

차량용 엔진 개발 시험을 위한 통합자동모니터링 시스템 개발에 관한 연구

유성호, 구자록

울산대학교 정보통신대학원 정보통신공학전공,
울산대학교 컴퓨터.정보통신공학부

<요 약>

차량용 엔진 개발 시험에서 발생하는 다양한 문제를 초기에 자동으로 감지하여 조치할 수 있는 모니터링 시스템에 대해 연구하였다. 기존 모니터링 시스템을 조사, 분석한 결과, 가장 부족한 부분인 엔진의 오일 소모 시험에 대한 자동 모니터링 시스템과 엔진의 전체 손상을 가져오는 각종 문제들을 해결하기 위한 자동 모니터링 시스템 개발에 관해 연구하였다.

오일 소모 자동 모니터링 시스템은 시험 편차를 줄이고, 수시로 실시하는 오일 점검 및 오일 보충을 자동으로 실시함으로써, 시간과 인력 소모를 대폭 줄여 경쟁력 있는 제품 개발에 적합하다.

A Study on the Integrated Automatic Monitoring System Development For An Advancement Test of the Engine

Yoo Seong Ho, Jarok Koo

Graduate School of Information and Communication Technology,
Department of Information and Communication Engineering

<Abstract>

We studied about the Monitoring System that can automatically detect and respond at the beginning of the several engine problems that occurs during the engine-developing

test. First of all, we executed the research on examining and analyzing the common Monitoring System of which, the most lacking part was a system for automatic inspection of engine oil along with the automatic oil injection.

By automatically operating the efficiency of diminishing the declination test and often applying oil inspection along with its supplementation, the Oil Exhaustion Automatic Monitoring System was evaluated as compatible and appropriate in product developing system that can reduce the time and effort.

I. 배경

엔진 연구 분야에서 경쟁력 있는 제품개발을 위해서는 불필요한 시험 횟수를 줄여야 하며, 짧은 시간에 여러 번의 시험을 실시하여 개발 기간을 단축시켜야 한다. 이를 위해서는 신뢰성 있는 데이터 도출과 각종 오류인자를 조기에 발견하고 제거해야 하는데, 시험실의 상시 통합 관리를 위한 모니터링 시스템과 합리적인 개발 이력 관리를 위한 데이터베이스 구축이 요구된다.

본 논문에서는 엔진 개발 시험에서 가장 위험에 노출되어 있고, 장시간 소수 인원으로 주야간 철야 진행되는 엔진 내구 시험실의 경우 자동 모니터링 시스템의 필요성이 대두되어, 엔진 내구 시험실에 가장 적합한 자동 모니터링 시스템의 구축에 관한 연구를 진행하게 되었다.

II. 엔진과 내구시험실

1) 엔진의 기본 구조

표-1에 엔진의 구조를 시스템 별로 분류하여 각각에서 요구하는 주요 측정 항목을 정리하여 나타내었다.

표-1 엔진의 시스템별 기능과 주요 측정 항목

	기능	주요 측정항목
흡기계	대기의 공기를 연소실로 가장 저항을 적게 하여 이동시키기 위한 시스템	- 흡기 온도 - 흡기 압력
배기계	배기 가스를 원활히(Emission을 고려한 상태) 대기로 배출하기위한 시스템	- 배기 온도 - 배기 압력
연소계	적정한 연소 조건에 연소가 이루어 지도록 하기위한 시스템	- 연료 온도 - 연료 공급 압력
Moving계	연소에너지를 직선 운동으로 변환하기위한 시스템	- 마모 상태 - 파손 유무
윤활계	Moving 계 섭동부에 윤활을 시키기 위한 시스템	- 오일 온도 - 오일 압력
냉각계	엔진의 과열을 방지하기위한 시스템	- 냉각수 온도 - 냉각수 수위
Sealing계	각 부분의 연결부분에서 오일이나 Gas, 냉각수Leak를 방지하기위한 시스템	- 오일 Leak 유무 - 냉각수 Leak 유무 - Gas Leak유무 - 연료 Leak 유무
Blow-By계	엔진에서 발생하는 Blow-By Gas를 흡기계로 이동시키기 위한 시스템	- Blow-Out 과다유무 - Blow-Over 발생유무
전장계	엔진의 필요한 전기를 생성시키며, 이를 필요한 각 부분으로 연결해주는 시스템	- 각부 정상 연결 상태

2) 내구 시험실의 Lay-Out

모니터링 대상이 되는 엔진과 시험실 내부 환경의 전반적인 Lay-Out을 정의하고자 한다. 먼저 제어 대상이 되는 엔진은 디젤이나 가솔린 등의 연료를 연소시켜 이때 발생하는 연소에너지를 기계적 에너지를 변환시키는 것으로 엔진의 회전수와 Torque를 제어되는 Dynamometer에 장착하여(엔진 대상 시험) 시험하게 되며, 기타 각종 시험 조건은 이에 따르는 부수 장비에 의해 제어된다.

아래 그림-1에서와 같이 엔진을 Dynamometer에 장착하고, 그 주위에는 엔진 오일이나 냉각수 연료 등을 조정하기 위해 오일 온도 Controller, 연료 온도 Controller, 냉각수 온도Controller 등이 설치되어 있다.

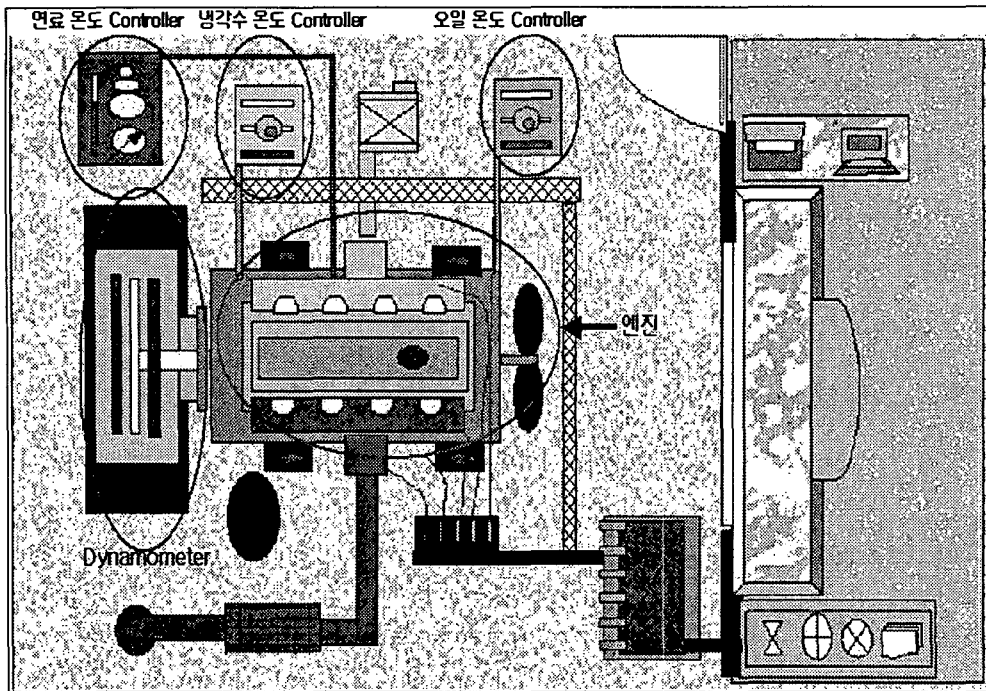


그림-1 내구 시험실의 Lay-out

3) 엔진 내구 시험 모드 분석

각종 내구 시험 모드의 특성과 분류를 통하여 자동 모니터링을 위한 대표적인 모드를 선정하고, 엔진 모니터링을 위한 제어방법을 연구하고자 한다.

표-2 엔진 내구 시험 종류와 조건

내구시험 종류	시험 진행방법 및 조건	모드구분
1) 전부하 연속 내구	일부하 및 회전수를 사용 가능한 최대 상태로 운전한다	정속 모드
2) 열 사이클 내구 (Thermal Shock)	냉각수 온도와 엔진 회전을 수분 간격으로 최저에서 최대로 바뀌가면서 진행하며, 내구 후 각부의 Sealing 상태를 판단하게 된다	사이클 모드
3) Over Load	최대 회전수의 부하보다 10~20% 과다하게 운전하여 안전을 측면에서 엔진의 내구력을 평가하게 된다	정속 모드
4) Tappet Wear	중속/최대 회전력 발생 영역에서 연속 운전하여 Timing계의 마모 상태를 평가하는 것으로 Friction측면에서는 최악의 상태에서 운전된다	정속 모드
5) Max.RPM/무부하 사이클	Over Speed에서 무부하 상태로 연속 운전되므로 엔진의 회전체의 관성 Moment가 최대인 상태로 운전된다	정속 모드
6) 피스톤 Verification 사이클	전구간에서 다양한 시험 조건 변화로 운전하여 피스톤에 주어지는 Lubrication (Friction)측면과 실린더 보어 변형 등을 다양하게 주어 피스톤의 접촉 상태 및 카본 퇴적 상태, Piton Ring의 마모상태를 평가하는 시험으로 간혹 피스톤 Melting발생시 엔진의 Total Fail되는 경우가 발생하므로 주의가 요구되는 시험이다	사이클 모드
7) Hot Chamber Test	Test Cell내의 온도를 최대 50℃이상으로 상승시켜 Full x Full Load조건으로 연속운전하여 각종 Belt류나 고무류, Cooling Fan의 내구력을 평가한다	정속 모드
8) EGR Valve Test	배기가스 일부를 흡기공기로 재 순환시켜 연소조건을 악화시킨 조건에서 연속 운전한다.	정속 모드
9) 오일 소모Test	2가지로 구분된다. 엔진회전수와 부하를 고려한 모드와 전부하 연속모드로 나누며, 전부하 연속모드의 경우는 운전시간이 보통 10시간 단위로 나누며, 20시간 이상 운전할 경우는 내구시험과 병행 실시하는 경우도 있다	정속모드
10) Blow-out Test	엔진의 부하 조건별 엔진의 Blow-By Gas량 변화를 외부에서 인위적으로 증가시키면서 Blow-By Gas변화와 Blow-Out Oil 량을 Check하고 가속을 진행하면서 엔진 내부(실린더 헤드)에서 오일이 나와 흡기계를 다량의 오일이 넘어 나오는 지 여부를 확인하는 시험이다	사이클 모드

4) 주요 제어 장비 및 센서류 분석

엔진 시험 조건을 제어하기 위한 장비들은 표-3과 같은데 엔진에 공급되는 오일, 연료, 냉각수 온도를 시험 조건에 맞게 유지하기 위해 제어하는 장비로 자동제어되고 있다.

시험에 사용되는 센서류 종류와 Range 및 출력 신호는 표-4와 같다. 이것은 실제 모니터링 시스템구축에 중요한 사항으로 장비 결정인자로 작용한다.

표-3 주요 제어 장비와 그 기능

장비	기능	제어조건
Dynamometer	엔진의 회전수나 Torque를 제어한다	요구 조건의 ±50 rpm
연료 온도 Controller	표준 연료온도(40℃)를 유지하도록 Feed Back 제어하게 된다	요구 조건의40 ±5 ℃
냉각수 온도 Controller	냉각수온도를 요구하는 Setting값과 비교 Feed Back 제어하게 된다	요구 조건의 ±5 ℃
오일 온도 Controller	오일팬의 오일온도를 요구하는 Setting값과 비교 Feed Back 제어하게 된다	요구 조건의 ±5 ℃

표-4 시험용 센서종류와 출력 Signal분류

측정 항목	장비명	Range	출력신호
엔진 회전수	Tachometer	0~8000 RPM	0~1V or 0~10V *장비에 따라 상이함
엔진 출력	Torquemeter	0~50Kgf.m	0~1V or 0~10V *장비에 따라 상이함
오일 압력	Manometer	0~10bar	0~1V or 0~10V *장비에 따라 상이함
Blow-By	Blow-By Meter Orifice Type	0~250 ℓ/min	0~1V
배기 온도	Thermocouple K-Type	0~200℃	Voltage *Thermometer에서 자동 인식하게 됨
오일 온도	Thermocouple J-Type	0~200℃	Voltage *Thermometer에서 자동 인식하게 됨
냉각수 온도	Thermocouple J-Type	0~200℃	Voltage *Thermocouple에서 자동 인식하게 됨
시험실 내 온도	Thermocouple J-Type	0~200℃	Voltage *Thermometer에서 자동 인식하게 됨

* 온도센서를 Pt-100 Ω도 사용하나 특별한 정도의 요구시 사용하며, 이것의 다른 온도센서와는 달리 자체가 저항체로 외부에서 일정 전류를 주어 온도에 따른 저항의 변화를 감지함으로써 사용 빈도가 낮다.

III. 기존 연구소의 모니터링 시스템 분석

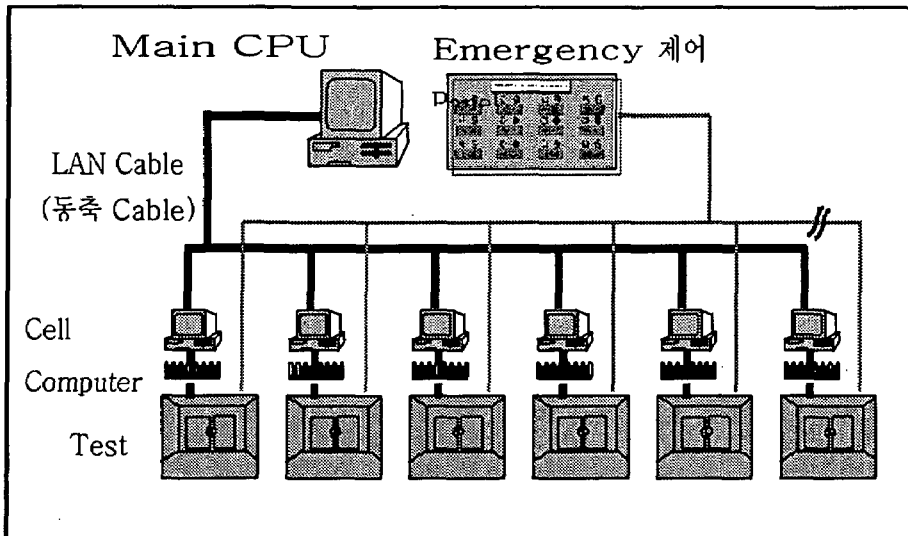


그림-2 전체적인 Monitoring System 구성

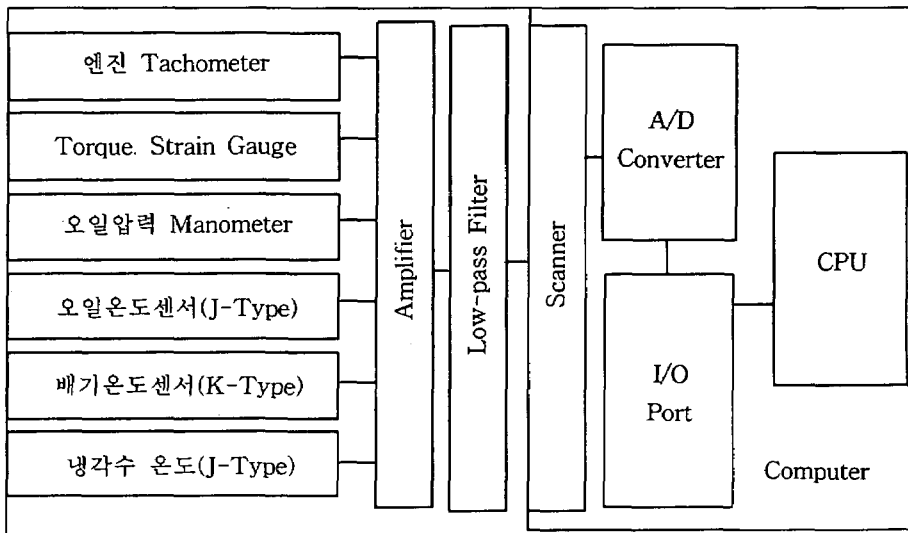


그림-3 시험실의 Monitoring System 구성도

본 시스템은 1994년에 구축한 것으로 PC Network 운영 체제인 Novell NetWare를 이용하여 LAN(Local Area Network)을 구성한 것으로 주요 모니터링 대상이 엔진의 성능 변화를 중점 모니터링하기 위해 설치하였는데, 화재발생 등을 감시하는 카메라는 설치하지 않았다. 모니터링 시스템은 다만 엔진에서 나오는 데이터의 변화 경향만을 감시하고 이상 발

생시 엔진을 Emergency Stop 시키는 단순한 구조로 되어 있다. 각 시험실에서도 엔진으로부터 각종 센서에 의해 Signal Scanning하면 CPU에서는 기존에 작성된 Alarm Setting 값에 의해 Error를 감지하여 엔진을 정지하거나, 엔진을 저속으로 Idle운전되게 지정되어 있다. 이때 Error 신호를 이용하여 시험실과 통합 제어 Room의 Buzzer작동시켜 시험자에게 Error를 알리게 된다. 단순한 통보 개념으로 되어 시험자는 어느 시험실에서 문제가 발생했는지를 알게 되는데, 사후 처리 개념이 강하다. 전체 모니터링 시스템은 그림-2와 같이 구성하였으며, 각 시험실의 시스템구성은 그림-3과 같다. 시스템 주요기능과 평가는 표-5에 나타내었다.

표-5 모니터링 시스템의 주요 기능과 평가

주요 기능	기능 평가
화재 발생 감지 장치	화재에 대한 감지 장치는 없으며, 다만 화재 발생시 자동 진화되는 화론 소화기만 있음
엔진 윤활 상태 감시 장치	오일 압력 변화를 실시간으로 통합 모니터링 Room에서 감지하여 적정 Spec을 벗어날 경우 이를 감지, 엔진 Emergency Stop Button을 작동시켜 엔진의 위험한 순간을 피할 수 있도록 되어 있다
냉각수 유출 감지 장치	냉각수 온도로 추정 감지할 수 있다
연료 누출 감지 장치	별도의 장치를 설치하지 않았음
엔진 성능 변화 감지 장치	통합 모니터링 시스템에서 감지하여 적정 Spec을 벗어날 경우 이를 감지 엔진 Emergency Stop Button을 작동시켜 엔진의 위험한 순간을 피할 수 있도록 되어 있다. 시험실에서도 Alarm Setting 가능함
오일 소모 자동 Measuring 장치	없음

IV. 엔진 모니터링을 위한 각종 제어 시스템

기존 설치한 장비에서 미비한 부분을 개선하기 위한 자동 모니터링 시스템으로, 엔진 오일 소모 자동 측정 장치, 자동 오일 자동 주입 장치, Blow-Over 자동 감지 장치 등을 개발하였다.

1) 오일 소모 시험 자동 모니터링시스템

본 시스템은 매일 1회 이상 이루어지는 오일 점검과 100 시간마다 정기적으로 이루어지는 오일 소모 시험에 대한 자동모니터링을 할 수 있도록 하기 위한 시스템이다.

2) 오일 필터 플립 감지 모니터링시스템

본 시스템은 엔진의 오일 필터의 플립 감지 장치로 장시간 내구 시험 시에 발생하는 오일 필터 플립을 조기에 감지하므로 엔진의 손상이나 화재 및 인명 화상을 방지하기 위해 고안된 자동 감지 시스템이다[14,15,16,19].

3) 오일 Blow-Over 감지 시스템

엔진내의 Piston Side 간극으로 연소 가스가 새어 엔진 Room내로(Crank Case) 들어오게 되는데 이 가스를 Blow- By Gas라 하며, 이것은 다시 흡기계를 통해 연소실로 들어가 재연소시키거나, 대기 방출시키는 방법 중에 하나를 선택한다. 따라서, Blow- Over를 조기에 막기 위한 감지 장치를 고안함으로써 윤활개발이나 내구진행시 무인운전이 가능하게 되었다[17,18].

V.시험실 통합모니터링시스템 개발

다음 표-6에 시험실 통합모니터링시스템의 전반적인 구성과 기능을 표시하였다.

표-6 시스템구성 요소와 기능

시스템	구성요소	기능
CC TV System	카메라	시험실내 엔진운전상태를 CC TV를 통해 Monitoring Room에서 관측가능하게 하고, 평상시 화면이 4화면 상태에서 Alarm 발생시 문제시험실의 화면으로 Auto Focus되며, VTR을 이용 전카메라의 화면을 24시간 연속녹화시키고 재생할 수 있는 기능을 갖는다
	화면분할기	
	Color Monitor	
	Field Switch	
	VTR	
	Matrix Switch	
데이터 모니터링시스템	Converter	시험실의 PC화면의 성능 데이터를 분배기와 동축 Cable을 이용, frame상태로 전송하여 Monitoring Room에서 데이터를 관측가능하게 한다
	Field Switch	
	Color Monitor	
	Thermal Printer	
제어 System	Computer	모니터링시스템의 CC TV System, 데이터 모니터링시스템, 주변장치감시 System을 비롯한 전 System을 PC 운영체제로 통합관리하는 기능을 한다[3,6,8]
	Color Monitor	
	Program	
	Printer	
	PLC Controller	
주변장치연동 System	신호 Cable	시험실주변에 설치되어 있는 장비와 설비들의 신호접점을 Monitoring시스템과 연결시켜 주변장비의 문제점 발생시 시험실을 보호할 수 있는 통합적인 안전제어기능으로 Alarm 발생시수를 자동으로 조치할 수 있도록 하는 기능
	Connection 단자	
	Operating Panel	

다음은 Visual C++로 프로그래밍한 데이터모니터링 시스템의 초기설정화면 및 실행데이터 모니터 화면이다[1,2,4,5].

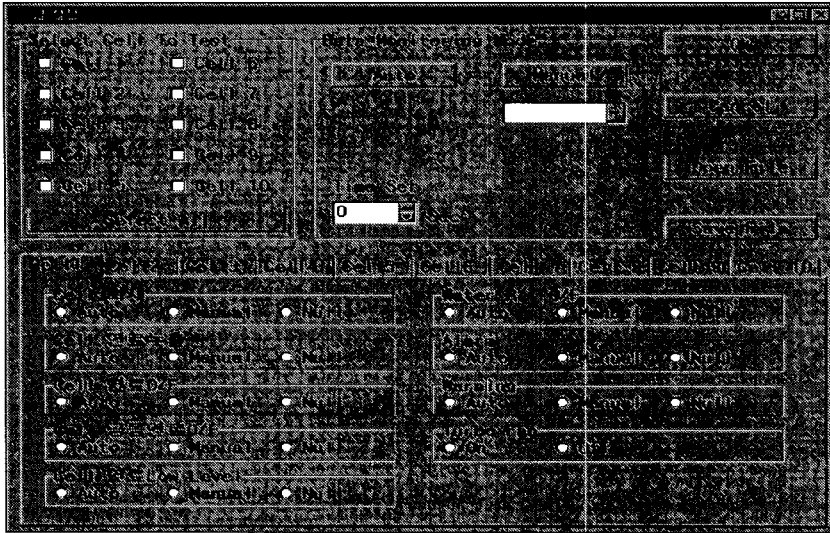


그림-4 초기 설정 화면

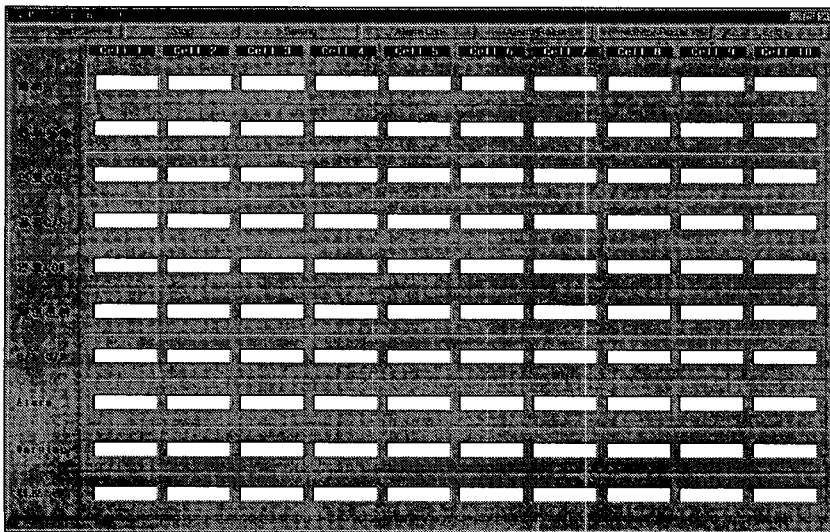


그림-5 실행 데이터 모니터 화면

그리고, 모니터링 시스템의 주요 기능과 평가는 다음 표-7과 같다.

표-7 모니터링 시스템의 주요 기능과 평가

주요 기능	기능 평가
화재발생 감지 장치	화재에 대한 감지는 실내부에 장치된 WV-CS604A Dome Camera로 화상데이터를 야간 시험진행자가 이를 모니터에서 감지하여 조기에 진화가 이루어지도록 되어있다. 화재 자동진화를 위한 소화기는 별도 작동됨
엔진성능, 엔진 윤활 상태감시 장치	시험실의 컴퓨터 화면의 성능데이터를 분배기와 동축 Cable을 이용, frame상태로 전송하여 모니터링실에서 데이터를 관측가능하게 한다
냉각수유출 감지 장치	냉각수 온도로 추정 감지할 수 있다
연료누출 감지 장치	별도의 장치를 설치하지 않았음
오일소모 자동측정 장치	설치
오일필터 플립 감지 장치	설치
Blow-By 증가 감지 장치	필요시 Blow-By Meter를 적용 Control가능
Blow-Out 감지 장치	설치

VI. 결론 및 기대효과

본 논문은 엔진 개발시험실의 자동 모니터링 시스템 구축에 관한 연구로, 각종 엔진시험 시 다양하게 발생하는 여러 Error 인자로부터 엔진과 사람, 장비를 보호하여 개발일정을 단축시키고, 불필요한 경비손실을 줄임으로써 제품의 경쟁력을 확보할 수 있는 실시간 통합 자동 모니터링시스템 개발에 관한 연구이다[7,9,10,11,12,13].

자동 모니터링 시스템의 설치로 주간이나 야간 내구시험을 소수인원으로 진행하는데 큰 무리가 없도록 하였으며, 여러 시험 Error를 제거시켜 주어 엔진 개발 일정을 단축시킬 수 있다.

특히, 본 논문에서 검토된 자동 오일 소모 모니터링 시스템은 그 동안 엔진 오일 소모 편차 과다에 따른 많은 어려움을 해소시킬 수 있으며, 잦은 오일 주입량 Check의 번거로움을 없애주었으며, Blow-Over 감지 모니터링 시스템은 내구 시험 시 자동 제어나 윤활개발시험에 기여한 공이 크다 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 임장진, 신재호, 권병희, Network Bible 3rd, 영진닷컴, 2000.
2. 신문섭, 텔파이5, 영진출판, 2000.
3. 태성길, 심수섭 PLC기초와 응용, 1995.
4. 이상엽, Visual C++ Programming Bible Ver 6x, 영진출판사, 1999.
5. 유상렬, TCP/IP 인터넷, 성안당, 1998.
6. 케이디씨, 컴퓨터 제어기술의 모든 것, 북두출판사, 1996.
7. 이석주, 기업 생존을 위한 새로운 패러다임 CIM, 도서출판기술, 1994.
8. 지일구, PLC 제어기술, 성안당, 1995.
9. 변용선, 이구현외3, 퍼스널 컴퓨터 이용한 분위기 열처리 공정 관리 시스템, 1993
10. 지명석외3, 화상 처리기법을 이용한 어장조성효과의 모니터링 시스템개발, 1995.
11. 조효남외3, 대형교량의 유지 관리를 위한 전산화모니터링 및 분석시스템, 1998.
12. 박용길, Hull 모니터링 시스템과 實船에의 응용, 1987.
13. 이기홍외4, 공동주택에서 전력 설비 감시에 관한 연구, 1995.
14. 유성호, 디젤엔진 오일 필터에 대하여, HMC, 1998.
15. 남충근, Z-엔진 오일필터 폴립 문제 관련 진동 조사, 1997/11/24.
16. 유성호, 오일필터 폴립 현상 관련 조사 및 대책, HMC, 1998.
17. 이상동, 3톤 엔진 윤활계 평가 및 블로바이 재순환 시스템개발 검토, 1998.
18. 한국 윤활 협회, 윤활 고장 사례와 대책, 1978.
19. 유성호, 1톤 오일 필터 공용화 및 체결 안정성 개선, HMC, 1999.