

중련편성 열차를 위한 효율적인 사건기록기 운영방안

Effective event recorder operation method for multi-coupled trainset

최권희*

정병호**

민평오**

오용석***

이종우****

Choi, Kwon-Hee

Jeong, Byung-Ho

Min, Pyung-Oh

Oh, Yong-Suk

Lee, Jong-Woo

ABSTRACT

One of the most important targets of transportation is to transport human and commodities to the destination safely. Railway has low risk, compared with land, ocean and flight route and it assures high security as well as high speed driving, since it runs on regular track. However, train accident may result in tragic accident due to small carelessness, so special event recorder is preferably used in order for clarity of responsibility in case of accident, maintenance of signal device and defect analysis. JRU(Juridical Recorder Unit) for ATC/ATS/ATP can be more advanced event recorder.

Event recorder of KTX-I which is running now is installed one by one on each leading car and last car, and operation plan of event recorder in case of single trainset is suggested. But regarding train operation of multi-coupled trainset operation such as KTX-II, more detailed study is required for event recorder revitalization and record data process method.

Therefore, this research aims at operation plan used in existing event recorder, and suggests effective operation and management plan of event recorder in multi-coupled trainset such as new High Speed Train.

1. 서론

인명과 재화를 목적지까지 안전하게 수송하는 것이 모든 교통수단의 가장 중요한 목적 중의 하나일 것이다. 철도는 육로, 해운, 항공에 비해 위험요소가 상대적으로 적다. 특히 열차는 일정한 궤도를 달리고 있어 고속운전 뿐 아니라 높은 안전성을 보장한다. 그러나 열차 사고는 사소한 부주의에 의해서도 대형 참사로 연결될 수 있으므로 사고 발생시 책임 소재를 명확히 구별하고, 신호설비의 유지보수 및 고장 분석 등을 손쉽게 처리하기 위해 운용기관에서는 별도의 사건기록기(event recorder)를 사용하는 것을 선호하고 있다. 최근 신규고속차량(KTX-II)의 차상 신호장치(ATC/ATS/ATP)를 위한 JRU(Juridical Recorder Unit)의 도입은 보다 진보된 사건기록기라 할 수 있다.

현재 운행 중인 경부고속열차(KTX-I)의 사건기록기는 선두와 후부 동력차에 각 1대씩 설치되어 있고, 단일편성에 대해서는 실질적인 운용 방법이 체계적으로 제시되고 있다. 그러나 신규고속차량과 같이 중련편성(multi-coupled trainset)으로 열차를 운행하고자 하는 경우, 사건기록기의 활성화 및 기록데이터의 처리 방법 등에 대해서는 구체적인 방안이 제시되지 못하고 있다.

따라서, 본 논문은 기존의 사건기록기에서 사용하는 운영 방법을 지향하면서 신규고속차량과 같이 중련편성으로 운행하는 열차에서 사건기록기를 효율적으로 운영 관리할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

* (주)로템, 기술연구소, 기술사/선임연구원, 정회원

E-mail : khchoi@rotem.co.kr

TEL : (031)460-1205 FAX : (031)460-1787

** (주)로템, 기술연구소, 책임연구원

*** 한국철도공사, 차량기술기술단 고속차량개발팀, 차장

**** 서울산업대학교, 철도전문대학원 철도전기신호공학과, 교수

2. 본문

2.1. 사건기록기의 필요성

사건기록기의 필요성을 언급하기에 앞서 고속열차의 사고사례를 살펴보면, 1964년에 개통된 일본의 신칸센은 개통 이후 경미한 사고가 있었지만, 승객의 사망사고는 발생하지 않았다. 다만, 1995년 미시마역에서의 인사사고와 함께 2001년에도 인사사고가 1건 기록되어 있다. 그리고 2004년 10월 니가타(新潟)현에서 진도 6이 넘는 강진이 발생하여 신칸센 고속열차가 개통 40년 만에 처음으로 탈선했으나 이로 인한 인명피해는 발생하지 않았다. 그 외 기지로 회송 중인 신칸센 열차의 탈선, 터널 내 낙석 사고 등이 전부였다. 프랑스의 TGV는 1981년 개통 이후 12건의 탈선, 화재 및 건널목 사고가 있었지만, 사망자는 발생하지 않았다. 동물이 뛰어드는 일, 운행중 출입문이 열린 일, 운행 중 창문의 파열, 레일 위에 콘크리트가 놓인 일 및 테러 등이 사고의 주요한 원인이었다. 1991년 개통한 독일의 경우, 1998년 하노버 인근 에스체데에서 바퀴의 균열로 인한 탈선으로 열차가 인근 교각과 충돌하면서 100명이 사망하고, 88명이 부상하는 사고가 발생하였다. 터어키에서는 2004년 7월 터키 북서부 사카랴주에서 새로 도입한 고속열차가 탈선해 36명이 사망하고 79명 이상이 부상했다. 이 사고는 이스탄불~앙카라 노선의 고속열차가 개통 한 달 만에 기존의 노후한 철로를 그대로 이용하다가 곡선부위에서 발생하였다.

그 외 일반열차에 있어서도 운전취급 부주의에 의한 사고, 건널목사고 및 차량 시설노후화에 따른 열차고장과 신호장애가 주종을 이루고 있다. 이를 해결하기 위해 안전기준의 강화, 안전설비의 보강, 시험인증의 제도화, 재해예측이나 복구지원시스템 등의 연구개발이 진행 중에 있다. 특히 유럽에서 사용하고 있는 ERTMS/ETCS(European Rail Traffic Management System/European Train Control System) 차상 신호장치에 사용되고 있는 JRU(Juridical Recorder Unit)는 보다 진보된 사건기록기의 대표적인 일례이다. 이 장치는 DMI(Driver Machine Interface)와 함께 열차간 네트워크를 통해 EVC(European Vital Computer)와 연결되어 있으며 사고 발생시 필요한 모든 Juridical Data를 지속적으로 저장한다[4].

2.2. 사건기록기의 요구사항

KTX-I의 사건기록기는 1980년대 말에 설계된 기술로서 당시의 기록저장 능력이 부족한 메모리를 사용하고 있기 때문에 운전자에게 현시되는 ATC 신호정보, 날짜와 시간, 상대거리, 속도정보, 운전자의 운전반 조작행위 이력, 안전과 관련된 주요 장비의 일부 동작내용, 운전자 정보, 열차의 국부적인 상태 등만을 기록하고 있어, 지상에서 열차의 고장상태를 정밀하게 분석할 수 없는 단점을 가지고 있다. 그러나 신규고속차량에서는 기억용량을 대폭 증가시키고, 기억된 데이터를 빠르게 다운로드하여 시기적절하게 분석할 수 있는 사양을 요구하고 있다[1].

2.2.1. 운영조건

사건기록기는 열차의 어떠한 전자장비보다 일찍 기동(earliest wake-up)하고 가장 늦게 정지(last sleeper)하도록 하며, 작동 중에는 다음의 기능을 수행토록 설계되어야 한다.

- 전 구간에 걸친 주행정보(long journey)와 매 시간 최근의 정보(end of journey)를 저장하는 별도의 데이터 파일을 가지고 있어야 한다.
- 운행중에 사건기록기는 선두차와 후두차에서 동시에 동작하여야 한다.
- 전원이 인가되지 않는 상황에서도 저장된 내용을 계속 유지하여야 한다.
- 자기 진단기능을 통해 처음 동작시와 정상 운행중에 지속적으로 자기진단을 수행하여야 한다.
- 별도의 통신포트를 사용하여 차상 또는 지상에서 분석용 컴퓨터를 이용한 분석이 가능하여야 한다.

2.2.2. 기록파일

사건기록기는 비행기의 블랙박스와 같은 역할을 하는 장치로서 평상시에는 운행기록 유지관리에 활용하며, 사고 발생시 원인규명을 할 수 있는 단서를 제공하여 사고 원인규명 및 수습에 도움이 되도록 하고 있다. 사건기록기는 요구조건 사양에 부합하는 Journey 파일의 길이(LP), Journey 카세트 파일의 종료(FPK7) 및 Journey Drive File의 종료(FPTI)이며, 각 파일은 다음과 같은 특징을 지니고 있어야 한다.

① Journey 파일의 길이 (LP)

Journey file의 길이는 카세트(Cassette 또는 K7)내에 위치한다. 그것은 운행 중 발생하는 모든 이벤트를 포함한다. 데이터는 카세트 판독기에 의해 판독될 때까지 보관되고 그 후 지워진다. 파일의 크기는 최대 16 Mbytes(KTX-I의 경우 2M비트의 플래시 메모리, 5000km 정도의 저장능력)이고, 적합한 판독 기에서 판독되어야 한다. 이벤트는 운전실이 운행중일 때 (LP.ENR 신호가 동작중일 때)에만 이 파일에 기록된다.

② Journey 카세트 파일의 종료(FPK7)

Journey 카세트 파일의 종료는 카세트에서 이루어진다. 그것은 순환 파일로서 운행의 마지막 이벤트를 포함하고 있다. 이 데이터는 영구적으로 보관된다. 파일의 크기는 127 Kbytes이며 사용 가능 메모리 한계 내에서 운행의 마지막 이벤트 저장을 허용한다. 이 파일은 선두 운전실과 ('LP.ENR' 신호가 작동) 후부 운전실 ('LP.ENR' 신호 비작동)에서 모두 업데이트된다.

③ Journey Drive File 의 종료(FPT1)

Journey drive file의 종료는 기록계에서 이루어진다. 이것은 순환 파일로서 운행의 마지막 이벤트를 포함한다. 이 데이터는 영구적으로 보관된다. 파일의 크기는 64 Kbits이며 사용 가능 메모리 한계 내에서 운행의 마지막 이벤트 저장을 허용한다. 이 파일은 선두 운전실과 ('LP.ENR' 신호가 작동) 후부 운전실 ('LP.ENR' 신호 비작동)에서 모두 업데이트된다.

2.3. 제안된 사건기록기 시스템의 구성

그림 1은 제안된 사건기록기의 시스템 구성도를 보인 것이다. ATP에 의해 제공되는 모든 데이터는 1.5Mbps의 Profibus를 통해 사건기록기와 연결되고, 열차의 데이터를 전송하는 차량진단제어장치(TDCS)와 시리얼 접속은 IEC61375 표준 규격인 MVB(Multifunction Vehicle Bus) 통신으로 연결되는 것을 제외하면 기본적으로 현재 운영되고 있는 KTX-I 사건기록기와 기능 및 구성이 유사하다.

ATC장치와의 시리얼 접속은 궤도정보의 수신과 기록을 가능하게 하며, 전이중 시리얼 접속(20mA Current Loop)으로 사용한다. 그리고 차량상태를 기록할 수 있는 32채널의 디지털 입력을 가지며, ATP 및 TDCS의 정보를 기억할 수 있는 JRU(8J, 24H)와 정적레코더(K7EN)로 구성된다.

기록은 상이한 입력을 메시지 형태로, 세 개의 파일 즉 Long Journey (LP), Journey 카세트 파일의 종료(FPK7) 그리고 Journey Drive File 의 종료(FPT1)로 저장한다. JRU파일은 8일과 24시간 순환 파일(FIFO 모드)을 사용하여 가장 오래된 데이터는 새로운 데이터에 의해 교체된다. 또한 MVB 네트워크상에서 캡처된 메시지는 실시간으로 8일 파일과 24시간 파일에 기록된다. 열차 운행중 발생한 상이한 이벤트에 대해서 시간은 2초 간격, 거리는 10 미터 간격 그리고 속도는 1Km 간격으로 기록된다[2][3].

일반적으로 사건기록기는 뒷데리 전원(MES.ENR)이 인가되고 LP.ENR 신호가 작동되면 Journey 파일(LP, FPT1, FPK7)에서의 기록이 이루어지고, LP.ENR 신호가 작동하지 않으면, Journey 파일의 종료(FPT1, FPK7)에서 기록이 이루어진다.

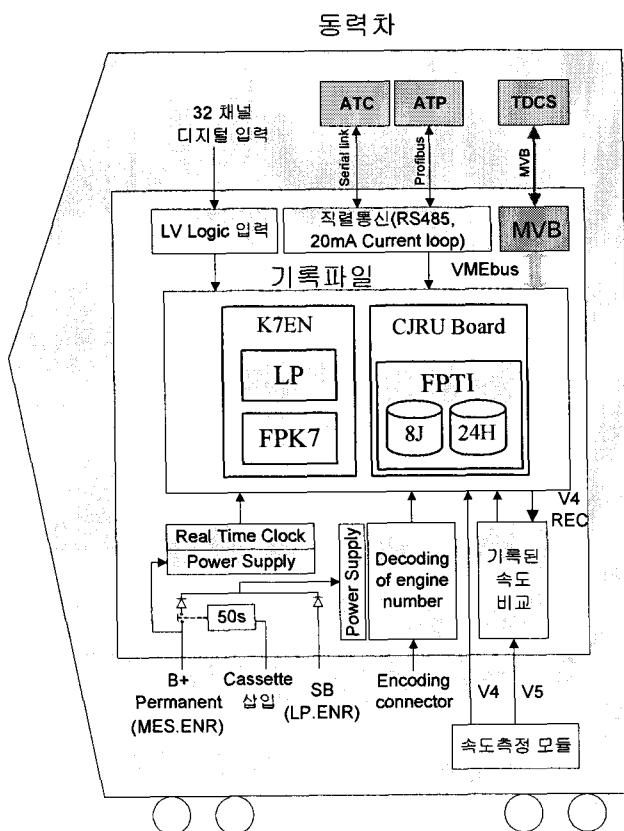
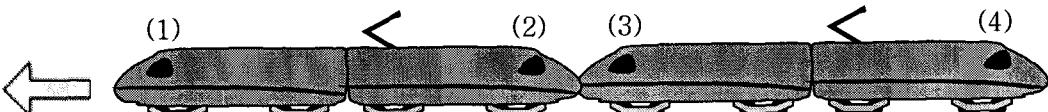


그림 1 사건기록기 시스템 구성도

3. 중련편성시 사건기록기 운영방안

그림 1은 중련편성시 사건기록기의 동작 상태를 표시하기 위해 나타낸 그림이다. 편성열차1(train set 1)의 Cab(1)이 진행방향의 운전실로 선택된다면, Cab(2)~Cab(4)는 피운전실로 설정된다. 그리고 차량의 뒷데리가 차단상태가 아니면 BL Local 신호가 활성화되고, LP.ENR 신호의 동작 유무에 따라 National 기록 파일의 저장형태가 결정된다. 또한 JRU 파일은 운전실의 활성화 유무와 관계없이 모든 Cab에서 동작한다. 만일 신호장치 고장 시, 사건기록기는 LP.ENR 신호에 따라 고장 유무를 판단하여 기록한다. 이와 같은 기록방식은 기억용량을 최적으로 사용하고, 중련편성의 열차가 단일편성으로 분류될 때 고장기록 및 운행 데이터를 쉽게 분류하기 위함이다.



	Train set 1		Train set 2	
	운전실 1	운전실 2	운전실 3	운전실 4
BL Local(=LP.ENR)	작동	비작동	작동	비작동
National 기록 파일	Short & long file	Short file	Short & long file	Short file
JRU 파일	예	예	예	예
신호장치 고장시 사건기록기 상태	고장	고장 없음	고장	고장 없음

그림 1 중련편성시 사건기록기 동작상태

그림 2는 중련편성시 사건기록기의 동작 상태를 나타낸 것이다. 이 단계에서, 속도, 거리 및 시간에 관계된 2개의 메시지(작동/비작동 상태로 전환)는 시리얼 접속과 로직 입력으로부터 수신되며 사건기록기에 기록된다.

예를 들면, 정상 운행중 운전실을 변경하면(LP.ENR 상태 변화), <BL LOCAL 존재> 또는 <BL LOCAL 부재> 메시지가 기록되고, LP.ENR 입력은 작동 또는 비작동 상태로 변화한다. 이러한 동작이 발생하면, 사건기록기는 신속하게 상태를 초기화해야 한다. 보다 중요한 것은 초기화 진행중에도 신호장치로부터 수신되는 JRU 메시지는 중단없이 기록되어야 한다.

활성화되지 않은 열차의 상태는 MES.ENR 로직 입력이 비작동 될 때 즉, 운전실 선택 스위치가 locking되어 있을 때, 사건기록기에 의해 감지되어야 한다. 운전자는 BL이 차단된 이후 일정시간 동안(약 50초) 작동 상태를 유지해야 하며, 이 기간 동안에 처리되기를 기다리는 Pending 데이터를 위해 새로운 데이터를 기록하는 것을 허용해서는 안 된다. Pending 데이터가 처리되면 <BL LOCAL 존재> (LP.ENR 작동) 그리고 <BT 전압 부재>가 기록되고 파일이 닫힌다. 이 마지막 작동은 고장을 저장하고 해당 파일 (drive와 카세트)에 고장 테이블을 저장하기 위한 것이다. 그러나 약 50초 동안 운전실 선택스위치가 locking되지 않으면, 사건기록기가 초기화된다.

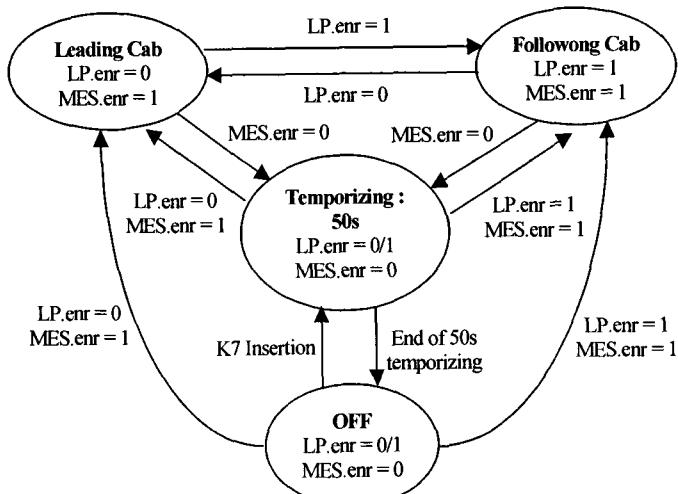


그림 2 중련편성시 사건기록기 동작 상태도

특히 사건기록기에 전원이 인가되면 많은 메시지가 주행파일(Journey file)에 기록된다. 이 기록된 메시지는 LP.ENR 입력 상태와 전원이 꺼져있을 때 카세트가 교체되었는지에 의존한다. 이 모든 것은 표 1에 보다 상세하게 나타나 있다. 이 메시지는 열차가 작동할 때마다 기록되는 첫 번째 메시지이다. 만일 사건기록기내에 카세트가 제거되고 없다면, 사건기록기는 그것을 유지보수 요원이 쉽게 인지할 수 있도록 장치의 앞면에 지시하도록 해야한다.

표 1 입력신호(MES.ENR, LP.ENR) 동작 유무에 따라 실행되는 파일

운영 모드 입력		실행되는 파일		
MES.ENR	LP.ENR	카세트 장시간 운행 (LP)	카세트 운행 종료 (FPK7)	기록장치 운행 종료 (FPTI)
0	×	아니오	아니오	아니오
+BATT	0 / NC	예	예	예
+BATT	+BATT	아니오	예	예

4. 결론

중련편성시 사건기록계는 뒷데리 전원(MES.ENR)이 인가되고 LP.ENR 신호가 작동되면 Journey 파일(LP, FPTI, FPK7)에서의 기록이 이루어지고, LP.ENR 신호가 작동하지 않으면, Journey 파일의 종료(FPTI, FPK7)에서 기록이 이루어지도록 시스템 및 로직을 구현하였고 운행방안을 제시하였다.

향후에는 보다 진보적인 기법으로 사건기록장치에 기록된 데이터의 신뢰성을 검증하고, 분석하는 방안에 대한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- [1] 신규고속차량(100량) 제작사양서, 한국철도공사, 2006.
- [2] ATESS System Requirement Specifications(Ref. ZA547476), Faiveley transport, 2007.7.
- [3] EKE-Trainnet TDR Event Recorder Technical Specification for G7 Train.
- [4] 최권희 외, 고속전철용 고장기록장치 시스템 설계에 관한 연구, 한국철도학회 추계학술대회, 2005.