

음성 통화 저장 기능을 제공하는 고속전철용 Event Recorder 연구

Study of Event Recorder with Recording Voice Communication

송 규연* 이 상남** 류 희문** 백 진성***
Song, Gyu Youn, Lee, Sang Nam, Ryu, Hee Moon, Paik, Jin Sung

ABSTRACT

A event recorder system stores a train speed and the related information for train operation in real time. Using those information, we can analysis the train operation and the reason of train accident. Currently the event recorder only manipulate the data related the train operation mechanically and electrically. In this paper we propose the event recorder to record the voice communication between the manager in the control center and train operator. By recording the voice communication in the high speed train, the correctness of analysis of train accident can be increased. The system architecture of the event recorder with voice recording is studied and interface between other equipment is proposed. And the software architecture of new event recorder is developed. We study the method of converting analog voice signal into digital data and compressing method. Also the architecture of memory to store the compressed voice data and regeneration of original analog voice are studied.

1. 서 론

고속전철의 운영 환경이 복잡해지고 열차 운행 횟수가 많아짐에 따라 사고의 가능성도 높아진다. 열차 사고의 경우 많은 인명 사고를 낼 수 있으므로 사고 발생 시 그 원인을 철저히 분석하여 사고 재발 방지에 활용 하여야 한다. 고속전철에서는 이를 위하여 Event Recorder를 설치하여 고속전철 운행에 관련된 중요한 데이터를 저장한다. Event Recorder는 중요한 데이터를 메모리 장치에 저장함과 동시에 외부로부터의 엄청난 충격에도 저장 내용이 손실되는 것을 방지하기 위해 Crash Protected Memory를 사용하여 사고 시 열악한 주위 환경에서도 운행 관련 기록 내용이 보존 되도록 하고 있다 [1][2]. Event Recorder에 저장되는 운행 정보는 국가별 표준에 의해 정해져 있고, 현재는 영국 규격을 가장 많이 참조하고 있다. Event Recorder에서 저장해야 하는 운행 정보를 규격에서 정해 놓은 내용은 주로 열차 운행 정보 및 운전자 조작 내용들이다. 기존의 Event Recorder들은 기술적인 한계, 지원되는 하드웨어 한계 때문에 Event Recorder에 다양한 정보를 기록하지 못 하였다. 현재는 값 싸고 용량이 크진 하드웨어들이 출시되므로 이를 이용하여 고속전철 관련 다양한 정보를 Event Recorder에 저장할 수 있다. 본 연구에서는 Event Recorder에 기존 보다는 더 많은 정보를 기록한 후, 사고 원인 분석이 활용 하는 방식을 제시 하고자 한다.

* (주)한터기술, 부설연구소, 정회원

E-mail : gysong@htt.co.kr

TEL : (02)2108-2200 FAX : (02)2108-2211

** (주)한터기술, 부설연구소

*** 현대로템(주), 기술연구소 선행제품개발팀

2. 본 문

2.1 Event Recorder 저장 데이터

도표 1. Event Recorder에 대한 영국 규격

Information to be recorded	Crash Protection	
a) Train brake demand	Shock Test	18 shocks, 100g, 10ms, half sine
b) Operation of traction power controls	Crush Test	9 tests, 20kN, 1 minute
c) Train speed		
d) Operation of and driver response	Fire Protection	700°C, 5 minutes
e) Activation of DRA		
f) Activation of DSD		
g) Operation and driver override of PES	Chemical immersion test	not less than 60 minutes
h) Isolation/override of warning and protection system		
i) Operation of train warning horn	Magnetic field test	0 ~64 kA, 10 ⁷ A/s, 1 meter
j~q) omitted		

Event Recorder에 저장 되어야 내용은 국가별 표준으로 하여 영국 규격에서 그 내용을 제시하고 있다 [3][4]. 영국 규격 및 기존 Event Recorder 장비들에서 저장하는 내용은 열차 운행 관련 데이터만 저장한다 [5][6][7]. 고속전철 사고 시 원인 분석을 하기 위해서는 열차 자체의 운행 정보도 중요하지만 그 당시의 모든 상황을 Event Recorder에 저장해 놓으면 정확한 원인 분석이 가능하다. 본 연구에서 Event Recorder에 저장하고자 하는 데이터는 열차 내부에서 이루어지는 음성 통화에 대한 내용이다. 열차 내부에서 이루어지는 음성 통화는 주로 운전자에 의해 이루어지며 운전자와 중앙 관제 센터와의 열차 무선 통화 및 운전자와 승객과의 비상 통화이다. 본 연구에서는 음성 통화 내용을 Event Recorder에 저장하는 방안에 대해 제시 하고자 한다.

2.2 음성 통화 저장

고속전철에서 이루어지는 음성 통화는 아날로그 신호를 통해 이루어진다. 열차 무선을 통해 중앙 관제 센터로부터 전달된 아날로그 신호가 스피커를 통해 소리로 재생되거나 마이크로폰을 통해 전달된 아날로그 음성 신호가 스피커를 통해 소리로 재생된다. 아날로그 음성 통화 내용을 그대로 Event Recorder에 저장하면, 저장 방식 및 저장 매체적인 측면에서 열차에서 운용하기 어려운 점이 많다. 음성 통화를 효율적으로 저장하기 위해 아날로그 음성 신호를 디지털로 변환한 후 Event Recorder 메모리에 저장 하도록 한다. 아날로그 음성을 디지털로 변환하는 방식은 여러 가지 방식이 사용 된다. 본 연구에선 저장, 재생 및 Event Recorder 내부에서의 처리, 필요한 메모리 용량 등을 고려하여 MP3 방식의 디지털 변환 방식을 채택 하였다. MP3(MPEG Audio Layer-3)는 MPEG-1에 대한 오디오 부분에 대한 규격으로 음성을 인식하는데 중요하지 않은 부분을 제외한 고효율 압축 방식이다. MP3 인코딩은 비트율의 범위가 커서 여러 가지로 압축할 수 있다. 음질 자체가 중요하지 않으므로 CD(Compact Disk) 음질을 제공하는 128 Kbps 이하의 비트율을 사용한다. 32Kbps, 64Kbps 및 128 Kbps를 사용하는 경우 필요한 메모리 용량은 다음과 같다. 음성 통화는 항상 이루어지는 것이 아니라 필요 하거나 요청 시 이루어지므로 열차가 1회 운행 시 총 통화 시간이 20분이라고 가정한다. 하루에 5회 운행을 하면서 7일간 음성 통화 내용을 저장하는데 필요한 메모리 용량은 아래와 같다.

$$32\text{Kbps} * 20 * 60 * 5 * 7/8 = 168 \text{ Mbytes}$$

$$64\text{Kbps} * 20 * 60 * 5 * 7/8 = 336 \text{ Mbytes}$$

$$128\text{Kbps} * 20 * 60 * 5 * 7/8 = 673 \text{ Mbytes}$$

2.3 Event Recorder 하드웨어 구조

Event Recorder에서 지원해야 할 기능은 중앙 처리 기능, 열차 관련 장치들로부터 운행 정보를 입력 받는 I/O 기능, 기록된 데이터를 외부로 전달하기 위한 기능, 음성 통화 내용을 저장하기 위한 기능이다. 중앙 처리 기능은 중앙 처리 장치 및 메인 메모리로 구성되고, I/O 기능은 아날로그 신호 인터페이스, 디지털 신호 인터페이스 및 통신 장치로 구성 된다. 기록된 데이터를 외부로 전달하기 위한 기능은 USB 메모리와 같은 외부 저장 장치, 통신 장치로 구성되고 음성 통화 내용을 저장하기 위한 기능은 MP3 인코더 및 플래시 메모리로 구성 된다. 시스템은 각 기능이 Board 단위로 구성 되며 각 Board 간의 신호 전달은 산업 표준인 VME Bus를 이용하여 이루어진다.

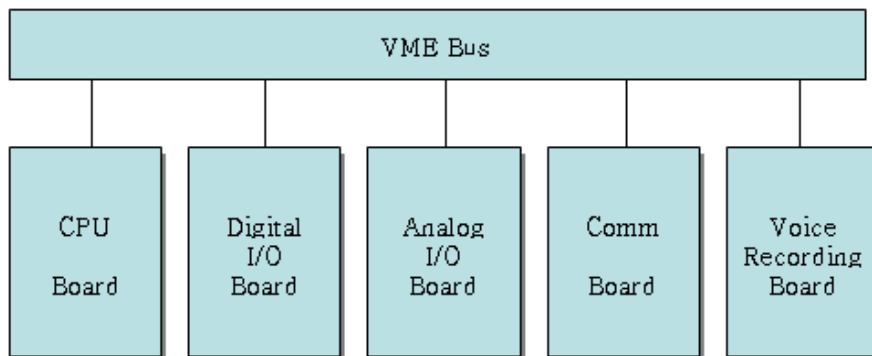


그림1. Event Recorder System Block Diagram

중앙 처리 장치는 운영 체제 및 Event Recorder 고유의 기능을 수행하기 위한 응용 프로그램을 처리한다. I/O 기능 중 통신 장치는 고속전철 신호 처리용 차상 장치 컴퓨터로부터 열차 상태를 전달 받거나 다른 외부 장치로부터 열차 상태를 통신으로 전달 받는 기능을 수행한다. MVB(Multifunctional Vehicle Bus) 통신 방식, CAN(Controller Area Network) 통신 방식을 이용하여 통신한다. 음성 통화 내용을 저장하기 위한 기능을 제공하기 위해 Event Recorder가 지원하여야 하는 인터페이스는 열차 무선 통신 장치와의 인터페이스, 방송 장치와의 인터페이스이다. 열차 무선 통신 장치와의 인터페이스는 운전자와 중앙 관제 센터간의 음성 통화 내용을 저장하기 위함이고, 방송 장치와의 인터페이스는 운전자와 승객간의 통화 내용을 저장하기 위함이다. 최근 기술적인 추세는 열차 무선 장치와 방송 장치를 통합하여 Infotainment 장치라는 하나의 장치에서 모든 기능을 수행하는 방식이 있다. 이러한 Infotainment 장치가 지원되는 고속전철에서는 통화 내용을 저장하기 위해 Event Recorder는 하나의 인터페이스만 지원하면 된다.



그림2. 음성 통화 저장을 위한 인터페이스

열차 운행에 관련된 데이터 저장 용량은 약 201 Mbytes (4bytes*100개*60초*60분*4시간*5회*7일) 이고 녹음된 음성 통화 데이터 용량은 수 백 Mbyte에 크기이므로 Event Recorder에서 분석용

컴퓨터로 전송하기 위해 전송 속도가 빠른 네트워크를 이용하여야 한다. 이를 위해 Ethernet 이용한 TCP/IP 통신 방식을 사용한다. 음성 통화 내용을 기록하는 기능을 수행하는 Board는 중앙 처리 장치, 메인 메모리, 플래시 메모리, MP3 Encoder, VME 인터페이스로 구성 된다. 플래시 메모리는 2.2절에서 계산된 메모리 소요 용량을 고려하여 1 GByte로 구성한다. MP3 Encoder는 전용 Chip을 이용하여 구성한다.

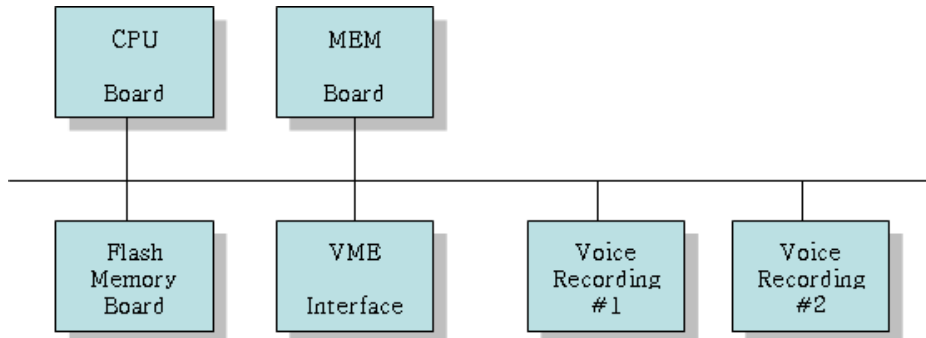


그림3. Voice Recording Board Block Diagram

음성 통화 내용을 저장하기 위해서는 Event Recorder는 열차 무선 장치 및 방송 장치로부터 각각 음성 신호를 전달 받아야 한다. 동시에 음성 통화가 시작 된다는 제어 신호도 함께 전달 받는다. 음성 통화가 정상적으로 종료 된 경우에는 종료 신호를 받게 된다. 정상적인 음성 통화 종료 신호를 수신하지 못 하는 경우를 대비하여 통화 내용이 감지되지 않는 묵음 상태가 1분 동안 지속되면 음성 통화가 종료된 경우로 간주 한다. 음성 통화가 시작 된다는 제어 신호를 중앙 처리 장치가 수신하면 중앙 처리 장치는 음성을 저장하기 위한 초기화 과정을 수행하고 동시에 MP3 Encoder 기능을 기동 시킨다.

2.4 Event Recorder 소프트웨어 구조

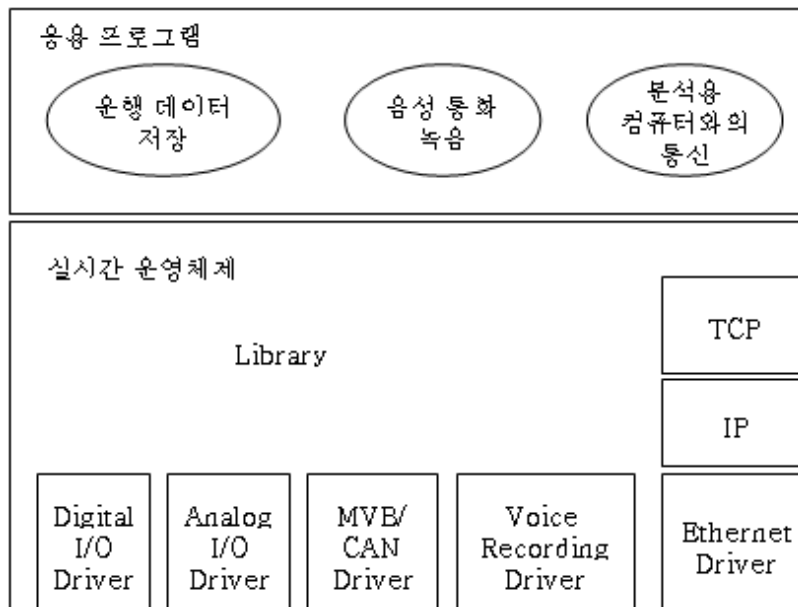


그림4. Software Architecture

Event Recorder 소프트웨어는 3개의 주요 모듈로 구성 된다. 첫 번째는 중앙 처리 장치에서 수행 되는 Event Recorder 전체적인 기능에 대한 모듈이고 두 번째는 음성 통화 저장 Board에서 수행 되는 음성 통화 저장 및 전달 기능을 위한 모듈이고 세 번째는 저장된 데이터를 재생하고 분석하기 위한

모듈이다. 첫 번째와 두 번째 모듈은 Event Recorder에서 동작 되는 모듈이고 세 번째 모듈은 분석용 컴퓨터, PC 컴퓨터에서 수행 되는 응용 프로그램이다. 중앙 처리 장치에서 수행 되는 모듈은 실시간 처리 운영 체제 위에서 열차 운행 관련 데이터 수집 및 저장 기능, 저장된 데이터를 외부 장치로 전달 하기 위한 기능, 저장된 음성 통화 내용을 전달받아 외부 장치로 전달하기 위한 기능으로 구성된다. 열차 운행 관련 데이터 수집은 아날로그 및 디지털 신호 입력 및 통신을 통한 외부 장치로부터의 데이터 수집 기능을 수행한다. 저장된 데이터를 외부 장치로 전달하기 위한 기능은 Event Recorder 본체에서 제공 되는 USB Port를 이용하거나 Ethernet을 통한 TCP/IP 통신을 통해 저장된 데이터를 재생 하고 분석하기 위해 분석용 컴퓨터에게 데이터를 전송하기 위한 기능이다.

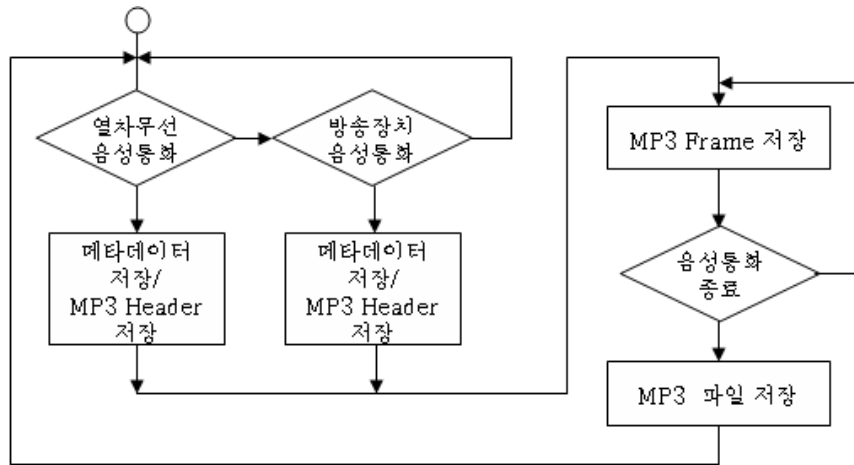


그림5. Voice Recording Flow Chart

음성 통화 신호는 디지털로 변환 되어 MP3 파일 형식으로 저장 된다. MP3 파일 이름은 열차번호와 녹음할 당시의 현재 시각을 이용하여 만들어진다. MP3 파일로 저장되는 음성 통화 내용에 대한 자세한 정보를 제공하기 위해 메타데이터를 함께 저장한다. 메타데이터에 저장되는 내용은 현재 시각, 열차 번호, 열차 위치, 열차 속도이다. MP3 파일 내부는 ID3 라는 데이터 저장 부분과 Frame으로 구성 된다. ID3에는 MP3 파일 관련 정보가 기록되고, Frame에는 Header와 디지털화된 음성 정보가 기록된다. Header에는 Sync를 비롯하여 디지털화된 방식에 대한 정보가 기록된다. MP3 파일 ID3에는 저장된 MP3 파일과 관련된 정보를 기록한다. ID3에 저장 되는 내용은 현재 시각, 열차 위치, 열차 속도이다. Event Recorder에 저장된 열차 운행 정보 및 녹음된 음성 통화 내용은 사고 분석 시 혹은 열차 운행에 대한 분석 시 분석용 컴퓨터로 전송 된다.

녹음된 음성 통화 내용에 대한 데이터 크기가 수 백 Mbyte 이상 일 수 있으므로 Event Recorder와 분석용 컴퓨터 사이의 통신 방식은 Ethernet을 이용한 TCP/IP 통신 방식을 사용한다. Event Recorder가 전송 요청에 대해 수신을 대기하고 있다가 분석용 컴퓨터로부터 전송에 대한 요청을 받으면 먼저 전송할 데이터 전체 크기에 대한 값을 전송한 후 데이터를 1024 Byte 단위로 나누어 분석용 컴퓨터로 전송한다. 분석용 컴퓨터는 전송 받은 데이터를 하드디스크에 저장한 후 제공 되는 메뉴를 이용하여 저장된 데이터를 재생 및 재현하여 화면에 표시해 준다. 표시하는 방식은 각 열차 신호에 대해 시간적으로 변화하는 모양을 그래프로 표시하거나 테이블 형태로 보여 준다. 저장 데이터에 대한 정밀한 분석을 위해 저장된 데이터 자체를 화면에 보여 주는 기능도 제공한다. 이 때 분석하는 사람의 사용 편리성을 위해 그래프, 테이블, 저장 데이터 사이의 연관 관계를 동시에 화면에 표시해 준다. 그리고 녹음된 음성 내용은 메타데이터와 MP3 파일을 분석하여 그래프와 연동하여 녹음된 통화 내용을 재생해 준다. MP3 파일의 앞 부분에 저장 되어 있는 ID3 부분에 대한 내용을 참조하여 운행 정보를 표시해 주는 그래프와 연동하여 녹음 내용을 재생한다.

3. 결론

본 논문에서는 고속전철 사고 시 사고 원인을 정확히 분석하기 위해 열차 운행 관련 정보뿐만 아니라 고속전철에서 이루어지는 음성 통화에 대한 저장 방안을 연구 하였다. Event Recorder에 저장하는 운행 정보 데이터는 영국 규격을 참고 하였고, 추가적으로 음성 통화 내용을 포함 하였다. 하드웨어적으로는 음성 통화를 디지털로 변환하여 저장하는 방안으로써 MP3 Encoding 방식을 채택 하였고, 디지털로 변환한 음성 통화를 저장하기 위해 많은 메모리 용량이 필요한 것은 플래시 메모리를 사용 하였다. 소프트웨어적으로는 음성 통화 내용을 저장하기 위해 메타데이터 및 MP3 파일 저장 방식을 이용 하였다. 저장된 열차 운행 정보 및 음성 통화 내용을 분석용 컴퓨터로 전송한 후 저장된 내용을 재현해 주는 소프트웨어 구조를 제시 하였다. 분석용 소프트웨어에 대한 사용자 편리성을 위해 운행 정보를 표시해 주는 그래프, 테이블, 저장 데이터 및 음성 통화 내용 사이의 연관 관계를 화면에 표시해 주도록 하였다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 차세대 고속철도 기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행 되었습니다.

참고문헌

1. 최권희,전성현,정병호,이병석,한동인 (2005년), “고속전철용 고장기록장치 시스템 설계에 관한 연구” , 한국철도학회 2005년도 추계학술대회논문집, 2005.11, pp.29~33
2. J. W. Hill-Lindsay, J. T. Yuen,"Ultra-High Impact Resistant Digital Data Recorder for Missile Flight Testing", IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology-Part A, Vol. 17,No. 3, September 1994, pp.398~403
3. Data Recorders on Trains - Design Requirements, Railway Group Standard GM/RT 2472, June 2002.
4. A New Event Recorder Standard for Passenger Rail Equipments, IEEE Std 1482.1-1999
5. Secheron - Introduction Speed and Data Recording System, September 2002
6. Faiveley - Technical Description of On Train Monitoring and Recorder, August 2002
7. Faiveley - SAM Installation and User Manual, September 2006