

## 실시간 설비 모니터링 시스템 개발\*

구자록  
컴퓨터·정보통신공학부

### <요 약>

본 연구에서는 설비공장에서 현장 데이터의 자동 수집 및 관리를 통해 설비들의 효율적인 관리 및 생산성을 향상시킬 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 개발하였다. 이를 위해 시스템을 이루는 각종 모듈을 개발하여 현장 적용상황에 따라 최적의 통합을 이룰 수 있게 하였다.

---

## Development of Real-time Facility Monitoring System

Jarok, Koo  
School of Computer Engineering and Information Technique

### <Abstract>

In this study, real-time facility monitoring system has been developed to get the field information automatically. This study is necessary to manage the machine better and increase final productivity. In order to gather the information of the machine status in real-time, we developed many modules, such as encoding module, sound module, switch module, and data transmission module and optimally integrated them according to the field environment.

---

\*이 논문은 1996년도 현대자동차 울산대학교 산학협동연구비에 지원에 의해 수행되었음.

## 1. 서 론

공작기계장비를 이용하여 제품을 생산하는 기계공장에서는 대체로 수동 내지는 부분적인 자동화를 통해 생산 데이터의 수집 및 관리를 하여왔다. 그런데 장비의 크기와 관리해야될 댓수가 증가할수록, 또한 공정의 점차적인 개선에 따라 기하급수적으로 늘어나는 데이터의 양과 관리방법에 새로운 생산관리시스템의 필요성이 대두되기 시작하였다. 이러한 상황에 적절히 대처하고 설비의 생산성 향상 및 신뢰도 향상 등 설비가 제 성능을 발휘할 수 있도록 컴퓨터를 이용하여 지속적으로 설비를 감시하는 실시간 모니터링시스템은 필수적이며, 따라서 본 연구에서는 이를 연구개발, 시험 및 현장에 적용하여 가동중에 있다 [3,4].

한편 과거의 생산관리는 주로 생산담당자 혹은 현장작업자에 의해 수동으로 이루어졌으므로 수작업에 따른 데이터의 부정확성, 또한 생산관리담당자는 생산자료를 작업일지(Sheet)에 의존하여 관리함으로써 실제로 자료의 분실, 대량 자료의 수작업 검색 등 어려움으로 인하여 근본 해결책이 없이 한시적인 대책을 강구할 수 밖에 없었으며, 실제 생산에 대한 기본 자료마저도 관리가 제대로 되지않을 뿐만 아니라 생산성이나 품질향상, 설비의 유지보수측면에서도 직간접적인 정보를 얻을 수 있는 바탕을 마련하지 못하여, 생산설비에 대한 즉각적인 조회 및 보고가 불가능하고, 각종 추측에 따른 보고로 인하여 업무유실도 상당했던 것이 사실이다. 또한 관리자는 현장관리를 위하여 항상 현장에 직접 가야한다는 점과 문제 발생시 즉각적인 보고 및 현장 파악이 어려워 효율적인 문제 해결이 어려웠던 것도 상당한 낭비요소였다.

그러나 무엇보다 현장의 모든 데이터들이 작업자들의 손에 의해 입력되거나 작업일지에 의하여 수집됨에 따라 정확한 데이터 수집이 불가능하였으며 그나마 수집되는 데이터 역시 각 작업자들의 작업성향에 따른 산포가 크고, 현장에 불리한 데이터는 삭제되거나 가공되기가 일수여서 정확한 생산관리 자료로서의 신빙성이 떨어지는 것이 사실이었다. 따라서 회사의 신경영 의지에 부합되고 실질적으로 유용한 생산자료를 제공할 수 있는 새로운 생산관리시스템의 개발이 필요하게 되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 연구의 내용, 3장에서는 적용사례, 4장에서는 결론을 맺고있다.

## 2. 연구 내용

본 연구는 효과적인 생산자료의 관리를 위해 현장의 여러 공작기계들로부터 의미있는 정보를 자동으로 수집, 관리하여 실시간으로 장비들의 작업 상태를 지속적으로 감시하는 동시에 수집, 관리된 데이터들을 과학적으로 분석하는 시스템을 개발하였다. 즉, 현장의 각종 장비들로부터 필요한 작업상태정보를 가능한 한 현장작업자들의 손을 거치지 않고 직접 실시간으로 자동 수집하여 작업자의 인위적인 데이터 입력을 방지함으로써 보다 객관적이고 일관성 있는 생산데이터를 수집하게 하였다. 뿐만 아니라, 과학적인 관리를 위하여 생산자료를 년 단위로 처리, 분석하여 언제든지 모든 장비들의 작업 상태를 파악할 수 있게 시스템을 설계하였다. 아울러 작업자의 수작업에 의한 보고양식이나 데이터 입력을 최소화하였다. 한편 현장작업자의 컴퓨터에 의한 거부감을 최소화하기 위하여 현장작업자 위주의 조작이 간단한 제어박스(SB: Switch Box)를 설치함으로써 기존의 공작기계를 조작하는 것처럼 모든 작업수행이 가능하도록 시스템을 개발하였다. 장비로부터 수집된 데이터를

이용하여 실시간으로 장비별 각종 데이터의 추이는 물론 생산능력 분석 등이 가능하게 되었으며 장비고장 등 각종 비가동요인에 대한 지속적인 데이터관리를 통해 각 장비들의 특성을 파악함으로써 작업자뿐만 아니라 각 장비의 유지보수에도 직간접의 사전대응이 가능하게 되었다.

## 2.1 시스템 구성

시스템의 구성은 크게 소프트웨어와 하드웨어로 나눌 수 있다.

### ① 소프트웨어

본 연구에서 개발된 소프트웨어는 MS(MicroSoft)사의 Windows95에서 MS사의 Visual C++ V1.52를 개발툴로 이용하여 실시간 다중작업을 기본적으로 가능하게 설계하였다. 최하위의 장비 인터페이스 부분은 공작기계공장의 특성에 적합한 ADAM 4000계열(ADVANTECH사의 제품) 모듈(소프트웨어 드라이버)을 사용하였다[1,2].

### ② 하드웨어

본 시스템은 기능상 현장의 각 장비들로부터 데이터를 수집하는 DAM(Data Acquisition Module)과 각 장비들의 비가동 요인을 입력받는 SB(Switch Box), 그리고 DAM과 모니터링 서버간의 원활한 통신을 위한 RS232/RS422,485 방식의 통신선로로 구성되어 있다.

#### - DAM(Data Acquisition Module)

자동화공정에 많이 이용되는 장비인, 고가이며 크기가 큰 PLC(Programmable Logic Controller)를 사용하는 대신, 비교적 저가이면서 크기도 작은 DAM을 사용, 각 장비의 가동 유무시간 및 SB에 의한 비가동요인 데이터를 입력받아 RS232/RS422,485 방식으로 모니터링 서버에 전송한다. 표 1의 DAM 사양에 나타나 있듯이 8개의 디지털 입력채널을 기본으로 하며 그 이상의 입력채널을 확보하기 위해 SB에서 Encoding 방식을 이용하였다. 따라서 최대 128가지(가동유무 입력을 위해 1개 채널제외)의 입력데이터를 처리할 수 있다. 그리고 입력데이터전송속도는 9600bps를 택하였다[1,2,5].

Input/Output 채널	8 input
Input/Output Speed(in bps)	RS-485(2-Wire) 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2K
Maximum distance	4000 ft.(1200 m.)
Digital Input	Logic level 0 : +1 V max. Logic level 1 : +3.5 to +30 V
Input resistance	3 K@ 0.5W
Isolation voltage	5000 VRMS
Power supply	+10 to +30 VDC
Power consumption	0.4 W

표 1 DAM 사양

### - SB(Switch Box)

외부 장비들로부터 입력되는 입력 데이터 및 작업자의 비가동요인 데이터를 엔코딩하여 DAM 입력채널에 연결하고, 장비가동중단을 작업자에게 알리기 위해 기존방식으로 널리 사용되는 알람이나 경고등을 피하고 다양한 음악이 흐르는 멜로디 칩을 이용하여 순차적으로 12곡(85dB 이하의 스피커 사용)을 들려주는 방식을 취하였다. 따라서 간단히 멜로디 칩 교체를 통하여 새로운 음악을 들려줌으로써 작업자들의 단조로운 작업정서를 탈피하도록 하였다. 또한 장비들의 비가동시간을 작업자를 통하지 않고 직접 컴퓨터로 전송 받기 위해 외부 장비의 출력단자를 직접 DAM 모듈에 연결하였다. 그리고 입력 데이터의 RS232/RS422,485방식 전송에서 발생할 수 있는 외부 노이즈를 최대한으로 방지하기 위해 SB는 알루미늄으로 만들었다. SB의 내부구성은 다음 그림 1과 같다.

### Switch Box 구성도

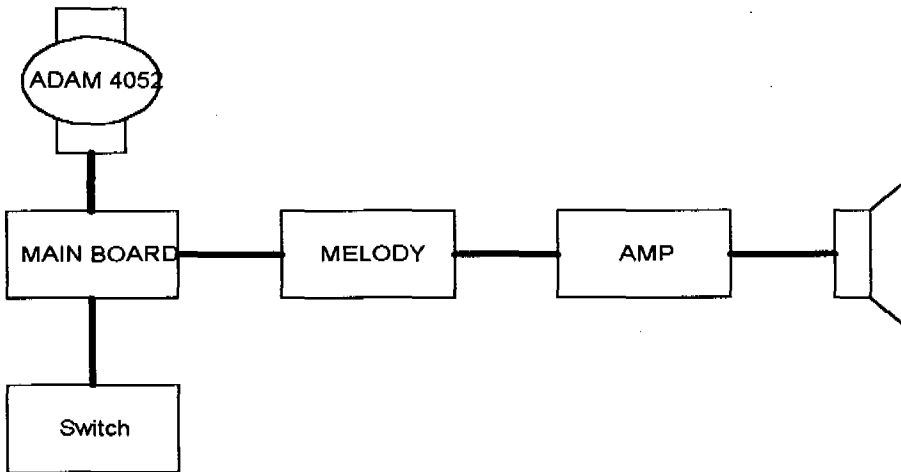


그림 1

### - 기본 네트워크 설계

외부 전송시 발생할 수 있는 노이즈를 줄이기 위해 Twisted-pair cable을 특수 제작하여 각 SB를 Daisychaining 방식(그림 2)의 네트워크 구조로 설계하였다[1,2]. 최대로 연결할 수 있는 DAM 모듈 갯수는 256개이며, 16개마다 전송 데이터 전류의 증폭을 위해 리피터(Repeater)를 사용하였다.

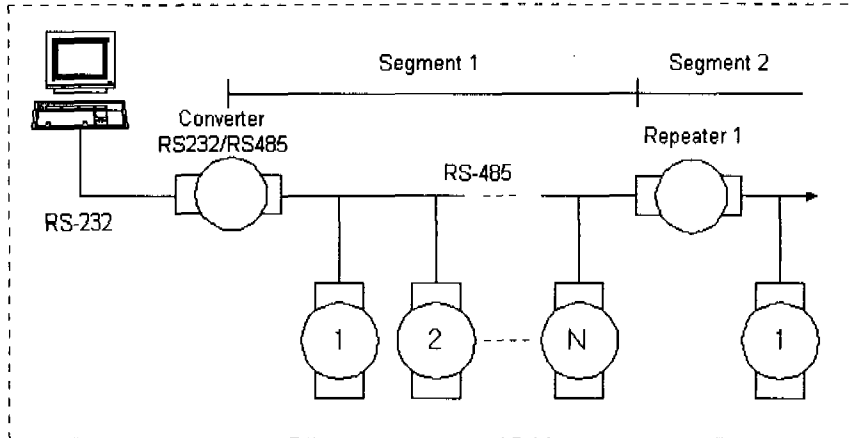


그림 2 Daisychaining

- 모니터링 서버

외부 장비의 입력 데이터를 SB 및 네트워크를 통해 받아 현장 데이터를 자동으로 보관함과 동시에 실시간 가동상황을 화면으로 보여주고, 각종 생산능력분석을 하여 가공된 데이터를 보여주는 모니터링 서버는 산업용 PC가 아니더라도 쉽게 구입이 가능한 업무용 PC를 이용하였다. 모니터링 서버의 기본 사양은 다음 표 2와 같다.

CPU	486급 이상
주기억장치	8MB 이상
보조기억장치	500MB 이상
모니터	17인치
프린터	레이저프린터

표 2 모니터링 서버 사양

2.2. 시스템의 특징

본 연구에서 개발한 실시간 모니터링시스템의 특징은 일반화된 PC를 이용한 유연성과 경제성, 그리고 자동 데이터수집에 의한 실시간성 및 신뢰성을 들 수 있다.

① 컴퓨터를 이용한 생산설비관리

컴퓨터를 이용한 생산설비관리 시스템의 도입은 장치산업의 여러 분야에서 진행되어 왔지만 대부분이 고가이거나 실시간성이 떨어지고 데이터의 수집 역시 수동으로 이루어지고 있는 실정이어서 데이터 자체의 일관성 또는 신빙성이 떨어지는 것이 사실이었다. 따라서 본 연구에서는 가급적 작업자나 관리자가 꼭 필요한 경우를 제외하고는 외부 장비에서 발생하는 데이터의 수집을 자동화하고 실시간으로 모니터링함으로써 의사결정에 실질적인

도움을 줄 수 있어 현장작업자 및 관리자로 하여금 시간이 많이 걸리고 단순한 작업업무로부터 부담을 덜 수 있게 하였다.

### ② 시스템의 유연성 및 확장성

먼저 시스템의 유연성과 확장성을 위하여 모니터링 서버와 각 SB간의 연결방식으로 Daisychaining을 사용하여 현장 장비들의 유기적인 위치변경과 확장 및 제거를 용이하게 하여, 중간에 위치한 어느 하나의 SB가 문제(시스템 장애)를 일으키더라도 나머지 SB들에게 전혀 영향을 미치지 않도록 병렬방식의 연결(그림 2)을 이용하였다.

### ③ 설치의 간편성

PLC를 이용하거나 DAB(Data Acquisition Board)를 이용한 예전의 모니터링시스템의 경우 모니터링 서버와의 케이블공사가 난제인 경우가 허다했다. 간단한 예로 점접수에 해당하는 만큼의 케이블 묶음을 복잡한 현장의 구조물을 통과하여 설치해야 하거나 현장에 직접 소규모의 모니터링 서버를 설치해야 하였다. 이 시스템에서는 설치 장비의 댓수에 상관없이(최대 256개) 단지 2가닥만의 Twisted-pair cable을 일직선으로 설치하여 시스템을 구성하였다. 따라서 케이블설치 공사를 간편하게 하여 경비를 절감하였다. 또한, PLC를 이용하는 경우 PLC 자체의 크기로 인해 현장에 설치하는 모니터링 박스(여기서는 SB에 해당)가 필요 이상으로 크기가 커지거나 외부에 직접 PLC를 설치함으로 인한 여러 가지 문제점들을 소형의 DAM 모듈을 이용하여 SB의 크기를 소형화하여 현장에 쉽게 설치할 수 있도록 하여 처리하였다.

## 3. 적용사례 - 금형 공장 모니터링 시스템

### 3.1 시스템의 개요

이 시스템을 적용한 H사의 금형 공장은 자동차의 본네트, 옆문짝 등을 생산하는 프레스기에 이용될 금형을 생산해내는 공장으로서, 20여대의 각종 NC, CNC 등이 가로 110m, 세로 100m, 높이 20m의 공간에 설치되어 있어 현장작업자 및 관리자들의 수작업에 의한 생산자료수집 및 분석의 한계를 일본에서 수입한 모니터링 시스템을 이용하여 부분적으로 자동화하여 해결해 왔었다. 그러나 이 수입된 시스템은 완전한 자동화를 지원하지 못하고 수작업을 병행 사용할 수 있게 설계되어 있어서 다음과 같은 여러 가지 문제점들을 일으켰다.

#### ① 장비 가동률 집계 의 지연 및 부정확

장비 가동시간을 작업자들이 수작업으로 기록하여 그날 저녁에 입력요원에 의해 일괄 처리함으로써 발생하는 데이터 집계 의 지연 및 데이터의 오류로 인하여 장비 가동률이 정확하게 계산되지 못함.

#### ② 장비 가동률 계산의 시간 및 인력 낭비

월/년 단위의 비가동요인에 따른 비가동 시간을 각 장비별로 일일이 계산함으로 인한 부수적인 작업시간의 과도한 소모 및 인력 낭비.

- ③ 비효율적인 관리로 인한 장비 가동률의 하락  
전적으로 작업자들에 의한 장비 가동시간 집계에 따른 작업자들의 이완된 작업태도와 일관성 없는 관리에 따른 장비 가동률의 하락.
- ④ 작업공수 관리의 부정확  
작업자들의 수기록에 따른 작업시간의 관리는 데이터의 부정확으로 인한 작업공수 관리에 문제점을 발생함.
- ⑤ 유지, 보수의 문제점  
일본에서 수입한 시스템이어서 문제가 발생할 시에 보수에 걸리는 시간과 경비가 컸으며, 요구사항의 확장(장비의 추가설치 및 변경)에 따른 유지의 문제점.

이에 본 연구에서는 이와 같은 현실적 어려움들을 인식하여 금형제작과정의 금형 기계들을 효율적으로 운용, 관리할 수 있는 실시간 모니터링 시스템을 구축하여 설비관리는 물론 품질 및 생산성을 향상하고자 하였다.

### 3.2 가동률의 개념 및 용어정의

H사의 금형 공장에서는 각 장비별로 일정기간의 작업상황에 따라 두 가지 유형(A, B-방식)의 가동률 체계를 정의하여 사용하여 왔다. 각 유형의 가동률 통계치 정의는 표 3과 같다. 각 장비의 비가동 요인은 크게 비절삭요인(세팅, 공구교환, 프로그램입력, 문제점, 팔레트청소, 작업대기, 조립, 기타)과 비가동요인(장비고장, 근태) 등 총 10가지로 분류한다. 보유공수는 각 장비의 일일 최대 유효작업시간을 의미한다.

통계치 \ 유형	A-방식	B-방식
보유공수	24 시간	24시간-정전
실가동시간	보유공수-(장비고장+근태)	보유공수-(장비고장+근태)
정미가동시간	실가동시간-비절삭요인	실가동시간-비절삭요인
무인가동시간	개념 없음	무인가동시간대에작업한 시간
가동률	$\frac{\text{실가동시간}}{\text{보유공수}}$	$\frac{\text{실가동시간}}{\text{보유공수}}$
절분율	$\frac{\text{정미가동시간}}{\text{보유공수}}$	$\frac{\text{정미가동시간}}{\text{실가동시간}}$
무인가동률	개념 없음	$\frac{\text{무인가동시간}}{\text{실가동시간}}$

표 3 가동률 통계치 정의

### 3.3 시스템 특징

본 시스템 개발의 특징은 대단위 규모의 설비공장에서 발생하는 수많은 데이터를 실시간으로 수집하고, 수집한 데이터를 과학적으로 계산, 관리하여 설비관리의 자동화를 이뤘다는 데 있다. 이를 지원하기 위해 안정적이고 설치가 간편하며 확장성이 뛰어난 SB 모듈과 네트워크를 이용하였다. H사의 금형 공장에 설치된 시스템의 하드웨어 구성은 그림 3과 같다.

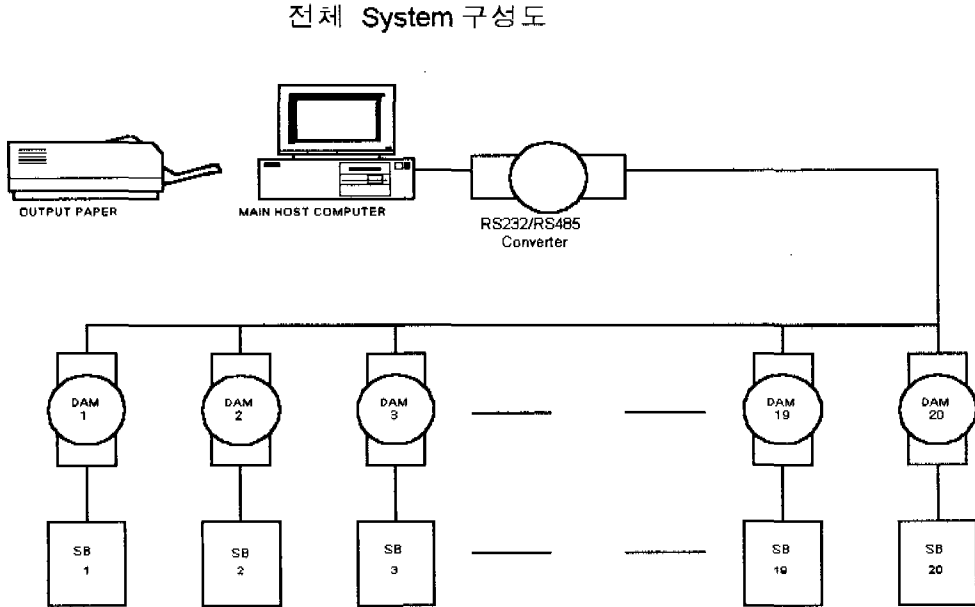


그림 3

구축된 시스템의 응용프로그램의 구성은 각 장비로부터 수집된 데이터를 이용하여 통계적으로 분석하는 통계처리부분과 실시간으로 수집되는 데이터를 모니터링하는 부분, 그리고 기본자료관리 및 가공된 정보를 관리하는 부분, 기타 시스템과의 연계부분으로 구성되어 있다. 통계처리부분은 각각의 관리 포인트별로 계산된 규격 및 목표값을 설정할 수 있으며, 현장에서부터 수집된 데이터를 이용하여 각 장비의 생산능력을 실시간으로 자동 산출함으로써 현재상황에서의 생산능력을 평가하고 문제요인을 검출해낸다. 또한 각 장비의 가동률을 장비별, 기간별로 분석하였다.

응용프로그램의 기능별 구성을 소개하면 다음과 같다.

#### ① 실시간 모니터링 부분

- 장비 가동현황 : 전 장비의 실시간 기계 가동현황을 보여준다(그림 4).



② 통계처리 부분

- 단위 장비 일 비가동현황 : 각 장비별 일 비가동 시간 및 요인을 보여준다(그림 5).
- 전 장비별 비가동요인(월/년) : 전 장비의 비가동 요인을 월/년 단위로 보여준다(그림 6.1, 그림 6.2).
- 장비별 비가동요인 비교(월/년) : 각 장비별 비가동요인별 비가동시간을 월/년 단위로 보여준다(그림 7.1, 그림 7.2).
- 기계 가동현황 추이(월/년) : 각 장비별 월/년 단위의 기계 가동현황을 보여준다(그림 8.1, 그림 8.2).
- 기계 가동상황 추이(월/년) : 전 장비의 월/년 단위의 기계 가동현황을 보여준다(그림 9.1, 그림 9.2).

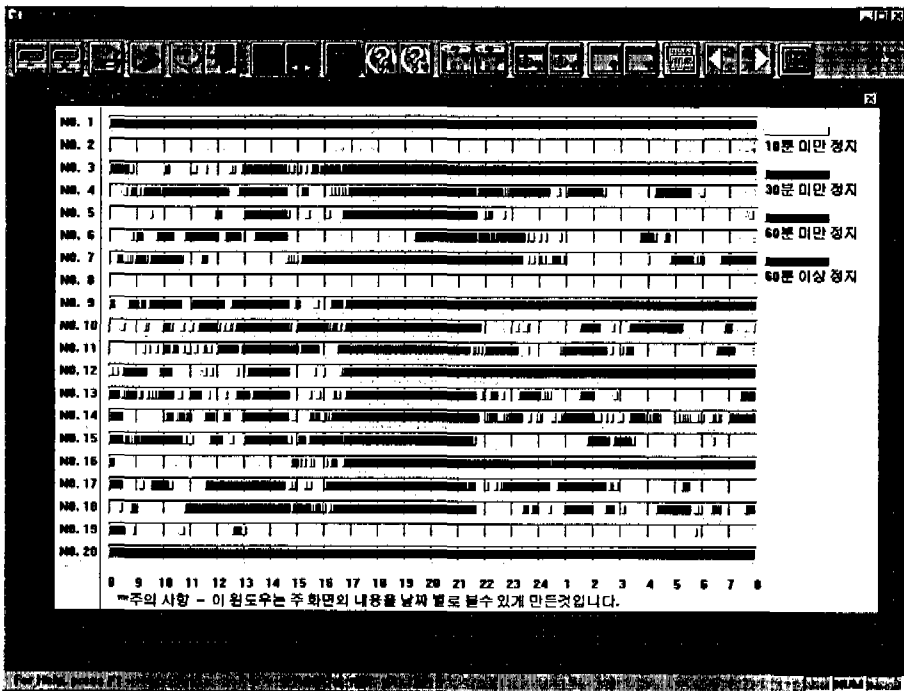


그림 4 기계 가동현황



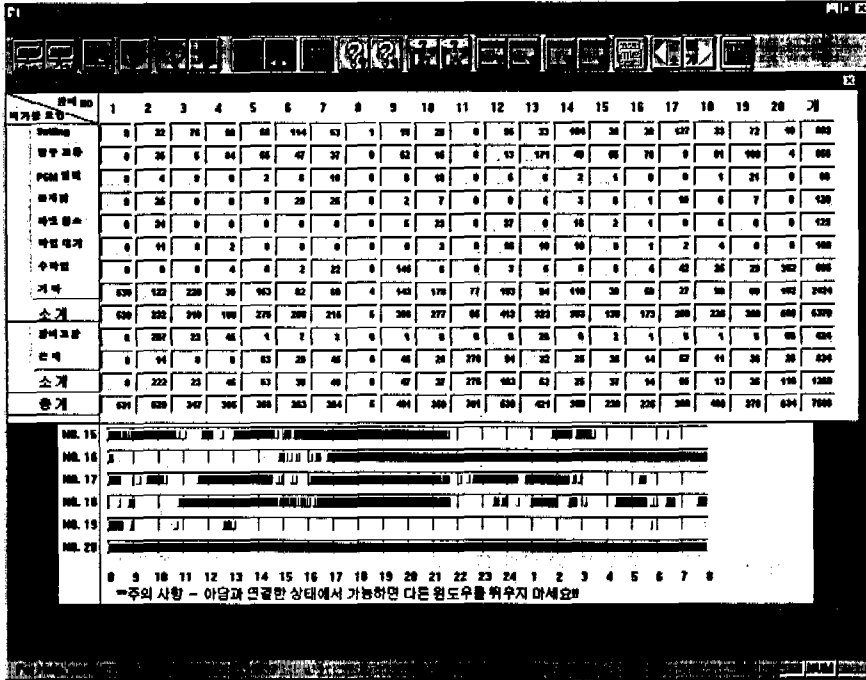


그림 6.2 전 장비별 비가동요인(년)

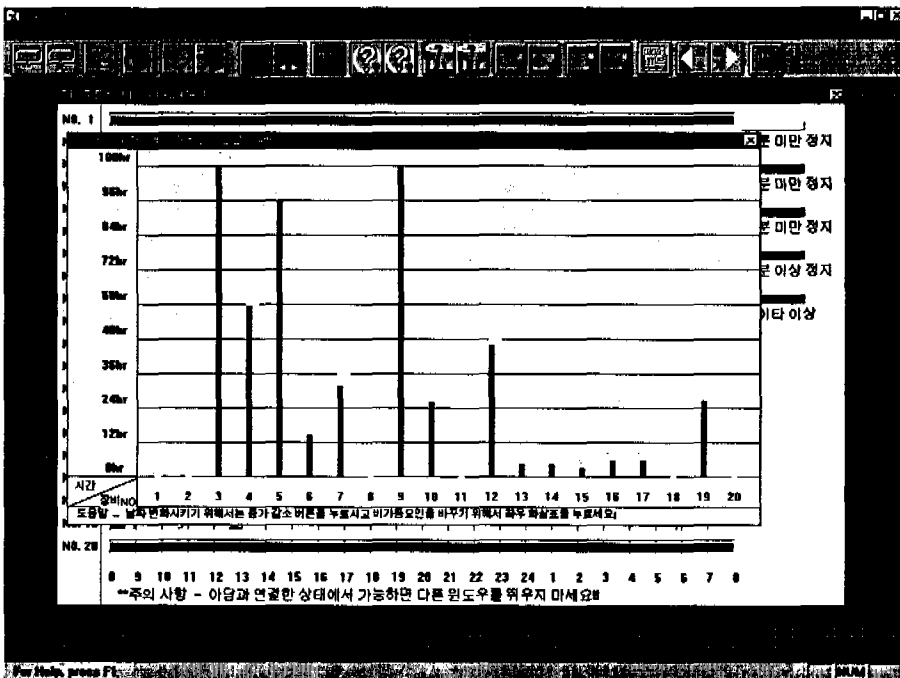


그림 7.1 장비별 비가동 요인비교(월)

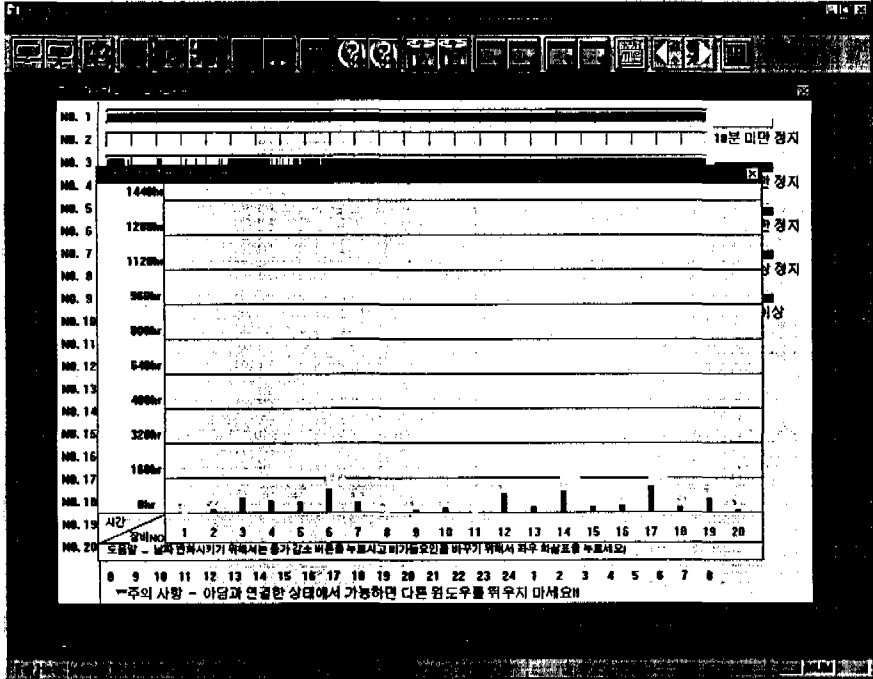


그림 7.2 장비별 비가동 요인비교(년)

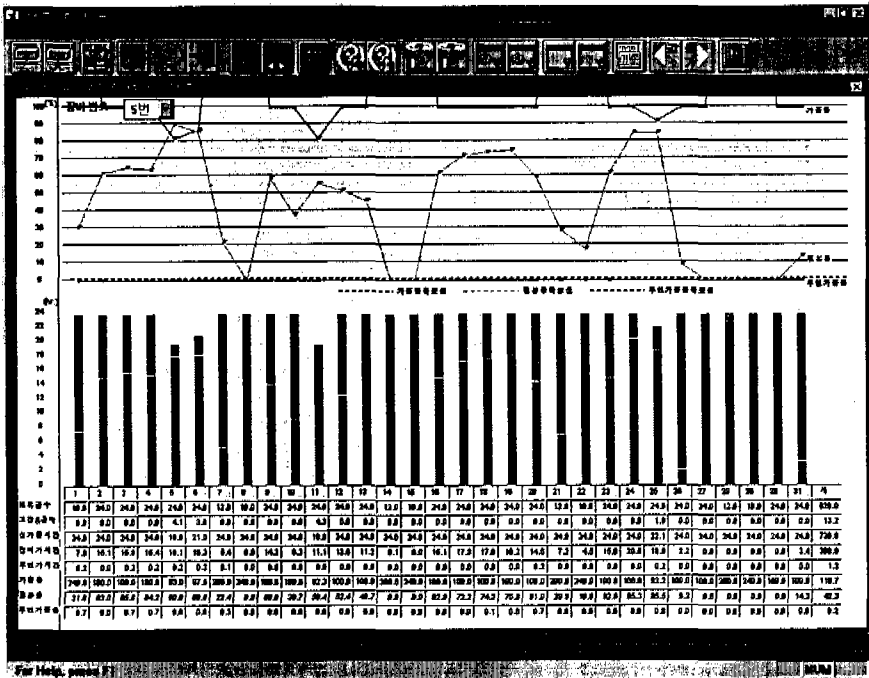


그림 8.1 기계 가동현황 추이(월)

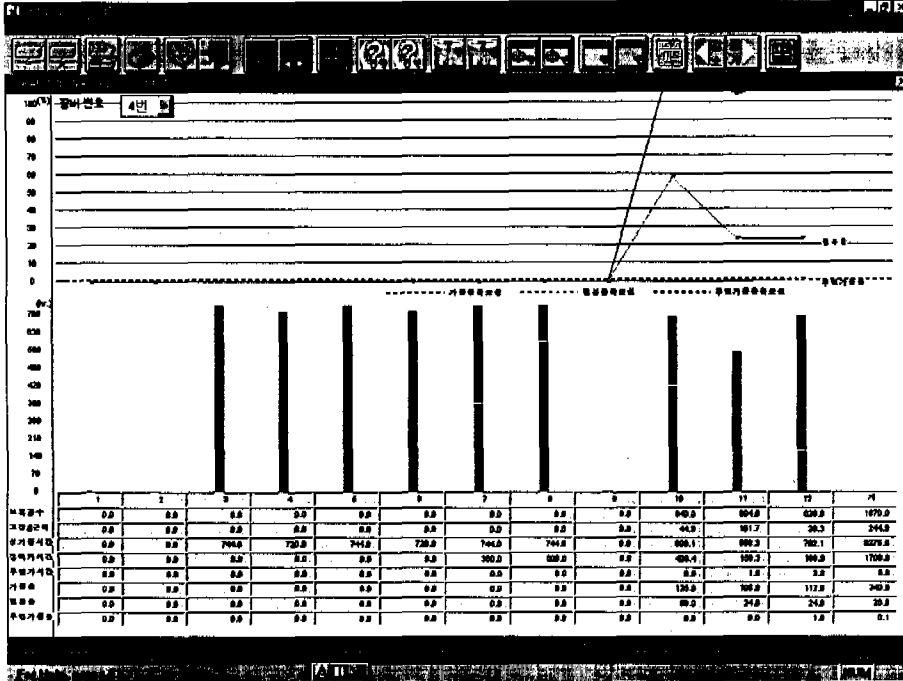


그림 8.2 기계 가동현황 추이(년)

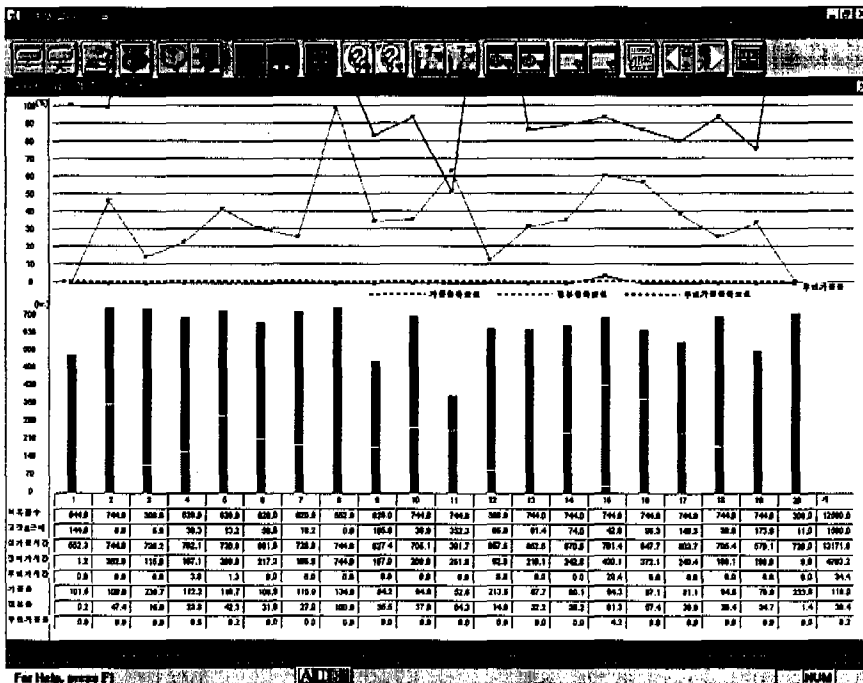


그림 9.1 기계 가동상황 추이(월)

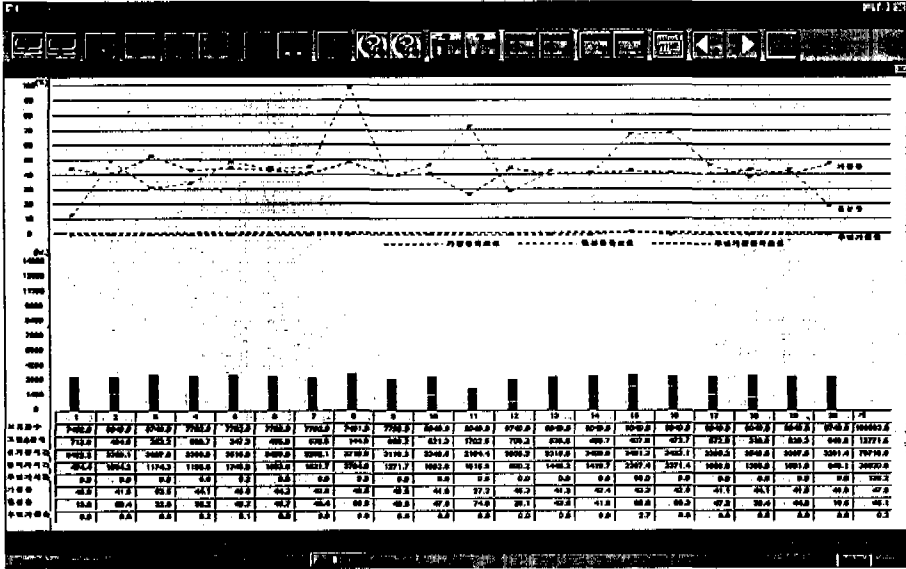


그림 9.2 기계 가동상황 추이(년)

### 4. 결 론

이상에서와 같이 본 연구에서는 설비공장의 가동장비들의 실시간 모니터링 시스템의 구축 방안을 제시하였다. 구축된 실시간 모니터링 시스템은 실시간으로 지속적으로 장비들의 가동상태를 모니터링함과 동시에 설비상태 및 각 장비의 생산 능력을 과학적으로 관리함으로써 보다 과학적인 시스템의 설비관리 운용이 가능하게 되어 현장 작업자들로 하여금 설비 생산성에 대한 의식을 고취시키고 이를 기반으로 작업자들의 적극적인 참여를 유도하였다.

한편 기술적인 측면에서도 간편하고, 확장성이 용이하며, 경제적인 보들을 개발함으로써 현장밀착형의 기술 국산화에 기여할 수 있게 하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 현재 H사의 금형 공장에 설치되어 현장의 각종 장비의 가동상태를 실시간 모니터링함은 물론 설비보전 관리 및 생산성 향상에 적극 활용되고 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] ADAM 4000 Series User's Manual, ADVANTECH, 1994.
- [2] ADAM 4000 Series Data Acquisition Modules, User's Manual, ADVANTECH, 1994.
- [3] 정방환 외 3인, "전자부품산업에서의 실시간 공정 및 설비 모니터링 시스템 개발", 산업공학, 제8권 제4호, 1995, 11, PP.61-72.
- [4] 박상봉, "CIM 구축을 위한 구체적 방안", 월간 자동제어계측, 1995, 3, 10-13.
- [5] 김진수, "PLC 기술 개발동향", 월간 자동제어계측, 1995, 8, 2-5.