

CMMS(Computerized Maintenance Management System)의 실 시간적인 CBMS(Condition Based Maintenance System) 연구

Development of CMMS for the real-time CBMS

박주식*

Joo-sic, park

박재현*

Jae-hyen, park

강성식**

Gyung-sic, kang

이광배***

Kang-bae, Lee

Abstract

Equipment and machine of industrial plant are give effect to mechanical stress of many working-stop or long time operating. Therefore, to be old and decrepit of every kind of equipment. As long time operating equipment period into increase conservation and of repair equipment time is efficacious necessity of utility factor gradually that of productivity of diminution and complete equipment expense of increase. Conservation at special skill working and necessity is that will effectually and complete equipment a period prevention management diagnosis can conservation point at issues at in advance.

1. 서 론

정밀가공기계, 수송장비 및 유·공업 설비는 빈번한 가동정지 및 장기운전에 의한 열적, 전기적, 기계적 스트레스를 받게 되며, 이로 인하여 각종 설비의 열화와 노후화가 진행된다. 그리고 장기운전에 따른 보수 및 정비 기간의 증가로 생산량의 감소 및 정비비용의 증가와 함께 설비의 효율적인 운용의 필요성이 점차 증대되고 있다. 이러한 문제점들을 사전에 예방하기 위하여 보수 및 정비기간 동안 예방 진단을 실시할 필요가 있다.

* 명지대학교 산업공학과 박사과정

** 명지대학교 산업공학과 교수

*** 명지대학교 전자정보통신공학부

근래에는 전문가시스템을 이용한 진단시스템 구축이 이루어지고 있는데, 여기에는 설비나 장비 정지 중에 실시하는 off-line 진단법과 운전 중에 실시하는 on-line 진단법으로 구분된다.

off-line법의 시험을 실시하기 위해서는 공장내의 설비를 정지시켜야 하기 때문에 운전정지에 따른 경제적인 손실과 실제 운전상태에서 발생하는 이상상태를 감지할 수 없다는 단점이 있다.

이와 같은 문제점들을 보완하기 위해 개발된 on-line 진단법은 전동기의 장비나 설비의 실제 운전 중에 발생하는 소음, 진동, 열 신호를 측정하여 시스템의 이상 유무를 진단하는 기법이다.

2. 연구내용 및 방법

과거에는 정기적인 진단으로 인력 및 장비의 손실 등 여러 가지 낭비를 초래해 왔으나, 설비기계에 대하여 진동, 소음, 열에 의한 실 시간적인 센서신호를 감지하여 예측검사를 함으로써 생산전체의 공정, 품질관리, 신뢰성, 인명의 안전등의 측면에서도 많은 효율을 기대할 수 있다. 또한 고도의 컴퓨터 시스템을 이용하여 소프트웨어의 개발이 다양화되면, 보다 저렴한 가격으로 진단을 해나갈 수 있을 것이다. 설비를 효율적이고 작업 가능 상태로 유지하고, 유휴시간을 최대한 줄이며, 가능한 한 안전하게 가동되도록 하기 위해 조사, 계획, 설계, 제작, 설치, 운전, 보전을 거쳐 교체에 이르기 까지 설비의 이력을 총괄하여 관리함으로써 생산성을 높이는 전반적인 기술활동이 발전되어 왔다.

현재 우리 나라의 형편을 살펴보면 설비고장진단에 대한 이상진동, 열, 소음의 현상과 이상판별기준 및 데이터가 축적되어 있지 않은 실정이다. 설비고장진단기술을 보다 발전시켜 나가기 위해서는 설비고장진단을 할 수 있는 FFTAES(Fuzzy Failure Tree Analysis Expert System)와 같은 시스템 개발이 시급하며 이를 전문적으로 다룰 수 있는 정기적인 점검 및 예측점검을 시도해 나가는 것이 바람직한 방향이라 사료되며 또한, 이를 위하여서는 각종 데이터의 정립 및 전문기술 인력의 양성에 온 힘을 기울여야 할 것으로 사료된다.

2.1 연구내용

본 연구의 RTBMS(Real Time Based Management System)은 다음과 같이 4개의 구조로 구성되어 있다.

- 설비의 상태를 감지할 수 있는 센서(열:thermal coupler, 진동:vibration, 소음:noise)
- 설비상태신호 증폭 및 신호처리
- 설비상태관리(CBM: Condition Based Maintenance)와 컴퓨터감시관리(CMM: Computerized Maintenance Management)의 데이터를 분석하여 원인을 추적하는 전문가 시스템

(FFTAES: Fuzzy Failure Tree Analysis Expert System)

- 설비상태정보를 시간대별 저장, 전송하는 데이터베이스 구축

실시간 고장진단이란 설비 또는 공정정보를 on-line으로 받아들여 분석하는 것으로 가동중인 설비에서 이상이 발생하였을 경우 설비제반의 정보를 이용하여 그 원인을 찾아내는 것이다. 설비가동중에 이상이 발생되면 센서검출신호는 정상상태에서 벗어난 값의 경향이 발생한다.

CBMS(Condition Based Maintenance System)는 이러한 이상을 감지하고 진단하기 위하여 정상변수값을 각각의 할당된 범위안에서의 변수 상태를 감시해야 한다. 그리고, 설비 전문가가 설비의 이상이 발생하였을 때 그 원인을 찾는 방법인 경험적 지식을 컴퓨터에 저장하거나 설비를 저장함으로써 고장이 발생하였을 경우 작업장에게 빠른 조언을 할 수 있게 된다. 이러한 시스템의 기본 문제는 실시간 실행에 있어서 가상적 고장과 실제 고장의 정확한 판단과 많은 양의 지식을 주어진 시간내에 효율적으로 탐색하는데 있다.

2.2 연구방법

- ① 고장진단 방법에 관한 문헌의 이론적 접근방법의 비교 및 검토
- ② 선택된 pilot 설비에 맞는 고장진단 방법의 선택 및 개선
- ③ 고장진단 시스템의 구축을 위한 개발 시스템과 하드웨어의 비교 및 선택
- ④ pilot 설비 설치 및 가동, 그리고 고장분석
- ⑤ simulation의 결과를 이용한 prototype 고장 진단 시스템의 개발
- ⑥ 실제 실험을 통하여 고장 진단 시스템의 개발
- ⑦ 운전과 고장진단에 관한 문헌으로부터 프로그램에 적용될 고장 진단지식의 수집 및 정리
- ⑧ simulation과 pilot 설비를 이용한 시스템의 평가 및 보완
- ⑨ 실제 적용 가능한 고장 진단 시스템의 완성
- ⑩ 실제 공정의 진단 시스템의 완성 및 일반적 설비의 진단 시스템개발 연구

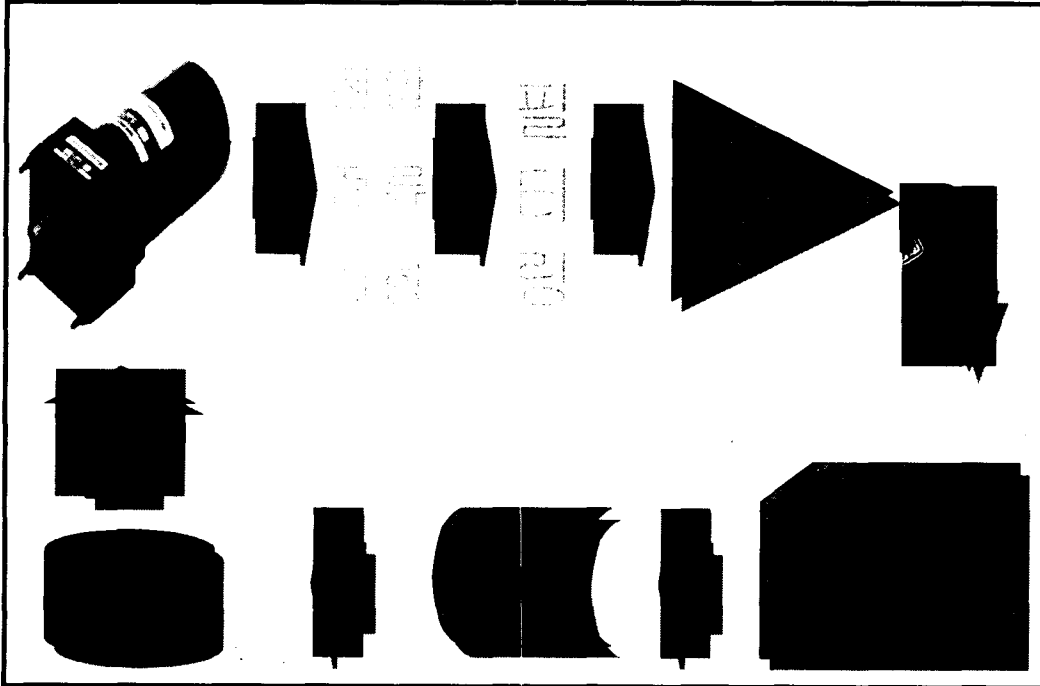
본 연구의 시스템 개발은 우선 시스템 도입을 하려는 설비의 특성을 파악하는데 있다. 이에 따른 데이터 수집과 프로그램으로 컴퓨터관리할 수 있는지를 파악한다. 그리고, 기계적, 전기적 진단에 있어서 어떻게 고장신호를 파악하는지가 중요한 것이다. 이로서는 센서종류, 수량, 신호처리방법이 있는데 이와 같은 문제는 실험방법에 의해 해결해 나갈 것이다.

3. 실험 방법

생산설비, 가공장비에 있어서 공통으로 장착되어 있는 것이 전동기이다. 이러한 회전기기에 진동, 소음 및 온도센서 등을 이용하여 filtering을 거친 신호를 Amplifier를

거쳐 컴퓨터에 전달하게 된다.

소음센서는 소음측정기로 측정하고, 진동은 가속도센서(Shock sensor)를 이용하며, 온도측정은 pT100Ω 저항체를 사용한다. 이러한 센서는 전동기의 부하측과 무부하측에 장착한다.



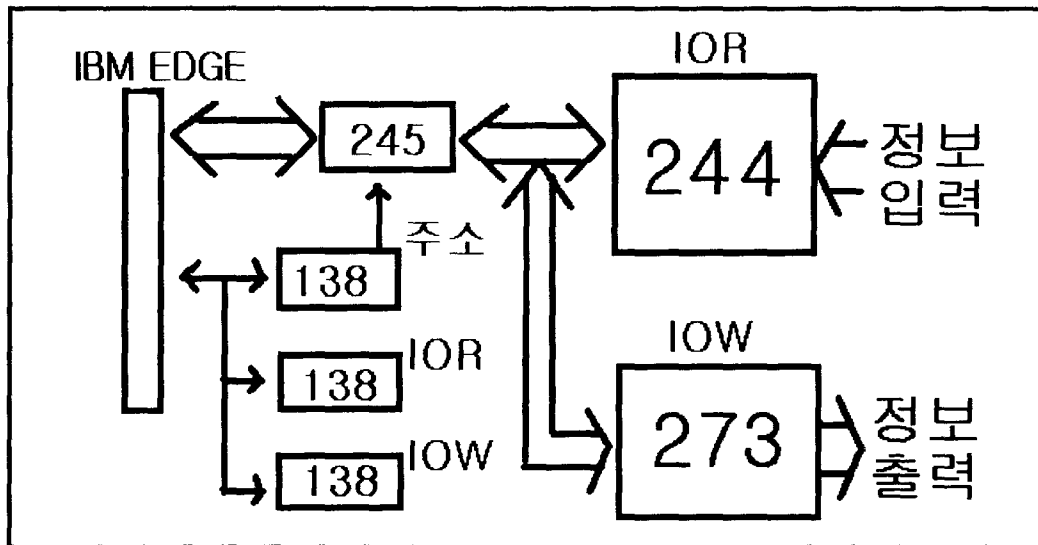
<그림 1> 전동기 고장진단 시스템

<그림 1>은 실제 전동기 고장진단 시스템 블록도를 나타낸 것이다. 센서에서 나온 정보를 신호분석기를 통해 주의, 위험, 정상 등의 표현으로 분류하고, 수명예측 및 설비 이상유무를 조기에 발견하여 조치를 취할 수 있다. 이렇게 CMMS(Computerized Maintenance Management System)는 항상 설비상태신호를 실시간적으로 데이터베이스에 저장하여 현재 설비가동상태의 경향과 고장점 파악등의 고장원인분석을 할 수 있게 한다.

RTBMS는 신호증폭기를 통해 나온 신호를 모니터링이나 관리자에게 정보를 표현하기 위해 A/D(Analog/Digital) converting을 한다. 이것은 converter의 능력(bit)에 따라 아주 세분화 된 정보까지 표현할 수가 있다.

이번 연구에서는 A/D converter는 Intersil사의 ICL7135이고, 증폭기는 일반 Op-amp를 사용하였다. PC와 신호처리기 사이의 I/O(입출력: Input/Output)인터페이스는 TTL 레벨이 가능한 모듈라의 74LS244를 사용하여 8bit 단위씩 64bit 까지 처리 가능한 board를 사용하였으며, 병렬처리가 가능하다. 그리고, 현장의 noise 신호를 감소시키기 위해 shield 처리된 cable로 connecter 처리하였다.

예를 들어, 온도를 측정하는 모니터는 시스템에서 최대 온도 감지능력은 0℃에서 100℃까지 할 수 있는 pT100Ω 저항체 센서가 있다. 필터링과 신호증폭을 통해서 DC 0V에서 10V 까지 증폭을 한다. 즉, 0V는 0℃가 되고 10V는 100℃로 되는 것이다. 이때 모니터링으로 이러한 정보를 표현할 때 실제 온도 값을 표현하기 위해 12bit A/D converting은 0℃에서 100℃를 최대 4096단계로 분할하게 된다. 이것을 신호증폭기와



<그림 2> I/O 인터페이스 블록도

<표 1> 신호증폭값, A/D 분해값과 실제온도 관계

단계	신호증폭기(V)	AD converting 분해값	실제 온도(℃)
1	0	0	0
2	2.5	1024	25
3	5	2048	50
4	10	4096	100

같이 표현하면 <표 1>과 같이 되고, <표 2>는 퍼지언어값(Fuzzy Linguistic value)으로 표현하는 FFTAES value의 퍼지언어변수와 실제온도값을 표현한 것이다.

그리고, <그림 2>는 PC와 신호분석기와 신호정보를 전달하는 I/O 인터페이스 블록도이다.

인터페이스에서 출력된 신호를 <표 1>의 신호값으로 변환하여 <표 2>와 같이 표현하게 되면 현장의 작업자가 정량화된 정보를 보고 잘못 판단을 할 수 있으나, 퍼지언어값으로 If-Then rule로 정성적으로 현 상태를 표현하게되면 비전문가라도 상태를

판단하여 관리할 수 있게 된다.

이러한 IF-Then rule을 가지고 <표 3>과 같은 RTBMS 시스템 프로그램을 구축한다. 측정기능은 I/O 인터페이스에 들어온 binary신호를 hex-decimal코드로 변환하여 full-scale range 대 신호값으로 처리한다. 감시 및 진단기능은 변환된 신호를 한 화면에 bar-graph, line-graph로 window 화면에 표현한다. 저장 및 전송기능은 시간 및 기간대별 신호정보를 저장하고 중앙시스템과 net-work를 통해 전송한다. Diagnostic 기능은 <표 2>에 의한 If-Then rule에 의해 장비 상태를 감시 및 진단 기능에 전달함과 동시에 측정장치의 error와 작동의 문제를 점검하는 self-test 기능이다. <표 3>은 RTBMS의 진단시스템의 기능 설명을 요약한 것이다.

<표 2> FFTAES value의 퍼지언어변수와 실제온도값

순위	퍼지언어변수	고장 가능성 값	실제온도(°C)
1	undefined	0.00	0
2	not likely	0.10	10
3	unlikely	0.20	20
4	low	0.30	30
5	medium	0.40	40
6	likely	0.50	50
7	more or less high	0.60	60
8	high	0.70	70
9	very high	0.80	80
10	very very high	0.90	90
11	unknown	1.00	100

<표 3> RTBMS 진단시스템 기능

기능	기능 작용	설명
측정	진동, 온도, 소음	고장 및 경향관리, 사용시간관리
감시 및 진단	실시간 순차적, 이상발생시	설비진단, 고장진단, 이상진단
저장	시간대별 상태정보	분별, 시별, 일별, 월별, 분기별, 년별
전송	시간대별 상태정보	Host 및 terminal PC
Diagnostic	Error, 전기적 noise	신호 오류 판별

4. 결론 및 연구과제

설비고장진단은 실제상태에 대한 정보를 근거로 고장보전이나 예방보전보다 논리적인 개념으로 보전비용감소, 기계가용도 증가, 생산성 향상, 기계수명연장, 전체이익 증가 등의 이익을 얻을 수 있다.

시스템 실제 운영상태에 대한 정보전달원인 모니터링 정보는 진동, 소음, 열 신호가 있고, 이러한 정보로부터 시스템상태에 관한 정보를 추출하기 위한 모니터링 기법은 진동모니터링기법, 소음 모니터링기법, 열 모니터링기법 등으로 분류할 수 있다.

또한 모니터링 기법으로 통해 얻은 신호 데이터를 분석하여 시스템상태를 진단하고, 설비관리자에게 언제 어떻게 결함감지 및 진단분석기법은 FFTAES, 뉴럴 네트워크 추론 등을 통해 정보를 제공해 주는 시스템이다.

그리고, 앞으로 연구되어야 할 과제를 보면 잡음이 포함된 정보를 시스템상태에 관한 순수한 정보만을 담고 있는 데이터로의 변환문제, 분석상 오차를 줄이기 위한 A/D converter의 분해능 증가, 연속적으로 얻게 되는 수많은 데이터를 어떻게 평활시켜 대표값으로 설정할 것인가에 관한 연구가 되어야 하겠다. 정확한 고장시간 예측을 위한 신뢰성 있는 분석기법 제시가 필요하고 이를 한마디로 요약하면 on-line 측정시스템의 센서선정분야와 회로설계 및 진단시스템 개발분야, 그리고 전산시스템 및 네트워크 구축분야 등의 등이 있다.

5. 참고문헌

1. 김길동, "자료 구조 형태에 따른 퍼지 안전진단 전문가 시스템 개발", 동국대학교 대학원 박사학위 논문, 1997.
2. 김태수, 허용범, "제철소의 설비진단 시스템", 전기학회지 38권 11호, 1989.11, pp48-54
3. Wang,G.N., Kim,G.S. and Jeong, Y.S., "Radial Basis Hybrid Neural Network Modeling for On-line Detection of Machine Change," Journal of the Korean institute of industrial Engineers, vol 20, pp113-134, December., 1994
4. Roger, J. "Power Plant Diagnostics Go On-Line.," Mechanical Engineering, 1989, vol.111, No.12, pp38-42
5. Samimy, B and Rizzoni, G., "Mechanical Signature Analysis Using Time-Frequency Signal-Processing-Application to Internal-Combustion Engine Knock Detection", Processings of the IEEE, 1996, vol.84, Iss. 9, pp1330-1343
6. Schump, D.E., "Testing to Assure Reliable Operation of Electric Motors.," Record of Conference Papers-Annual Petroleum and Chemical Industry Conference. Public by IEEE, IEEE service center, Piscataway, NJ, USA (IEEE cat n 90CH2922-3). pp.179-184
7. "LabVIEW User Manual January Edition", National Instruments, 1998.
8. Andrew S. Tanenbaum, "Computer Networks 2nd Edition", Prentice Hall, 1998.

9. "Linear Products Burr-Brown IC Data Book", pp.2329-2331, Burr-Brown, 1996/1997
10. Lawrence P. Huelsmen, "Active and Passive Analog Filter Design An Introduction", McGRAW-HILL, 1993.
11. David F. Stout, Milton Kaufman, "Handbook of Operational Amplifier Circuit Design", pp.8-1~8-3. McGRAW-HILL, 1976.
12. Franklin F. Kuo, "Protools & Techniques for Data Communication Networks", Prentice Hall, 1934.
13. Pande, P. K., M. E. Spector, P. Chatterjee, "Computerized fault tree analysis," TREE AND MICSUP, ORC 75-3, Operation Research Center, University of California, Berkeley, (1975).
14. Nisra, K. B., G. G. Weber, "A New Method for Fuzzy Fault Tree Analysis," Microelectronics Reliability, Vol.29, No.29, pp.195-212, (1989).

저 자 소개

- 박주식** : 인천대학교 산업공학과 와 동 대학원을 졸업하고, 명지대학교 대학원 산업공학과 박사과정이다. 관심분야 설비관리 및 보전, CIM, 자동화, Fuzzy응용, computer interface분야 등.
- 박재현** : 명지대학교 산업공학과 학사·석사·박사수료.
현재 서일대학 공업경영과 초빙교수로 재직중.
주요 관심분야는 생산관리, 품질관리, 공정관리 등
- 강경식** : 현 명지대학교 산업공학과 정교수.
명지대학교 산업안전센터 소장 및 안전경영과학회 회장
관심분야 생산운영시스템, 시스템 안전
- 이광배** : 1981.03 - 1982.02 : 테스트 프로그래머, 삼성반도체
1982.03 - 1983.03 : 프로그래머, 금성사
1988.08 - 1990.08 : 데이터베이스 프로그래머, 아리조나 주립대
1990.08 - 1991.12 : 실험조교(Digital Hardware Lab.), 아리조나 주립대
1998.02 - 1999.01 : 국외 파견교수(Worcster Polytechnic Institute)
1992.03 - 현 재 : 명지대학교 전자공학과 부교수
1994.03 - 현 재 : 대한전자공학회 논문편집위원
주요연구분야 : 멀티미디어(영상 및 음성신호처리), 병렬처리 및 고속 컴퓨터(prolog방식), Communication System