

PC기반의 철도 온도환경에 적합한 모니터링 장치 구현

배거성* · 손기환**

The implementation of the PC-based monitoring device for railway temperature environmental

Goe-Sung Bea* · Ki-Hwan Son**

요 약

우리나라의 일교차는 커지고 있으며, 기후로 인한 철도 피해와 경제적 손실에 대한 보고로 환경이 열악해지고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 상황에서도 철도용 모니터링 장치는 운영과 관리를 지원하기 위해 상시 동작해야 하는 장치다. 따라서 본 연구에서는 COM 기반의 모니터링 장치를 산업용-확장 전자부품을 사용하여 구현 및 제작하였으며, 실제 철도 온도환경에 적합 여부를 시험하였다. 시험을 통해 모니터링 장치의 내한성, 내열성에 대한 검증을 할 수 있었다. 제품에 사용된 부품은 철도산업의 전자제품 개발에 활용할 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The diurnal range of temperature in Korea is increasing. We know that the environment has deteriorated through report about railway damage and economic loss caused by climate. In these conditions, Monitoring device for railway must operate to support the operations and maintenance. Therefore, In this paper, COM-based monitoring device implemented using Industrial-Extended electronic components and made, We tested compliance about temperature environment of actual railway. We verified through testing about cold and dry heat of monitoring device. Used components in this product will be able to utilize the development of the railway industry of electronics.

키워드

Monitoring, COM(Computer On Module), Cold, Dry Heat
모니터링, COM, 내한성, 내열성

1. 서 론

국내에서 운행 중인 영업, 화물 등 철도차량은 국내의 모든 선로에서 운행되고 전국적으로 분포해 있다. 국내 기후환경은 4계절의 분포가 명확하다. 또한 남북, 동서와 같이 지역의 특색에 따른 온도차가 심하다. 이러한 요인에 의한 “재료적 변형과 온도, 습도에 의한 설비 및 장비의 상태가 특정하지 않고” “일정한

기후조건으로 한정하여 검토할 수 없다. 따라서 운용 환경은 수없이 많은 매개변수(parameter)가 있지만 수명에 영향을 가장 많이 미치는 인자”로서 자연환경, 하중, 유지보수, 운전조건 등이 있다.

“그림1”에서 고장 및 수명에 미치는 영향이 가장 큰 것은 자연환경 조건이다. 그 중 40%는 온도의 영향이다[1].

온도에 따른 IC소자의 특성변화를 보았을 때, 사용

* 교신저자(corresponding author) : ㈜앤츠 주임연구원(gsbac.ants@gmail.com)

** ㈜앤츠 수석연구원(khson.ants@gmail.com)

접수일자 : 2014. 06. 21

심사(수정)일자 : 2014. 07. 07

게재확정일자 : 2014. 07. 18

온도가 적합하지 않을 경우 소비전력 증가와 같은 증상을 확인할 수 있다[2].

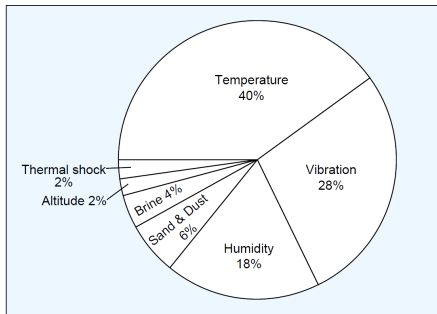


그림 1. 환경 요소와 고장의 관계
Fig. 1 Relationship between environmental factors and failure

기상청에서 발간한 “2010 이상기후 특별보고서”에서 기후로 인한 철도 피해와 경제적 손실이 보고된 바 있다[3].

철도의 특성상 차량기지 및 철도시설물이 자연환경에 노출되는 경우가 많다. 철도변전소의 경우 선로 인근에 위치하여 인적이 드물고 외곽에 위치하는 경우가 대부분이며, 차량기지의 경우 또한 마찬가지이다.

철도차량과 시설물 내부에 냉난방 시설과 같은 환경 유지를 위한 시설을 설치하는 경우가 많다. 환경유지시설의 유무도 중요하지만 장치 또는 전장품 자체의 내한, 내열성이 좋다면 환경유지시설의 축소운영, 유지 및 관리 등에 소요되는 인적, 비용을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

열악한 기온에서도 모니터링 장치는 어떤 대상 시스템에 대해 실시간으로 필요한 데이터를 모니터링하고 구성 시스템의 운영과 관리를 지원하기 위해 필수적인 동작해야 하는 장치이다[4-5].

현재 다양한 시설을 모니터링 하기위한 시스템이 구축되어 사용되고 있다.

본 연구에서는 모니터링 장치를 Industrial Extended (산업용-확장) 부품을 사용하여 철도 온도환경에 적합하게 설계 및 제작하고 동작 온도범위 내에서 정상동작 여부 및 내한, 내열성 시험을 하였다.

시험은 국제규격 (IEC-60068-2-1, IEC-60068-2-2)을 근거로 온도 챔버를 사용하여 진행하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련기술을 살펴보고, 3

장에서 설계 및 시험을 설명하고, 4장에서 시험결과를 보여주며, 마지막 5장에서 결론을 기술한다.

II. 관련기술

2.1. 국내 기후 극값

국내 주요도시의 8년간 고온과 저온 극값의 추이는 매해를 거듭할수록 점증적으로 증가(고온) 및 감소(저온)하고 있다. “그림2”에서 우리나라 기상청에서 측정된 공식 기록 온도를 8년간 온도 데이터를 최고, 최저 기온 각 5개 도시로 한정하여 차트로 나타내었다. 최고기온은 2013년 김해의 39.2℃가 최저기온은 2012년 봉화의 -27.7℃를 확인할 수 있다. 현재까지 온도 극값의 변화량을 보았을 때, 우리나라의 고·저온의 극값의 일교차가 점차 커질 것으로 예상된다.

기후의 변화에 따라 현재 장치의 온도 환경시험 규정을 보다 강화하여 시험하여야 한다.

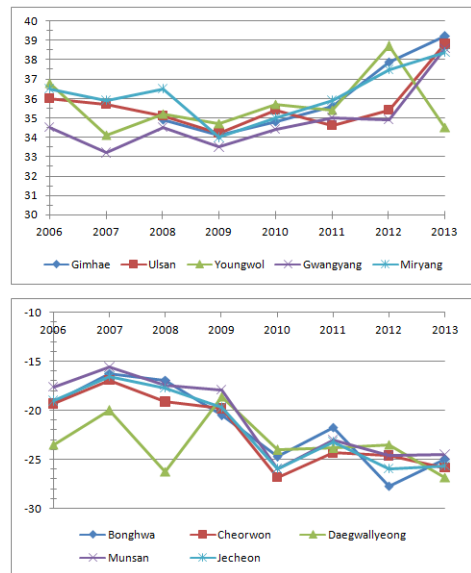


그림 2. 국내도시의 온도 변화(연도별)
Fig. 2 Changes in the temperature of the domestic cities

2.2. 동작온도

철도산업에서 전자부품으로 구성된 장치는 저온, 고온 조건 하에서 정상동작을 해야 한다. 장치는 외부

의 기온보다 내부의 온도가 고온 시 더 높고 저온 시 더 낮다. IC 소자는 최저, 최고 온도를 수용할 수 있도록 선정하여야 한다.

IC 소자는 온도 범위와 함께 사용 전압 범위가 다소 다른 경우도 있으나 주로 동작온도에 따라 4종으로 분류한다.

표 1. IC 소자의 동작온도와 유형

Table 1. IC device's operating temperature and the type

Operating Temperature	Type
0°C ~ 70°C	Commercial
-25°C ~ 85°C	Industrial
-40°C ~ 85°C	Industrial-Extended
-55°C ~ 125°C	Military

“Commercial(상용)에서 Military(군용)로 갈수록 비싸고, 구하기 어렵고, 납품일도 길어진다.” “우리나라 기후 상 야외에서 사용되는 철도용품은 -25°C~85°C 혹은 -40°C~85°C 용 소자가 사용된다[6].”

Industrial Extended (산업용-확장) IC소자의 품질 수준을 유지하는지 확인하기 위해 온도 시험을 행할 필요가 있다[7].

2.5. 국제표준

한국산업표준(KS)의 저온(내한성), 고온(내열성) 시험에 대해 적용한다. KS 표준은 IEC 국제표준에 부합된다.

표 2. 온도관련 규격서 목록

Table 2. Heat and cold temperature test list of international standards

No	Test-Item	Standard	International Standard
1	Cold Test	KS C 0220	IEC 60068-2-1
2	Dry Heat Test	KS C 0221	IEC 60068-2-2

“표 3” 에서 IEC 60068-2-1과 IEC 60068-2-2 표준에서는 시료타입, 온도변화, 공기순환 조건별로 구

분되고 시험의 종류는 ‘Ab’, ‘Ad’, ‘Ae’, ‘Bb’, ‘Bd’, ‘Be’가 있다. 모니터링 장치의 저온, 고온시험은 전원 인가 시 발열, 완만한 온도변화, 강제공기순환을 하지 않는 조건을 만족하기 때문에 ‘Ae’, ‘Be’로 진행한다.

표 3. 냉각시험과 건열시험의 기호 관계

Table 3. Relationship of suffixes between test cold and test dry heat

Suffix letter	Tests A : Cold			Tests B : Dry heat		
	Specimen type	Temperature change	Air velocity	Specimen type	Temperature change	Air velocity
a	Withdrawn			Withdrawn		
b	Non heat	Gradual	High preferred	Non heat	Gradual	High preferred
c	Withdrawn			Withdrawn		
d	Heat dissipating	Gradual	Low preferred	Heat	Gradual	Low preferred
e	Heat dissipating powered throughout	Gradual	Low preferred	Heat, powered throughout	Gradual	Low preferred

III. 모니터링 장치 설계 및 시험

3.1. 구성

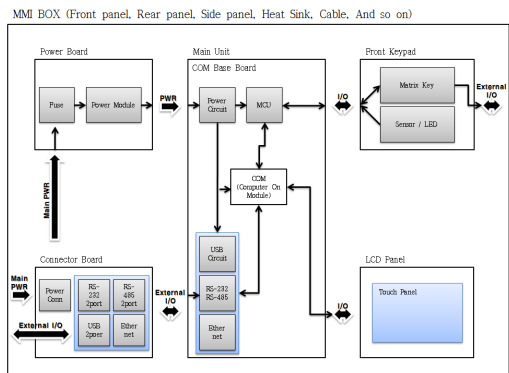


그림 3. 모니터링장치 구성도
Fig. 3 Monitoring devices configuration

모니터링 장치는 “그림3”과 같이 구성된다. 각 구성은 Main Unit은 COM와 MCU를 탑재된 Base Board로 구성된다. Connector Board는 외부 전원을 Power Board, 외부I/O를 Main Unit에 연결해 주는 기능을 한다. Touch Panel 및 Front Keypad는 모니터링 장치 전면에 위치하여 사용자의 인터페이스 중

하나로 활용된다.

이렇게 구성된 모니터링 장치의 세부기능은 “표 4”와 같다.

표 4. 모니터링장치 기능
Table 4. Monitoring unit function

No	Item	Function
1	Communications	LAN
		RS-485 x2
		RS-232 x2
2	User Interface	USB x2
		Matrix Key
		Touch
3	Display Interface	LVDS
		VGA
4	Sensor	Photo
		Temperature
		Power follow
5	Control	LCD PWM Bright

3.2. 설계 및 제작

모니터링 장치 주요부품인 COM(Computer On Module)은 CPU와 메모리 등으로 구성된 하나의 Single Board Computer를 모듈화 하여 주변인터페이스만을 단시간 내에 간단하게 개발할 수 있도록 정해 놓은 산업용 컴퓨터 규격이다. COM의 Form Factors는 Q7, ETX, COM Express 등이 있고 구현된 보드에서는 크기가 가장 작고 Industrial Extended (산업용-확장) 온도에 적합한 Q7(Congata사 QA6)을 사용하였다. 선정된 QA6는 인텔의 아톰 프로세서 E640T와 인텔 시스템 컨트롤러 허브 EG20T를 사용하여 극한의 환경 상태에서 사용하도록 설계되어 있다. “그림 4”는 사용된 QA6의 특징이다.



그림 4. QA6 특징
Fig. 4 QA6 characteristic

(1) COM Base Board 설계

10.4인치 LCD 패널을 주화면으로 사용하고 LVDS 800x600, 60Hz로 구동된다. 보조화면으로 VGA를 사용한다. 전면의 Matrix Key의 입력과 4선식 Touch Panel을 입력은 USB Interface로 연동된다. 조도센서는 APDS-9300(Avago사)을 사용하였으며, 센서를 통해 측정된 데이터는 주기적으로 I2C 통신을 통해 MCU에서 읽어간다. 온도센서는 LM75(MAXIM사)를 사용하였으며, 센서를 통해 측정된 데이터는 주기적으로 I2C 통신을 통해 MCU에서 읽어간다[8]. 총 4개의 센서를 사용하고 2개의 센서는 QA6에 인접한 곳에 위치한다. QA6는 주요부품이고 가장 많은 발열이 예상되는 곳에 실시간으로 모니터링 한다.

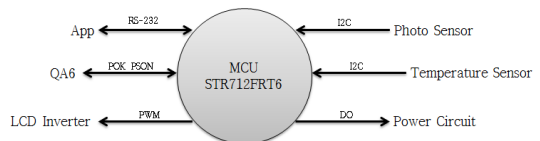


그림 5. MCU 펌웨어 프로그램
Fig. 5 MCU firmware program

MCU는 STR712FRT6(STMicroelectronics사)을 사용하였다. QA6의 전원관리 신호인 POK, PSON을 모니터링 하여 비정상적인 동작을 하더라도 재시작 할 수 있도록 외부 전원회로에서 전원을 공급 및 차단한다. 온도, 조도센서의 값을 App 프로그램에 전송하여 실시간 모니터링이 가능하도록 한다. MCU에 설정된 측정주기에 따라 매주기 측정된 데이터를 App프로그램에 송신한다[9]. LCD Inverter의 밝기는 PWM으로 제어하고 조도센서의 값에 따라 자동으로 변하도록 설계된다. 수동기능도 지원해야 하므로 App프로그램에서 수동설정과 값을 지정하면 5단계로 설정된다.

(2) Power Board 설계

외부 전원 AC220V를 Main Unit이 사용하는 DC12V로 변환하여 준다. AC/DC는 V110C12T100BL(Vicor사)을 사용하고 입력과 출력이 절연되도록 설계하였다. A/C/DC 포함한 모든 소자들은 설계 시 Industrial Extended(산업용-확장) 온도에 적합한지를 고려하였다.

그 외 Connector Board, Front Keypad에서는 외부 장치 및 사용자와 연결하는 기능을 한다.

본 연구에서는 설계된 4종의 보드와 LCD Panel를 장착할 수 있도록 외함을 제작하여 조립하였다. 외함 설계 시 철도기준에 준하여 전면에는 방수, 후면에는 먼지가 유입되지 않도록 하였다.

3.3. 기능시험

내한성, 내열성 시험 시 장치의 정상동작 여부를 판단하는 방법을 선정하여야 한다. 상온에서 아래와 같은 기능시험 방법으로 정상동작 여부를 확인 후 온도시험에 적용한다.

- (1) 전원 투입 후 30초 이내 LCD, VGA 모니터에 OS(Windows)화면이 표시되어야 한다.
- (2) 전면 Matrix Key를 눌러 화면의 변화를 확인한다.
- (3) Touch를 눌러 커서의 움직임을 확인한다.
- (4) ping test를 통해 LAN 연결을 확인한다.

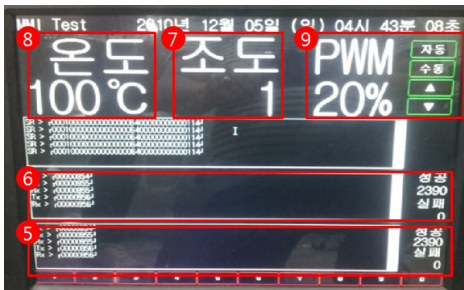


그림 6. MMI 테스트 프로그램
Fig. 6 MMI test program

- (5) RS-485는 2개로 구성되고 선정된 포트에서 패킷 송신 후 수신한 포트에서 패킷을 응답하면 통신을 성공한 것으로 한다. 100ms 이내 응답이 없으면 실패로 한다.
- (6) RS-232의 시험 방법은 RS-485와 동일하다.
- (7) 장치의 전면의 밝기정보를 조도센서를 통해 프로그램으로 변화 값을 확인한다.
- (8) 장치의 내부의 온도정보를 4개의 온도센서를 통해 프로그램으로 변화 값을 확인한다.
- (9) 자동 설정하여 조도센서의 값을 변화시키면 LCD화면 밝기가 센서 값에 따라 변화를 확인한다. 수동 설정하여 5단계의 밝기 변화를 확인한다.

IV. 시험 및 결과

내한성 시험은 IEC-60068-2-1, 내열성 시험은 IEC-60068-2-2를 근거로 하여 온도챔버를 사용하여 진행하였다. 사용한 챔버의 사양은 $\Delta t = 2.16^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 온도변화를 가지고 있다.

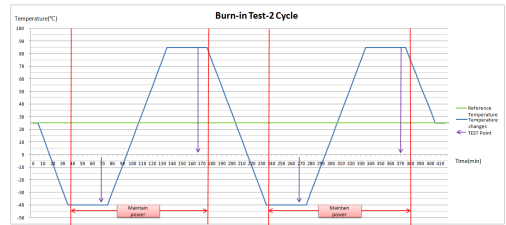


그림 7. 온도 사이클 그래프
Fig. 7 Temperature cycle graphic

모니터링 장치의 전원은 저온에서 고온으로 이동하는 동안 인가하고, 고온에서 계속 인가한다. 고온에서 저온으로 이동하는 동안은 차단하고, 저온에서 안정화까지 계속 인가한다. 각 사이클의 최고/최저 온도 유지 후 30분에서 3회 이상 기능시험을 한다.

“그림 7”의 기능시험 시점에서 모니터링 장치가 정상 동작을 하였다. 전원 유지하는 모든 구간에서 MMI 테스트 프로그램을 통해 지속적인 시험을 하여 신뢰성을 확보할 수 있었다.

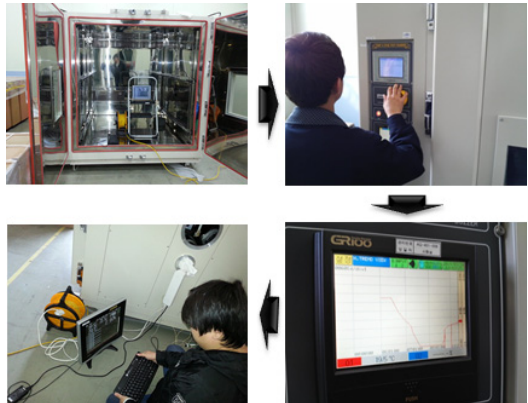


그림 8. 시험 절차
Fig. 8 Test procedure

본 연구에서는 철도환경에 적합한 모니터링 장치의 온도 시험에 대해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 내한성, 내열성에 적합한 모니터링 장치를 고안 및 구현 하였다.
- (2) Industrial Extended(산업용-확장) 부품의 데이터시트 상 동작온도보다 넓은 구간에서 동작함을 알 수 있었다.
- (3) 본 장치를 구성하는 전자부품에 대한 동작온도를 검증하였다.

VI. 결 론

현재까지 국내에서는 철도 전자장치의 내한성, 내열성에 대한 연구가 거의 이루어지지 않았기 때문에 관련 시험 및 적용에 대한 예를 찾기가 매우 어려웠다. 연구내용과 같은 문제는 현장에서 빈번히 나오고 있지만 이에 대한 주제로 공론화된 경우는 사고를 제외하고는 전무한 상황이었다.

본 논문에서는 철도 전자장치에서 내한성과 내열성에 대한 문제를 인식하고 시험시스템과 방안을 제시하였다. 다양한 철도 전자장치에 대한 시험시스템 개발이 필요하며, 관련 규정에 대한 개선이 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2014년도 국토교통과학기술진흥원에서 국토교통부의 국토교통기술연구개발사업의 지원으로 수행되었음.

References

- [1] Y. Kin and Y. Sasaki, "What is Environmental Testing," *ESPEC TECHNOLOGY Mag.*, no. 1, Apr. 1996, pp. 1-15.
- [2] L. Xu, B. Yang, S. Wang, H. Li, and L. Huang, "Research on thermal characteristics and on-chip temperature-controlling for silicon micro-gyroscopes," *IEEE Int. Conf. Information and Automation*, Shenzhen, China, June 2011, pp. 807-812.
- [3] H.-K. Jang, 2010 *Special Report on abnormal*

weather. Seoul: Korea Meteorological Administration, 2010.

- [4] S. Yang, J. Kwon, and W. Kim, "The Design of Operating System on Wind Power Plant," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, Jan. 2011, pp. 135-141.
- [5] M.-A. Sandidzadeh. "Intelligent condition monitoring of railway signaling in train detection subsystems," *J. of Intelligent & Fuzzy System*, vol. 24, 2013, pp. 859-869.
- [6] J.-H. Kim and D. Yang, "A Study of Testing Procedure Temperature of Electronic Equipment for Railway Environments (Cold and Heat)," *J. of the Korea Society for Railway*, vol. 2011, no. 10, Oct. 2011, pp. 748-753.
- [7] L. Jagan, C. Hora, B. Kruseman, S. Eichenberger, A. K Majhi, and V. Kamakoti, "Impact of Temperature on Test Quality," *IEEE Int. Conf. VLSI Design*, Bangalore, India, June 2010, pp. 276-281.
- [8] G. Kim, "Implementation of Real-time Sensor Monitoring System on Zigbee Module," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, Feb. 2011, pp. 312-318.
- [9] S.-B. Ye, S.-Y. Yang, and H. Ceong, "The Development on Component-based Environment Information Monitoring System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 1, Jan. 2012, pp. 195-201.

저자 소개



배거성(Geo-Sung Bae)

2012년 경성대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)

2011년 11월~현재 (주)엔츠

※ 관심분야 : 영상처리, 신호처리, 디지털통신



손기환(Ki-Hwan Son)

2004년 부산외국어대학교 전자공
학과 졸업(공학사)

2010년 부산대학교 대학원 전자공
학과 졸업(공학석사)

2004년~2011년 (주)파버나인 개발팀장

2011년~현재 (주)엔츠 연구소장

※ 관심분야 : 영상처리, 신호처리, 디지털통신