

SBC를 이용한 궤도차량의 다중데이터 획득 및 분석장치 개발

(Development of Multi Data Acquisition and Analysis Device for Tracked Vehicle Using SBC)

전기현* · 하동현**

(Ki-Hyun Jeon · Dong-Hyun Ha)

Abstract

Recently it is becoming more common to apply vehicle electronics(Vetronics) based on information technology to improve the operability of the combat vehicles. Although the vehicle electronics system has been gradually developed, it is hard not only to design the reliable system which is a built-in multi-function but also to analyze the fault failure in the state of on-vehicle when failures occur. Therefore, It is required the data logging system like a aircraft's black box for the combat vehicles to enhance the reliability.

In this paper, we developed the multi data acquisition and analysis device which is acquiring real-time data such as communication data, video data and voice data available for checking operational status of system and managing history. The performance of device has been proved on the vehicle.

Key Words : Vetronics, Real-Time, Logging, Multi-Function, SBC(Single Board Computer)

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 개발되는 특수목적용 차륜형 및 궤도형 전투차량은 사용자의 다양한 요구조건을 만족하고, 시스템의

신뢰성 및 운용성, 정비성을 향상시키기 위해 차량전자화(Vetronics) 설계 적용이 일반화 되고 있으며 [1-2] IT(Information Technology)기술의 발달로 차량 전자 시스템은 기존 아날로그 장비 중심에서 고속 처리 및 신호변환이 용이하고 노이즈 환경에서 신뢰성이 높은 디지털화, 네트워크화 되는 추세이다. 차량 내 전자장비간 데이터 통신이 네트워크화 됨에 따라 시스템 이상 발생 시, 단일 장비 점검을 통해 이상 원인을 정확히 규명하는 것이 매우 어려운 일이다. 이러한 시스템 인터페이스 문제를 해결하기 위해 전투차량에서도 항공기의 블랙박스과 같이 장비와 장비 사이의 통신데이터를 획득하여 시스템 운용상태 확인 및 이력관리가 가능한 데이터 로깅 시스템이 요구되

* 주저자 : 국방기술품질원
** 교신저자 : 현대로템기술연구소
* Main author : DTaQ Researcher
** Corresponding author : Hyundai Rotem
Tel : 031-596-9650, Fax : 031-596-9748
E-mail : haelec@hyundai-rotem.co.kr
접수일자 : 2013년 8월 2일
1차심사 : 2013년 9월 2일, 2차심사 : 2013년 9월 14일
심사완료 : 2013년 9월 20일

고 있다. 산업용으로 다채널의 데이터 획득시스템에 대한 연구가 이루어져 왔지만, 다양한 통신 인터페이스를 지원하지 못하고 동적인 차량 환경에서 적용하기 어렵다[3]. 본 논문에서 제시된 다중데이터 획득 장비는 극한환경조건에서도 신뢰성이 우수한 MIL-STD-1553B, CAN(Controller Area Network), RS-422통신 데이터를 대상으로 실시간 획득할 수 있도록 개발되었으며, 시스템 이상 발생 전후의 영상 및 음성데이터를 동시에 획득 저장하므로 차량 시스템의 상태를 신속 정확하게 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서 다중데이터 획득 장비의 하드웨어설계 및 분석 소프트웨어에 대해 기술하고, 차량 적용시험결과 획득데이터로 차량의 상태를 정확하게 확인할 수 있었다.

2. 다중데이터 획득장비 설계

다중데이터 획득장비는 On-Vehicle 상에서 실시간으로 통신데이터, 영상데이터 및 음성데이터를 획득하여 시스템 이상 및 상태확인, 획득 대상 장비별 이력관리가 가능한 고성능 데이터 로깅(Logging) 시스템으로, 다양한 전투차량에 적용할 수 있도록 확장성을 고려하여 설계되었다. 이 장비는 차량에 장착되어 실시간으로 데이터를 획득하는 하드웨어와 획득된 데이터를 다운로드 받아 시스템 운용상태 확인 및 이력관리를 수행하는 데이터 분석 소프트웨어로 구성된다.

2.1 하드웨어 설계

본 장비의 하드웨어 형상은 그림 1과 같다. 다중데이터 획득장비 하드웨어는 그림 2와 같이 주제어보드, 영상음성처리보드, 메모리보드, 마더보드 등으로 구성된다.

주제어보드는 극한 상황에서의 신뢰성이 우수하여 군사용 및 우주항공용으로 많이 채택되는 1553B 통신데이터[4]와 네트워크 제어기술의 발달에 따라 일반 차량제어용으로 널리 사용되는 CAN 통신데이터 획득을 목적으로 개발되었다[5-6].



그림 1. 다중데이터 획득장비
Fig. 1. Multi data acquisition device

주제어보드는 모토로라의 PowerPC747를 적용하였으며, 1553B 통신보드와 CAN통신, RS422보드를 PMC(PCI Mezzanine Card)로 내장하고 있다. 또한 데이터 다운로드를 위한 Gigabit Ethernet포트와 장비 디버깅을 위한 RS232 채널을 포함하고 있으며, 획득한 통신데이터를 SSD(Solid State Disk)에 저장하기 위해 SATA(Serial ATA) 인터페이스를 내장하고 있다. 이 보드는 장비 내부의 타 보드와의 통신을 위해 cPCI 버스 규격을 적용하였으며, 임베디드 소프트웨어는 실시간 운영체제인 VxWorks 기반으로 개발되었다[7].

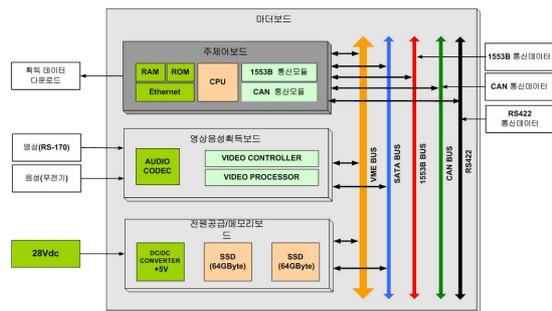


그림 2. 다중데이터 획득장비 구성도
Fig. 2. Configuration of multi data acquisition device

영상음성처리보드는 영상(RS-170b)획득을 위한 비디오 컨트롤러와 획득된 영상을 MPEG으로 압축하기 위한 비디오 코덱(CODEC), 아날로그 음성 데이터를 디지털 신호로 저장하는 오디오 코덱으로 구성된다. 보드는 GPIO(General Purpose Input/Output) 포트를 통해 주제어보드와 영상데이터 및 음성데이터

획득 명령을 송수신하며, 임베디드 소프트웨어는 Embedded Linux를 기반으로 개발되었다. 메모리보드는 통신데이터를 저장하기 위한 120GByte SSD (Solid-state Drive)와 영상데이터와 음성데이터를 저장하기 위한 120GByte SSD로 구성되었다. 신뢰성을 확보하기 위해 MIL-STD-810F와 MIL-STD-461E를 적용하여 개발되었으며[8-9], 시험차량에 적용하여 실시간 상태데이터가 획득됨을 확인하였다.

2.2 데이터 분석 소프트웨어 구성

데이터 분석 소프트웨어는 시스템 이상 분석 및 상태확인, 장비 고장이력 관리기능을 포함하고 있으며, Visual C++을 기반으로 범용 노트북에서 동작할 수 있도록 개발되었다.

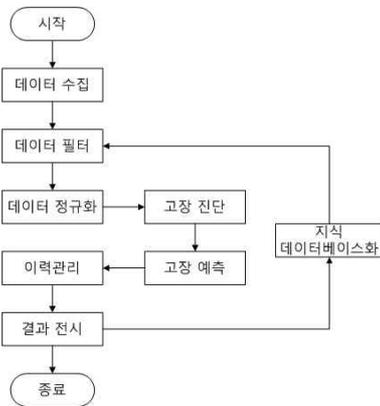


그림 3. 데이터 분석 순서도
Fig. 3. Flowchart of data analysis

이력관리를 위한 데이터베이스로 MS-SQL Sever를 적용하였으며 데이터 보안을 위해 사용자 로그인 후 접근할 수 있도록 구현하였다. 그림 3은 데이터 분석 절차를 나타낸 것으로 다중데이터 획득 장비에서 여러 종류의 데이터를 시간 동기화하여 실시간으로 수집한다. 획득된 데이터는 노이즈가 포함되어 필터가 필요하고 사용 환경 및 조건에 상관없이 데이터 분석을 위해 정규화가 필요하다. 정규화된 데이터를 회귀분석으로 고장 진단을 하고 피로손상 기법을 이용하여 고장을 예측한다[10]. 최종적으로 사용자에게

GUI(Graphic User Interface)를 통하여 정보를 전시하고 다음 데이터 분석을 위해 지식 데이터베이스화한다.

2.2.1 데이터 필터

다중데이터 획득 장비에서 수집된 데이터는 온도, 속도, 가속도 같은 시간에 따라 값이 변하는 연속데이터와 통제판의 버튼이나 스위치 그리고 이진데이터와 같이 유한값을 가지는 상태데이터로 분류할 수 있다. 획득 데이터는 케이블 접촉 불량이나 전기적인 스파이크에 의해 발생한 노이즈 데이터도 포함된다. 이러한 연속데이터에서 비정상적으로 데이터가 증가하거나 감소하는 데이터를 제거하기 위해서 저역필터(Low Pass Filter) 기법을 사용했다. 특히 ADC(Analog to Digital Converter)를 거쳐 획득된 신호는 AD 변환값의 변동이 큰 경우가 발생하므로 이 변동 값을 줄이기 위해 1차 저역 필터(1st order digital low pass filter)을 사용했다. 이 필터는 이동 평균값(moving mean value)의 의미를 가진다. 1차 저역 필터는 식 (1)에 의해 구할 수 있다.

$$y(k) = G * x(k) - (1 - G) * y(k-1) \tag{1}$$

여기서 $x(k)$ 현재 데이터, $y(k)$ 필터 데이터, $y(k-1)$ 이전 필터 데이터, G 는 게인 값이다. 게인 G 가 작으면 실제 데이터에 덜 민감하고 크면 실제 값에 민감하다. 예를 들면 유압유 온도와 같이 온도 변화가 적은 데이터는 0에 가깝게 사용했고, 가속도 센서와 같이 실시간으로 변화량이 중요한 데이터는 1에 가까운 G 값을 사용했다. 상태 데이터는 정의된 이 외의 값이 입력될시 무시했다. 예를 들면 기어 변속상태는 수동 1단, 2단, 3단 전진, 후진 등 데이터가 hex 값으로 전달된다. 따라서 다른 값이 확인되면 데이터 분석에서 제외된다.

2.2.2 데이터 정규화

같은 데이터라도 사용 환경이나 운용 조건에 따라 데이터 변화량이 다르게 나타났다. 그래서 하나의 정규화(Normalization)된 데이터가 필요하다. 정규화 하는 방

법은 최소-최대 정규화(Min-Max Normalization)와 제트스코어 정규화(Z-score Normalization)를 사용했다[11]. 최소-최대 정규화는 식 (2)와 같이 데이터를 0~1사이 데이터로 변환하는 것이다.

$$Normalization(e_i) = \frac{e}{\max - \min} \quad (2)$$

또한 제트 스코어 정규화는 데이터가 평균점에서 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 표시한 것으로 식 (3)을 통해서 획득할 수 있다.

식 (4)는 평균값, 식 (5)는 표준 편차 값을 나타낸다.

$$Normaliztion(e_i) = \frac{e_i - AVG(e)}{std(E)} \quad (3)$$

$$AVG(e) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i \quad (4)$$

$$std(E) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (e_i - AVG(e))^2} \quad (5)$$

차량속도와 냉각수 온도 그리고 유압유 온도의 특성 분석을 위하여 최소-최대 정규화를 사용하였고 차량에 가해지는 가속도를 분석하기 위해서 제트 스코어 정규화를 하였다.

2.2.3 고장 분석

패턴 인식과 같은 기법으로 차량상태 데이터로부터 고장 위험성 있는 데이터를 추출하고 회귀분석을 통하여 고장진단을 실시했다.

회귀분석이란 변수들 간의 인과 관계를 규명하고 이를 근거로 종속변수에 대한 미래예측이 가능한 통계적 분석기법이다. 변수들 사이의 관계를 설명하기 위하여 오차 항을 최소화하는 회귀선을 찾아내는 것이 회귀분석이다. 단순 회귀분석 모델은 식 (6)과 같다.

$$Y = a + bX \quad (6)$$

여기서 b 는 회귀계수로서 회귀방정식의 기울기이고 a 값은 상수로서 Y 축을 자르는 절편이다. 모델의

계수와 상수를 구하기 위해서 최소자승법을 사용하였다.

GPS(Global Positioning System)와 차량에서 획득된 데이터를 유기적으로 결합하여 차량의 위치와 차량 동력학 모델 데이터와 비교하여 차량의 가용 상태를 진단했다.

2.2.4 고장 예측 및 GUI 표시

차량에 장착된 진동센서 데이터를 이용하는 진동내구(Vibration Fatigue)기법과 차량 계측 신호 이상을 확인하는 방법으로 고장을 예측을 했다. 사용조건을 정량화하고 등가의 피로 손상을 계산하기 위해 응력-수명 분석(Stress-Life Analysis)과 누적손상법(Miner-Rule)을 사용하여 누적된 데미지를 계산하였다. 피로손상도(damage)는 작용하중 분포에 따른 특정 크기에서의 반복 회수와 S-N(Stress-Number) 선도에서의 수명 횟수로 산출되고 수식은 아래와 같다[10].

$$D = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} \quad (7)$$

여기서 n_i 는 입력 회수, N_i 는 손상회수, D 는 피로 손상도(damage)이다. 그리고 피로손상도의 역수가 피로수명이고 만약 필로 손상도가 1이면 장비가 파손된다.

다중데이터 분석 프로그램은 위에서 적용된 알고리즘을 이용 분석한 결과를 GUI(Graphic User Interface)을 통하여 전시하며, 내용은 다음과 같다. 차량에서 표시되는 BIT(Built-In-Test)메시지와 차량에서 발생하는 특정 이벤트 즉, 엔진시동 및 엔진정지 등과 고장 분석 결과 메시지를 출력한다. 고장메시지는 종류에 따라 고장 발생 유형과 관련된 데이터를 그래프로 전시하고 그래프를 통하여 타임 테이블과 수치 및 경향 등을 확인할 수 있다. 또한 정상 그래프와 비정상 그래프사이의 데이터 값을 비교할 수 있으므로 이상 신호 발생 시 차량의 상태를 전시기를 통하여 계기와 아이콘으로 표시되고 통신 주기를 전시하여 차량의 진행방향, 피치(Pitch)와 롤(Roll)값을 3D(Three

SBC를 이용한 웨도차량의 다중데이터 획득 및 분석장치 개발

Dimensions)모델로 전시하여 차량의 주행 경로를 알 수 있다.

3. 시험 결과 분석

그림 4와 같이 실험실에서 시험장치를 구성하고 통신 데이터 및 영상, 음성 획득 데이터 확인을 위해 성능시험을 실시했다. 시험장비 구성은 그림 4와 같으며 CAN(Controller Area Network) 에뮬레이터, MIL-STD-1553B 에뮬레이터, 상용 CCD(Charge-Coupled Device) 카메라. RS-422 에뮬레이터를 연결하여 데이터를 획득한후 저장된 데이터간의 동기화를 확인할 수 있었다. 다중데이터 획득장비의 성능입증을 위해 시험 차량에 적용하여 차량 상태 데이터를 획득하고 데이터 분석 소프트웨어를 이용하여 분석하였다.

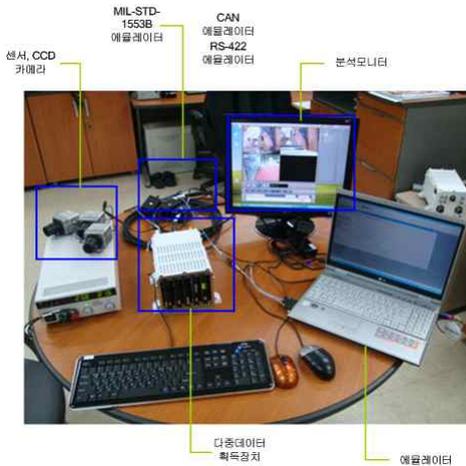


그림 4. 다중데이터 획득장치 시험
Fig. 4. Test for multi data acquisition

그림 5는 데이터 분석 소프트웨어를 이용하여 고장 원인 분석한 결과이다. 그림 5에서 엔진 시동후 충전 불량 상태가 잠시 유지하다가 사라지는 모습을 확인할 수 있다.

시험 차량의 전장품은 엔진 시동 전에 축전지 전원을 사용하고 엔진 시동 후 발전기 전원을 사용하게 되는데, 만약 차량의 발전기의 고장으로 축전지 충전이 안 되면 충전 불량 메시지가 발생되고 이는 데이터로 저장된다.

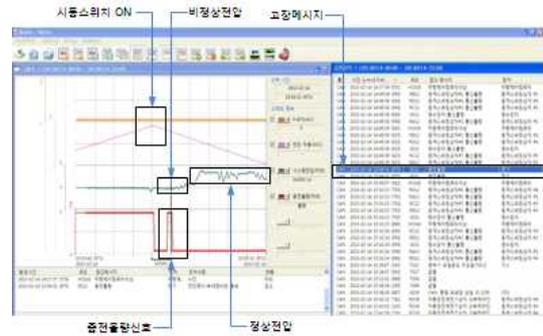


그림 5. 차량 전압의 특성 분석
Fig. 5. Characteristic analysis of the acquired vehicle voltage

정확한 고장 원인 분석을 위해 그림 6과 같이 데이터 분석 소프트웨어를 통해 정상시와 비정상시 데이터를 비교하여 고장 발생 당시의 데이터 그래프를 분석함으로써 고장발생 원인으로 발전기 이상으로 발전 전압이 부족한 것을 확인하였다.

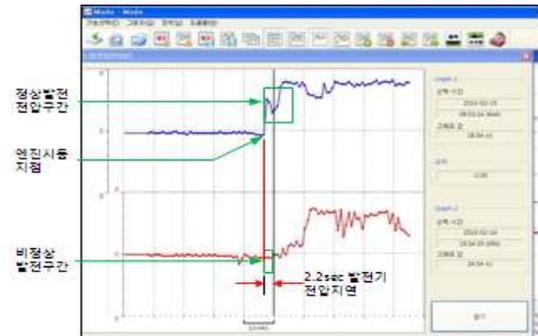


그림 6. 차량 전압의 상태 비교
Fig. 6. Comparison of vehicle voltage

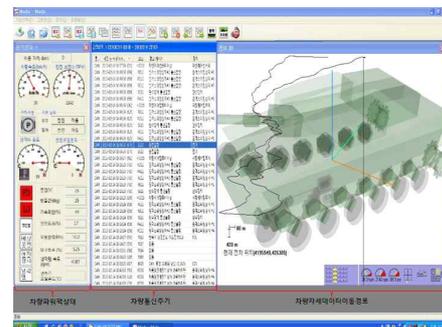


그림 7. 차량 상태 분석결과
Fig. 7. Analysis results of vehicle status

이 예외도 그림 7과 같이 엔진과 변속기 등의 차량 상태를 수치 데이터와 3차원 모델로 재현함으로써 고장원인 분석과 성능 분석이 가능도록 구현하였다.

4. 결 론

최근 개발되는 전투차량은 시스템의 신뢰성 및 운용성 향상을 위해 IT(Information Technology) 기술을 기반으로 한 차량전자화(Vetronics)설계 적용이 일반화됨에 따라 다중데이터 획득 장비는 시스템 이상 유무 분석 및 고장 이력관리를 위한 장비로 개발되었다. 이 장비는 궤도형 전투차량에 적용된 1553B, CAN, RS-422, RS-170b 및 음성데이터를 차량으로부터 획득 및 분석할 수 있는 성능을 가지며, 성능입증을 위해 실험실과 차량에서 성능을 확인하고, 데이터 획득 및 저장기능이 정상적으로 이루어지는 것을 확인하였다.

향후 다중데이터 획득 장비는 여러 형태의 차량시스템에 적용가능토록 확장성을 고려한 설계적용으로 위성통신망을 통한 원격 기술지원이 가능한 서비스 시스템 구축에 응용될 수 있을 것이다. 이 경우 차량의 운용성, 정비성 향상이 기대되며, 특히 신뢰성이 크게 향상되어 비용절감 효과가 클 것으로 판단된다.

References

[1] Elias Stipidis, "Vetronics System Integration", Proc. of IEE Automotive Electronics Conference, London, March 2006.
 [2] Jeffrey J. Jaczkowski, "Robotic Technology Integration for Army Ground Vehicles", IEEE AECS Magazine, pp. 20~25, June 2002.
 [3] D. S. Son, "Implementation of a Data Acquisition System with Large Number of Channels", Proc. of KITT, Conference 2009, pp.624~627, June 2009.

[4] Condor Engineering Inc., "MIL-STD-1553 Tutorial", 3.41, Santa Barbara, CA93101, pp. 1~58, 2000.
 [5] Bosch. CAN specification, version 2.0, 1991.
 [6] CAN in Automation(CiA). Draft standard 301.
 [7] Vxworks, <http://www.windriver.com/>
 [8] MIL-STD-810F : Environmental Engineering Considerations And laboratory Tests.
 [9] MIL-STD-461E : Requirements for the Control of Electromagnetic Interface Characteristics of Subsystem and Equipment.
 [10] S. H. Baek, K. Y. Lee, S. J. Mun, S. K. Cho, W. S. Joo, "Fatigue Cumulative Damage and Life Prediction of Uncovered Freight Car Under Service Load using Rainflow Counting Method", Transactions of KSAE, Vol. 13, No. 2, pp.1~9, 2005.
 [11] H. Y. LEE, "Research Methodology", 2nd Edition, CHUNG RAM, SEOUL, 2012.

◇ 저자소개 ◇



전기현 (全基紘)

1963년 4월 13일생. 1999년 창원대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년~현재 국방기술품질원 선임연구원.



하동현 (河東鉉)

1960년 5월 13일생. 2005년 한양대 대학원 전기공학과 박사수료. 1992~1997년 현대정공연구소 선임연구원. 1998~2003년 현대모비스연구소 책임연구원. 2004~현대로템연구소 수석연구원.