공정의 자동화, 검사공정의 자동화, 준비작업의 자동화, 및 포장출하공정의 자동화를 단계적으로 추진함으로써 37.7%의 자동화율을 이루었다. 이를 위해 물류시스템의 재정비를 하여 자재공급을 원활히 했고, 신제품 개발시에 조립성평가법을 실시하여 자동화하기 쉬운 제품설계를 하게 함으로 자동화를 고려하였다. 조립성평가법의 관리목적은 생산량이 많은 제품의 모델에 대해 조립성을 고려한 설계를 유도함으로써, 조립부품수를 줄이고, 조립시간과 조립비용을 줄여 제품경쟁력의 향상을 위함이다. 자동화율의 산출식은 (2)식과 같다.

$$\text{공정자동화율} = \frac{\text{자동화된 공정수}}{\text{전체공정수}} \times 100(\%)$$

3.3.4 표준시간 단축율

여기서 표준시간은 공수를 의미하며 제품 1대를 만드는데 걸리는 총 시간을 말한다. 표준시간 단축요인을 보면 작업성력화 부분에서는 자동화, 합리화 등으로 개선된 공정에 대한 것이고, 설계성력화는 CAD/CAM, 부품삭감 및 부품 표준화 등에 의한 결과이고, 외주

〈표 7〉 자동화율 현황

라인	총공정수	'90		'91	
		자동화공정수	자동화율	자동화공정수	자동화율
A	15	1	6.7	4	26.7
B	15	1	6.7	4	26.7
C	15	1	6.7	4	26.7
D	15	1	6.7	4	26.7
G-1	17	3	17.6	4	23.5
G-2	16	2	12.5	4	25.0
G-3	17	3	17.6	8	47.1
G-4	17	3	17.6	8	47.1
H	39	2	5.1	13	33.3
I	39	2	5.1	3	7.7
자삽실	39	32	82.1	36	92.3
합 계	244	51	20.1	92	37.7

화는 외부협력업체를 이용한 작업배분으로 공수를 절감한 효과를 나타내었다.

3.4 종합결과분석

〈표-9〉의 비교표는 자동화 설비투자로 인하여 부가가치 생산성이 향상된 요인들이다.

이상의 결과에서도 알 수 있듯이 생산자동화가 부가가치 생산성향상 요인에 미친 영향을 분석해 보면 오늘날 기업의 생산자동화 추진은 필수불가결한 부분임을 알 수 있다. 먼저 노동장비율을 결정짓는 자동화율(부품삽입율)과 공수절감율의 향상은 생산량의 증가와 대폭적인 인원감축을 가져왔다. 또한 고정자산회전을에서도 설비종합효율이나 장시간가동 등도 향상되어 양품의 제품을 빨리 많이 만들어 내는데는 성공했다. 그렇다고 생산량의 증가나 양질의 제품을 만들어낸다고 즉각적으로 부가가치 생산성이 향상된다고 할수 없다.

끝으로 부가가치 생산성향상을 위한 회사차원의 기본대책을 제시하면 먼저 개발과 설계의 합리화가 선행되어야한다. 고기능화, 시스템화 등의 신분야의 고부가가치 신상품을 개발하고, 신시장을 개척하여 판매를 촉진시키고, 설계의 VE를 통한 표준화를 이루어야할 것이다. 또한 생산의 합리화로써 작업개선, 작

〈표 8〉 표준시간 단축율 현황

항 목		'90	'91	비 고
생 산 량 (P C)	대	316,750	243,654	
총 표 준 공 수	분	106,872,760	82,209,867	
표 준 시 간 단 축	분 %	78,444,606 73.4	66,261,153 80.6	
표 준 공 수	분	28,428,154	15,948,714	
작 업 효 율	%	65.0	74.5	
소 요 공 수	분	18,478,300	11,881,792	
소 요 인 원	명	329	273	
작 업 성 력 화	분 %	45,890,094 58.5	40,551,826 61.2	
설 계 성 력 화	분 %	9,256,464 11.8	530,089 0.8	
외 주 화	분 %	17,728,481 22.6	24,450,365 36.9	
기 타 개 선	분 %	5,569,567 7.1	728,873 1.1	
근 무 일 수	일	270	258	
1 인 당 생 산 량	대	4.14	9.51	

〈표 9〉 컴퓨터공장의 생산자동화 분석결과

항 목	'90	'91	차 이
1. 설비종합효율	39.5%	60.9%	+21.4%
시간가동율	66.2%	85.0%	+18.8%
성능가동율	68.2%	74.2%	+6.0%
양품율	87.5%	96.5%	+9.0%
연속가동시간 (MTBF)	7분	60분	+53분
2. 부품삽입율	77.1%	92.3%	+15.2%
3. 공정자동화율	20.1%	37.7%	+17.6%
4. 표준시간 단축율	73.4%	80.6%	+7.2%
성 인 수	43명	70명	+27명
1인당 생산대수	4.14대	9.51대	+5.37대
모델변경시간	50분	10분	-40분
5. 재료비 절감액	3.0억원	80억원	+77억원
6. 외주비율	22.6%	36.9%	+14.3%

업효율 향상 및 자동화에 의한 인원감축을 추구하고, 생산시스템의 FMS化 및 외주작업의 사내제작 추진으로 부가가치를 향상시켜야 한다.

4. 결론

생산기술의 일반론적 측면을 보면 고금리, 고임금, 고환율의 3高 난국을 극복하고 21세기를 향한 세계적인 우량기업으로서 무한 경쟁시대에 생존하려면 생산자동화의 추진은 필요불가결한 요건일 것이다[20]. 이런 생산자동화의 도입에 의한 생산시스템의 변화를 통하여 얻게 되는 여러가지 효과를 보면 생산량의 증가, 품질의 안정, 인원절감 등의 생산측면 이외에 노동환경의 정비와 인간성 회복등의 사회적 측면, 기계의 구조적, 기능적 개선, 신기술 창출 등의 기술적인 측면의 효과가 있다.

본 연구에서는 부가가치 생산성에 대한 관리지표와 측정방식에 대한 일반적인 고찰을 살펴보고, 생산자동화의 관점에서 부가가치 생산성을 결정짓는 관리지표에 대한 중점관리항목들을 컴퓨터공장 PBA 공정의 생산자동화 설비를 중심으로 측정하여 보았다. 중점관리항목으로 설비종합효율, 공정자동화율, 표준시간 단축율 및 장시간가동 등을 중심으로하여 이와 관련한 각종 개선요인, 관리항목, 그리고 중점 추진사례를 찾아내어 조사하였다. 그 결과 90년 대비 91년의 중점관리항목을 측정한 결과 우리는 각 항목이 증가한 것을 알 수 있었다. 이는 궁극적으로 생산량 증가, 인원절감, 고정자산 증가 등의 결과를 나타내었고, 부가가치 생산성의 관리지표인 노동장비율과 고정자산회전율의 향상을 가져왔음을 추정할 수 있다. 그러므로 생산자동화의 추진은 부가가치 생산성의 향상에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 볼때 생산자동화의 추진에 따른 중점관리항목의 집중적 관리와 향상대책의 수립은 매우 중요하다. 이것은 단순히 설비투자에 있다고 볼 수 없으며 설비를 얼마나 효율적으로 운용 관리하느냐에 따라 부가가치 생산성에 미치는 영역을 넓혀나갈 수 있을 것이다.

부가가치 생산성측정의 관리지표중 노동장비율과 고정자산회전율에 대한 중점관리항목을 중심으로 살펴보았으나, 부가가치율에 대한 중점관리항목인 재료비절감율, 재료비증가율, 그리고 부품의주비율에 대해서는 측정하지 못하였다. 또한 지금까지 우리는 산출의 단위를 가치로 표시한 부가가치 생산성을 중심으

로 분석하였지만, 전체 생산요소를 총괄한 종합생산성(total productivity)의 측정이 이루어져야 한다. 앞으로 생산자동화와 더불어 물류자동화를 병행하여 공장 전체적인 자동화 추진에 따라, 부가가치 생산성 관련지표와의 관계를 모색함으로써 경영전반에 걸친 생산자동화를 추진방안에 대한 구체적인 지침이 이루어져야 하겠다.

참고문헌

1. 김 선근, 생산성측정모형에 관한 연구, 건국대학교 경영대학원 석사학위논문, 1988.
2. 김 주수, "생산성향상," 전경련, 통권311호, 10월호, pp.26-29, 1990.
3. 문 대영, 탁 승호, 로봇산업의 현황과 전망, 산업연구원 연구보고서, 제29호, 1983.
4. 박 재홍, 노 부호, 최 동규, 성 제환, "경제활성화를 위한 생산성향상 과제," 전경련, 통권313호, 12월호, pp.9-39, 1990.
5. 서 병국, 부가가치 생산성의 부문별 측정 및 관리방법, 한양대학교 대학원 석사학위논문, 1987.
6. 이 국철, "자동화공장의 원가관리," 공장관리, 10월호, pp.93-97, 1992.
7. 이 봉진, 일본식 경영, 한국경제신문사, 1992.
8. 조 한상, "최근의 생산성 추이와 변동요인," 조사통계월보, 통권510호, 한국은행, 1991.
9. 도서출판기술, CIM 활용기술, 도서출판기술, 1991.
10. 도서출판기술, FA 엔지니어링, 도서출판기술, 1991.
11. 삼성인력개발원, FA과정, 삼성인력개발원, 1991.
12. 한국능률협회, 공장자동화 실천기술, 한국능률협회, 1988.
13. 한국능률협회, 송하전기의 RIAL 시스템, 한국능률협회, 1991.
14. 한국능률협회, 자동화추진, 한국능률협회, 1992.
15. 한국생산성본부, 생산자동화메뉴얼, 한국생산성본부, 1990.
16. 한국생산성본부, 생산성측정기법에 관한 연구,

생산성강화사업연구보고, 제7집, 한국생산성본부, 1984.

17. 한국생산성본부, 생산성측정과 分析, 한국생산성본부, 1986.

18. 한국생산성본부, 알기쉬운 생산성 분석방법, 한국생산성본부, 1986.

19. 한국생산성본부, 실천 생산성향상 추진기법, 한국생산성본부, 1988.

20. 전용옥, 한정화, 초일류 기업으로 가는 길- 삼성의 성장과 변신, 김영사, 1994.

21. 강상규, 공장체질개선사례, 중소기업진흥공단, 1993.

22. 박노린, 고장제로, 불량제로의 설비자주보전, 중소기업진흥공단, 1993.

23. Browne, J., Harhen, J. and J. Shivnan, *Production Management Systems : A CIM Perspective*, Addison-Wesley Publishing Co., 1988.

24. Dogramaci, A. and N. R. Adam(Editor), *Aggregate and Industry Level Productivity Analysis*, Martinus Vighoff Publishing, 1981.

25. Gowing, T. G. and R. E. Stevenson, *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Academic Press, 1981.

26. Hulten, C. R., *Productivity Growth in Japan and the United States*, The University of Chicago Press, 1990.

27. Kendrick, J. W and B. N. Vaccara(Editor), *New Developments in Productivity and Analysis*, The University of Chicago Press, 1980.

28. Levitan, S. A. and D. Werneke, *Productivity :*

Problems, Prospects and Policies, The Johns Hopkins University Press, 1981.

29. Luggen, W. W., *Flexible Manufacturing Cells and Systems*, Prentice-Hall, Inc., 1991.

30. Mitchell, F. H. Jr., *CIM Systems : An Introduction to Computer Integrated Manufacturing*, Prentice-Hall Inc., 1991.

31. Monks, J. G., *Operations Management|Theory and Problems(2nd Ed.)*, McGraw-Hill Book Co., 1982.



유인선
 1958년 7월 17일생
 1980년 고려대학교 산업공학과 졸업
 1982년 고려대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학석사)
 1991년 고려대학교 대학원 산업공학과 (OR/SE전공) 졸업(공학박사)
 현 재 수원대학교 경상대학 경영학과 부교수
 관심분야 : 대기행렬이론, 컴퓨터 및 생산시스템의 성능평가



김병진
 1964년 10월 9일생
 1987년 부산대학교 공과대학 생산기계공학과 졸업
 1989년 삼성전자 컴퓨터사업부 입사
 1992년 삼성전자 기술대학원 산업공학과 졸업
 현 재 삼성전자 멀티미디어사업부 자동화추진 업무담당대리