

열차용 블랙박스 분석 도구 설계

김정빈*, 장동욱**, 김광렬*, 한광록**, 손석원***

*호서대학교 메카트로닉스공학

**호서대학교 컴퓨터공학

***호서대학교 뉴미디어학과

e-mail:{mrkim0302,coco,sun10}@hcilab.net, {sohn,krhan}@hoseo.edu

Design on Analysis Tools for Black Box of Train

Jeong-Bin Kim*, Dong-Wook Jang**, Kwnag Ryul Kim*, Kwang-Rok Han**, Surgwon Sohn***

*Dept of Mechatronics Engineering, Hoseo University

**Dept of Computer Engineering, Hoseo University

***Dept of New Media, Hoseo University

요 약

최근 철도의 고속화, 자동화됨에 따라 철도 사고 역시 항공기 사고처럼 대형화 되고 인명피해 역시 매우 커지고 있다. 따라서 사고 발생시 사고원인을 신속하고 정확하게 분석하기 위해 철도 차량에 블랙박스의 설치를 법제화 하고 있고, 이에 대한 연구를 진행하고 있다. 사고의 정확한 판단을 위해서 블랙박스에 기록된 데이터를 분석하하는 분석 소프트웨어를 개발하였다. 본 논문의 블랙박스 분석 소프트웨어는 신속하고 정확하게 사고 원인을 규명할 수 있고, 구간별 운행 패턴과 기관사의 습관등을 파악할 수 있어, 운행을 개선 할 수 있어 사고를 미연에 방지 할 것으로 기대한다.

1. 서론

항공기 운항에 대한 각종 정보를 기록하는 장치를 비행 자료기록장치라고 하며 흔히 블랙박스라고 한다. 이 장치는 항공기의 사고 원인을 규명하는데 꼭 필요한 장비가 되었다. 최근에 철도가 고속화, 자동화됨에 따라 철도 사고 역시 항공기 사고처럼 대형 인명사고로 나타나고 있다. 그 예로, 1998년 독일 ICE가 하노버 인근 에세데에서 바퀴의 균열로 인한 탈선으로 열차가 인근 교각과 충돌하면서 101명이 사망하고, 105명이 부상을 당하는 사고가 발생하였다. 터키에서는 2004년 7월 터키 북서부 사카라주에서 새로 도입한 고속열차가 탈선해 36명이 사망하고 79명 이상이 부상했다[1-2]. 이렇듯 최근 철도 사고는 인명사고가 발생하면 대부분 대형사고로 이어짐에 따라 세계 각국에서는 객관적이고 신속, 정확한 사고 원인분석과 사고예방을 위한 기관사 운행관련 교육 등을 위해 항공기의 블랙박스과 같은 역할을 하는 철도 차량용 블랙박스의 설치 의무화와 같은 철도차량 안전에 관한 법률이 제정되고 관련 단체가 국내와 유럽에 창설되기 시작했다[3-4]. 따라서 사고 발생 시 블랙박스에 저장된 데이터를 토대로 보다 빠르고 정확하게 사고 원인을 규명하는데 도움을 줄 수 있는 분석 소프트웨어의 중요성도 높아지고 있다.

본 논문에서는 철도 차량 운행 시 블랙박스에 기록된 데이터를 분석하는 소프트웨어의 개발에 관하여 기술한다. 분석 소프트웨어는 블랙박스에 기록된 원시 데이터를 다운로드 하여 파서를 통해 데이터를 분석한 후 데이터베이스에 저장한다. 각각의 화면을 통해 분석 소프트웨어의 기

본 기능인 철도차량의 속도와 운행정보를 확인할 수 있으며 기록된 데이터를 바탕으로 기록당시 철도차량의 운전실 상황을 한눈에 파악할 수 있도록 시뮬레이션(Simulation) 기능도 구현한다.

2. 관련연구

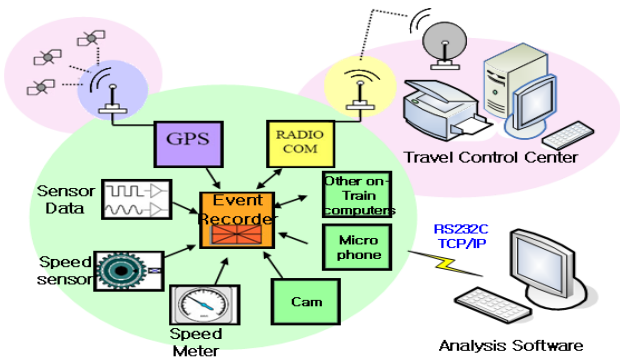
블랙박스는 철도 차량의 운행 상태에 관한 속도, 센서 및 제어 정보, 통신 등 각종 정보를 실시간 수집, 저장하고, 열차의 기능을 감시하며, 열차 사고 시 원인을 정확하고 빠르게 파악하여, 동일한 사고를 예방하고 나아가 신호설비의 유지보수 및 고장 분석 등을 통하여 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위해 사용되는 중요한 장치이다[1-2]. IEEE에서 정의한 블랙박스는 기능 운영 및 전기적 특성, 필수입력, 충격 생존 특성의 3가지 요소를 갖으며[5-6], 분석 소프트웨어간의 데이터 송수신을 위한 프로토콜을 정의한 ERTMS/ETCS Class1을 만족하는 문서도 있다[7]. 또한 블랙박스의 한 종류인 ATESS(속도기록장치)는 현재 국내 KTX에 장착되어 운영중이며, ATESS는 RU(Recorder Unit)과 JRU(Juridical Recorder Unit)으로 구성되어 있다[8].

3. 블랙박스 분석 소프트웨어의 설계

3.1 블랙박스의 개요

블랙박스는 그림1과 같이 구성된다. GPS, 열차정보, 센서데이터(속도, 정지, 도어등 각종 이벤트), 운전자의 운전반 조작 행위, 운전사령실(Travel Control Center)과의 통

신 내용등의 정보를 저장하며 분석 소프트웨어와의 통신을 통해 데이터를 전송한다.



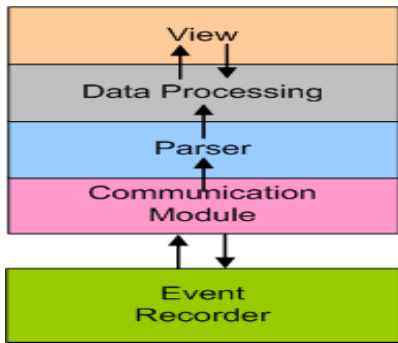
(그림 1) 블랙박스의 구성

3.2 분석 소프트웨어 설계

분석 소프트웨어의 구조는 그림2와 같다. 하드웨어인 블랙박스로부터 각종 센서신호의 데이터를 다운로드하는 통신 인터페이스, 그리고 획득한 원시 데이터를 파싱하여 우리가 필요한 데이터로 가공하는 파서(Parser), 가공된 데이터를 저장하는 데이터베이스, 그리고 사용자에게 블랙박스의 데이터를 보기 쉽게 표현하는 View로 구성된다.

가. 통신 인터페이스

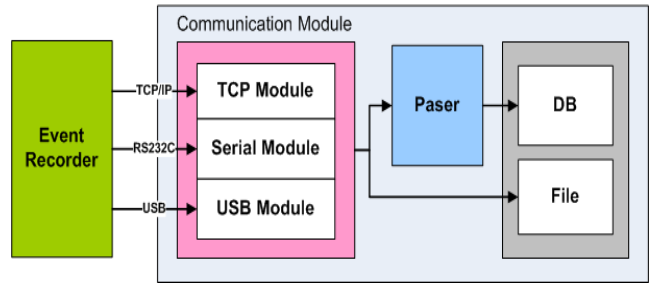
블랙박스에 기록된 데이터는 차량운행이 종료된 후 RS232C, TCP/IP 프로토콜 또는 USB를 이용하여 원시 데이터를 소프트웨어로 다운로드 한다.



(그림2) 분석소프트웨어의 구조

프로토콜과 메시지는 유럽연합의 ERTMS/ETCS Class 1 Subset 027 문서[7]를 참조하여 설계하였으며, 이 메시지는 열차 속도, 브레이크 상태, 에러 및 장애 메시지, 디스플레이 메시지, 목표 속도, 제한속도등 운행에 관련된 메시지인 데이터 메시지와 프로토콜을 제어하는 제어 메시지로 구성된다. 이 프로토콜을 이용하여 분석 소프트웨어를 그림3과 같이 크게 3가지 모듈로 구성하였다. 온라인의 TCP/IP 모듈과 RS232C 모듈 그리고 오프라인의 USB 모듈이 있다. USB 모듈은 TCP/IP와 RS232C 통신을 이용하여 원시 데이터를 전송하기가 용이하지 않을 경우에 직접 USB를 이용하여 원시 데이터를 ASER로 복사

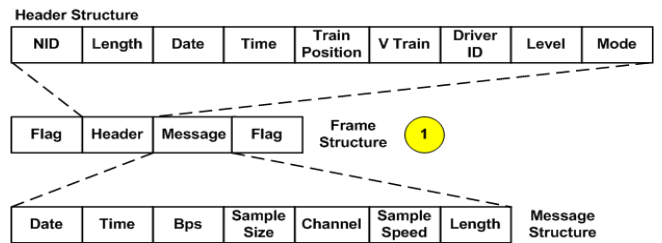
한다.



(그림 3) 분석S/W의 통신인터페이스

나. 원시 데이터 분석과 저장.

원시 데이터는 저장공간의 효율적인 활용을 위해 이벤트 레코더에서 비트로 저장되며, 분석 소프트웨어는 이를 비트단위로 추출한다. 이때 그림4와 같이 하나의 메시지로 구성된 데이터인 프레임은 헤더와 실제 데이터를 저장하고 있는 메시지로 구성된다.

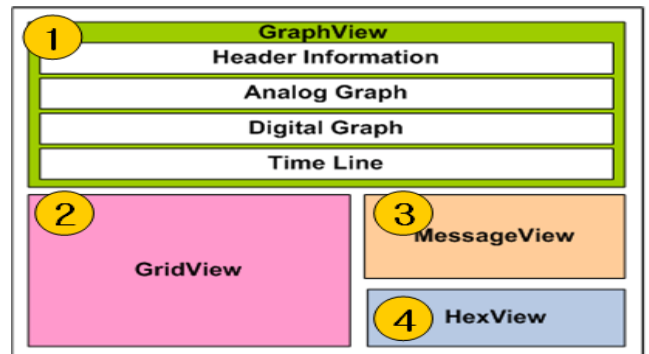


(그림4) 메시지의 프레임 구조

블랙박스에서 전송된 원시 데이터는 파일형태이기 때문에 이를 직접 사용할 경우 매번 분석시마다 파싱을 해야 하고, 원시 데이터가 많아질수록 관리해야한 원시 파일이 많아지므로 효율적인 관리를 위해 데이터베이스에 저장한다.

다. 사용자 인터페이스 화면 구성

사용자 인터페이스 화면은 GraphView, GridView, HexView, MessageView의 4가지로 구성되며 그림5는 인터페이스 화면의 구성도를 나타낸 것이다.



(그림5) 사용자 인터페이스 화면의 구성

① GraphView : GraphView는 4개의 영역으로 나눈다.

- Header Information : 헤더 정보를 표시하는 영역

- Analog Graph : 속도와 출력 등의 아날로그 값을 가진 데이터의 그래프를 그리는 영역
- Digital Graph : 도어 오픈 상태, 브레이크 작동유무 등의 디지털 값을 가진 데이터의 그래프를 그리는 영역
- Time Line : 시간정보와 해당 시간대 오디오 및 비디오 메시지의 유무를 나타내 주는 영역

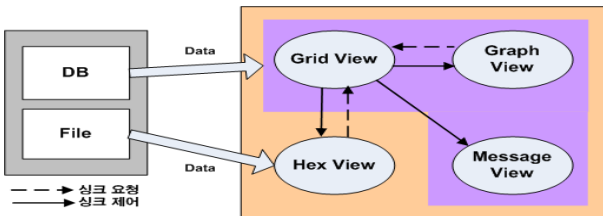
② GridView : GridView는 행과 열로 구성되며 행은 시간대별 샘플링 데이터를 의미하며 열은 변수들을 의미한다.

③ MessageView : GridView, GraphView, HexView에서 데이터 선택 시 선택한 데이터에 해당하는 변수의 의미와 값을 출력한다.

④ HexView : HexView는 원시데이터를 hex값으로 보여주기 위한 것으로 다른 3개의 화면들과는 달리 원시파일에서 데이터를 읽어오며 16진 데이터의 연속된 행으로 표시한다.

라. 사용자 인터페이스 화면의 동기 제어

사용자 인터페이스 화면 실행 시 GridView는 선택된 구간의 모든 데이터를 바인딩하며, GraphView는 선택된 구간 중 그래프를 그리는 데 필요한 데이터만 바인딩하고, MessageView는 싱크 요청 시에만 데이터베이스에서 데이터를 바인딩하며 HexView는 원시 데이터 파일에서 선택된 구간의 모든 데이터를 읽어와 표시한다. 싱크 요청은 MessageView를 제외한 GridView, GraphView, HexView에서 요청 할 수 있으며 싱크 제어는 GridView만 가능하다.



(그림6) 인터페이스 화면의 싱크 및 제어도

그림6는 각 화면의 싱크 요청 및 제어를 나타낸 것이며 각 화면의 싱크 요청 및 제어 과정은 다음과 같다.

- ① GraphView에서 동기화 하고자 하는 부분의 그래프 좌표를 키 값으로 변환하여 GridView에 싱크요청을 한다. GraphView로부터 싱크 요청을 받은 GridView는 키 값을 통해 선택한 지점의 인덱스값을 확인 후 GraphView, MessageView, HexView를 인덱스 값 기준으로 출력하게 함으로써 동기화 하게 된다.
- ② GridView에서 동기화 하고자 하는 데이터 행을 선택하면 바로 인덱스 값을 확인 하여 싱크 요청을 한다. 싱크 제어 과정은 ①의 싱크 제어 과정과 같다.
- ③ MessageView는 싱크 요청 과정은 없고 싱크 제어 과정만 있으며 싱크 제어 과정은 ①의 싱크 제어 과정과 같다.

④ HexView는 원시 데이터 파일에서 데이터를 읽어오므로 동기화를 위해 데이터베이스에 저장한 해당 메시지의 파일위치 데이터를 사용한다. 동기화하고자 하는 행을 선택하면 선택한 행이 속한 메시지 시작 지점의 위치 값을 구해 싱크 요청을 한다. 이때 구한 위치 값을 파일위치 데이터와 비교하여 선택한 행의 인덱스 값을 확인하며 싱크 제어 과정은 ①의 싱크 제어 과정과 같다.

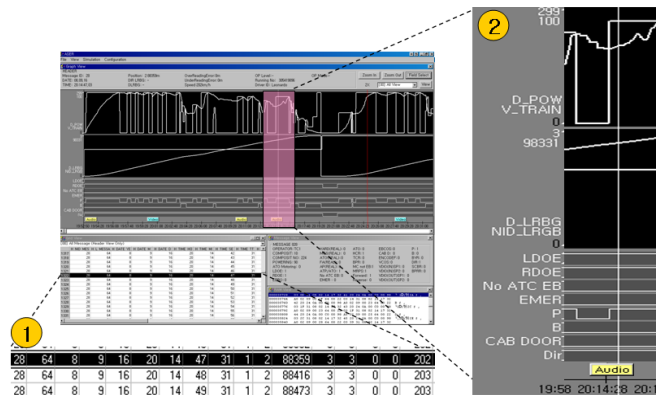
마. 시뮬레이션

시뮬레이션이란 선택된 구간을 실제 열차가 운행한 것과 같게 각종 계기를 시간에 맞게 동기화시켜 재현 되도록 구현한 기능이다. 시뮬레이션은 선택된 구간의 데이터를 바탕으로 그래픽 요소를 이용하여 사용자가 알아보기 쉽게 표현하였다. 선택한 데이터는 실제 열차가 운행하면서 기록한 데이터이며 운행당시 기관실의 각종 계기데이터를 재현하여 보여 준다.

4. 실험 및 평가

4.1 동기화 실험

그림7은 앞의 설계에 따라 구현된 분석 소프트웨어의 사용자 인터페이스 화면이다. 실험에 사용한 데이터는 2008년 9월 16일 19시부터 23시까지 운행한 열차의 데이터를 이용하였고 이 데이터를 28번 메시지로 정의하여 사용하였다.



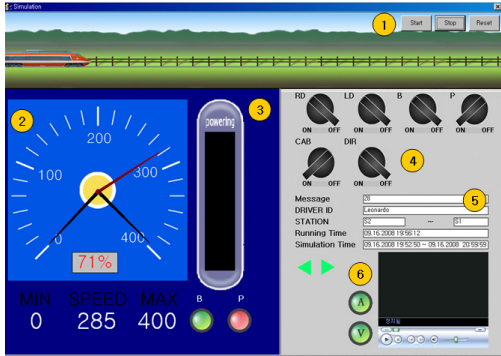
(그림7) 분석소프트웨어의 분석 화면

- ①은 분석소프트웨어에서 동기화 시켰을 때 GridView의 메시지 내용을 확대한 그림이며 내용은 28번 메시지이고 길이는 64byte이며 2008년 09월 16일 20:14:47에 생성된 데이터라는 것을 알 수 있다. 또한 2번역을 통과하여 88,359m를 운행했으며 열차의 속도는 202Km/h이다.
- ②는 GridView에서 나타난 내용을 보다 쉽게 알아보기 위해 그래프형태로 나타낸 것이며 세로축 하얀 선은 현재 동기화된 데이터를 나타낸다. V_TRAIN 선은 속도를 나타내며 최대값은 299Km/h이고 현재 속도는 표 6에 나와 있는 202Km/h임을 알 수 있다. D_POW 선은 가속 및 제동 정보를 나타내는데 가속도인지 제동정보인지는 그래프 하단에 있는 'P', 'B'의 값을 보고 알 수 있다. 현재 'P'

의 값이 1이므로 D_POW 선은 가속상태임을 나타낸다. D_LRBG 선은 열차가 바로 앞의 역을 통과하여 주행한 거리를 나타내며 현재 값은 표6의 88,359m를 나타냄을 알 수 있다. NID_LRBG 선은 열차가 가장 최근에 통과한 역의 번호를 나타내므로 현재 열차는 2번역을 통과했다는 것을 나타낸다.

4.2 시뮬레이션 실험

그림8은 구현된 시뮬레이션 기능을 실행한 화면이다. 최대한 실제 기관실처럼 구성하여, 표기하도록 구현하였다.



(그림8) 시뮬레이션 화면

4.3 비교 및 평가

표1은 현재 사용되고 있는 블랙박스용 분석 소프트웨어와 본 논문에서 설계한 분석소프트웨어를 비교한 표이다.

<표 1> 분석 소프트웨어간의 비교

항 목	Faiveley SAM	EKE TIP	논문제안
그래프의 비교 축의 수	4		1
아날로그 그래프의 수	4		5
디지털 그래프의 수	10		Unlimited
그래프의 수평 확대	○		○
그래프의 수직 확대	○		○
그래프별 확대			○
지점간 시간/거리표기	○		
시뮬레이션			○
실시간 모니터링		○	
필터링	○		
Data Export	○		○

본 논문에서 제안한 분석 소프트웨어를 포함 총 3가지 제품을 비교하였으나 EKE사의 TIP는 자료가 많지 않아 직접 비교하기는 어렵다. Faiveley사의 SAM은 그래프의 수평, 수직 확대 모두 지원하나 제안한 소프트웨어는 수평 확대만을 지원 하는 대신 각각의 그래프별로 확대하는 기능을 지원한다. 또한 논문에서 제안한 분석 소프트웨어는 일정 구간에 대해 실제 열차가 운행한 것과 같게 각종 계기를 시간에 맞게 동기화시켜 재현 되도록 구현한 시뮬레이션도 지원한다.

5. 결론

최근 안전한 철도차량 운영을 위해 철도차량의 속도와 운행정보의 기록 및 분석이 법제화 되고 있는 상황에서 운행속도와 제동정보 등 운행 중에 발생하는 운행정보를 기록하는 블랙박스와 함께 이 데이터를 정확하고 빠르게 분석하는 소프트웨어의 중요성은 날로 커져가고 있다. 따라서 본 논문은 블랙박스의 데이터를 분석하는 소프트웨어를 설계하고 개발하였으며, 기록 당시 상황에 대한 정확한 분석을 위해 운행정보 외에 열차 내에서 발생 되는 음성과 영상 데이터도 확인 할 수 있도록 개발했다.

개발된 분석소프트웨어의 실험을 위해 실제 운행된 열차의 데이터를 이용하였으며 동기화된 화면의 그래프와 그리드, 메시지, 16진 데이터, 오디오, 비디오, 시뮬레이션으로 그 결과를 확인하였다.

분석소프트웨어를 이용하면 사고 발생 시 저장된 데이터를 토대로 보다 빠르고 정확하게 사고 원인을 규명하는데 도움을 줄 수 있으며 영상, 음성과 함께 당시 열차의 상태를 분석함으로써, 상황을 정확하게 파악하는데 결정적인 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

또한 평상시 운행기록을 분석함으로써 구간별 운행 패턴과 기관사의 습관 등을 파악할 수 있고, 이를 활용하여 교육함으로써 기관사의 조작 실수 가능성을 줄여 안전한 운영을 가능하게 하고, 비효율적인 운행 습관을 개선하거나 운행 효율을 높일 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 최권희 외, "고속전철용 고장기록장치 시스템 설계에 관한 연구", 철도학회 춘계학술대회논문집, pp. 29-33, 2005. 11
- [2] 최권희 외, "중편편성 열차를 위한 효율적인 사건기록기 운영방안", 철도학회 춘계학술대회논문집, pp. 1422-1426, 2007. 11
- [3] 건설교통부, "교통안전시행계획", 2007. 5
- [4] 이영훈 외, "차상신호 도입에 따른 신호기술 전망", 철도웹진, 2003년 9월, 10월 호
- [5] Christopher J. Holliday, P.E. STV, Incorporated Philadelphia, PA, "A New Event Recorder Standard for Passenger Rail Equipment", IEEE, May 2005
- [6] IEEE, "IEEE Standard for Rail Transit Vehicle Event Recorders", IEEE Std 1482.1-1999, 26 June 1999
- [7] ALCATEL 외, "RTMS/ETCS - Class1 FFFIS Juridical Recorder-Downloading tool", 17 October 2005
- [8] 유병관, "고속철도차량 안전장치의 현황과 전망", 철도웹진, 2008년 1월, 2월 호
- [9] Faiveley, "SAM Installation and User Manual", September 2006
- [10] 송규연 외, "음성 통과 저장 기능을 제공하는 고속전철용 Event Recorder 연구", 철도학회 춘계학술대회논문집, pp. 1945-1950, 2008. 6
- [11] Railway Group, "Data Recorders on Trains - Design Requirements", Railway Group Standard Gm/RT 2472, June 2002.
- [12] <http://www.eke.com>