

KTX 안전운행 확보를 위한 ATP시스템 설치 최적화 방안

A study on the optimum ATP installation for KTX safety running

유병관*
Ryu, Byung-Gwan

김대식**
Kim, Dae-Sik

ABSTRACT

In order to install ATP system for KTX safety running, a study has been done to examine measures to ensure the interface between KTX and ATP system. Although onboard signaling system is efficient and has been verified both at home and abroad, alternatives for optimum installation shall be adopted so as to show designated performance taking into account the given peripheral device.

A solution to interface between beacon and onboard system shall be presented especially for the KTX, which runs on both high speed and conventional line (ATP-ATS). Furthermore, the method for controlling the braking process and recorder shall be studied.

1. 서론

지금 KTX에는 차상신호장치 TVM430(ATC-ATS)이 운영되고 있으며, 최근 ATP 개량사업의 일환으로 KTX 차량에 ATP시스템 설치를 추진중에 있다. ATP시스템은 지상자를 통하여 선형열차, 선로조건 등 운전정보를 수신하여 ATP 차상컴퓨터에서 안전곡선을 계산하는 거리중심(Distance to go)의 제어방식 시스템으로 안전성 향상 및 운전시각 단축의 효과를 기대할 수 있다.

ATP시스템이 KTX에서 성능을 발휘하기 위해서는 KTX의 주변장치와 인터페이스를 확보해야 함은 물론이다. 현재 KTX 운행구간에는 고속선 ATC방식과 기존선 ATS방식이 혼용 사용되고 있으며, 레벨전이 과정에서 동시 Arming 등으로 인한 비상체결 등으로 개통초기 운행의 어려움을 겪었던 것도 사실이다.

ATP시스템의 장점에도 불구하고 선로조건과 KTX의 주변여건을 고려하지 않는다면 운행에 커다란 장애요인으로 작용할 수 있다. 또한 KTX차량에 이미 개발된 외국의 ATP시스템이 설치되어 소정의 목적을 달성하기 위해서는 KTX 주변장치와의 인터페이스 등 고려할 요소들이 적지 않다. 특히, 기존선 ATS구간과 ATP구간, 고속선 ATC 구간을 KTX가 운영될 경우 레벨전이에 있어서 안정성과 신뢰성의 확보는 필수불가결한 요소이다. 이런 검증은 시운전을 통한 성능입증과 안정성(RAMS) 활동을 통하여 검증되어야 할 것은 물론이다.

본 연구에서는 KTX와 ATP시스템사이의 인터페이스 측면에서 ATC와 ATP시스템간의 최적의 레벨전이 방안을 검토하였다. 또한 KTX와 ATP시스템과의 제동관련 처리 방안과 KTX의 OBCS, ATESS 기록계 등과의 인터페이스 등을 기술하였다. 이것이 KTX의 ATP시스템 설치에 따른 문제점을 최소화하고 ATP시스템이 KTX의 신호시스템으로서 최적의 효과를 발휘하는데 기여할 수 있을 것으로 기대되기 때문이다.

* 한국철도공사, 기술본부, 차량기술단

E-mail : ktx0404@hanmail.net

TEL : (042)609-3607 FAX : (042)609-3753

** 한국철도공사, 기술본부, 차량기술단

2. ATP시스템의 특성

2.1 ATP(Automatic Train Protection)시스템

ATP시스템은 폐색구간 경계지점에 설치된 지상자(Balise, Beacon)를 경유하여 열차간 운행정보의 상호교환을 통해 최소 제동거리를 확보함으로써 운전시각 단축과 선로용량 증대를 가능하게 하는 시스템이다. 이 시스템은 열차의 운행속도 향상 및 조밀운전을 해결하기 위하여 불연속 정보전송 방법에 의해서 열차 제어를 가능하게 할 수 있어 주로 열차의 안전운행을 목적으로 사용되며, 현재는 220km/h 이하에서 사용중이다.

그림 1은 ATP시스템의 속도제어 곡선을 나타내는 것으로 기존의 ATS시스템이 계단적인 제어곡선을 보여주는데 비해 ATP시스템은 선형적인 제어곡선을 나타내어 빗금친 부분만큼의 운전효율을 기할 수 있음을 보여준다.

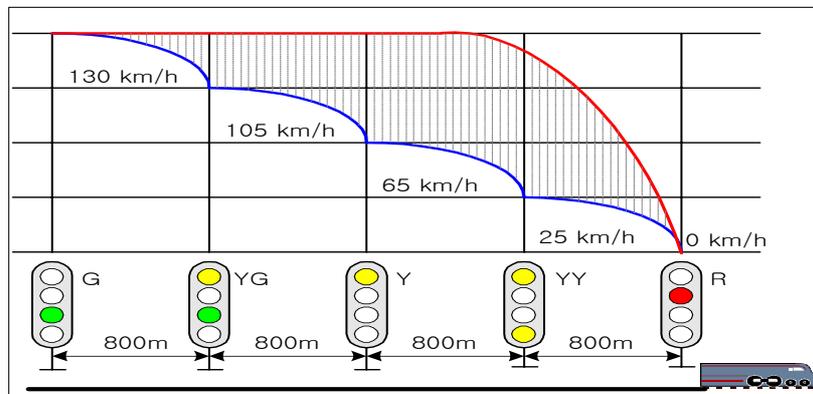


그림 1. ATP 및 ATS 속도제어 곡선도

2.2 해외 ATP 신호제어시스템 현황

유럽은 기존선 속도향상을 위한 ERTMS시스템 불연속 정보전송방식의 차상신호장치를 사용하고 있다. 스웨덴은 BOMBARDIER TRANSPORTATION(주)의 EBICAB시스템을 적용하고 있으며, 프랑스에서는 ALSTHOM(사)가 개발한 KVB시스템, 독일의 경우에도 SIMENS(사)의 ZUB시스템이 기존선에서 사용중에 있다.

한편, 유럽의 경우 국제열차 운행의 증가로 각 국가별 상이한 지상 신호시스템에 대응하여 운행가능한 신호제어시스템의 구비가 필요하여, 유로스타의 경우에는 4종류의 신호시스템을 탑재하게 되었다. 최근에 이러한 복잡성과 비경제적인 면을 해결하기 위하여 차상설비를 단일종류로 하여 지상의 여러 시스템으로부터 신호를 수신할 수 있는 ERTMS(European Rail Traffic Management System)라 불리는 열차제어장치가 보편화 되고 있다.

ERTMS시스템은 유럽 각국의 신호시스템의 통합운영을 목적으로 초기에 개발된 레벨 1과 기존의 지상자를 통한 정보전송방식에서 무선정보방식으로 변화를 추구한 레벨 2 그리고 한 단계 더 나아가 궁극적으로 지상설비 없이 열차제어가 가능한 시스템을 목표로 하는 레벨 3 시스템의 개발이 진행중이다.

표 1은 ERTMS의 레벨별 기술수준을 구분한 것이다.

표 1. 차상신호(ATP: ERTMS) 정의

구 분	레벨 1	레벨 2	레벨 3
폐색방식	고정폐색	고정폐색	이동폐색
정보전송방식	지상자 정보전송	무선 정보전송	무선 정보전송
궤도회로 사용여부	궤도회로/차축계수기	궤도회로/차축계수기	-
지상신호기 사용여부	지상신호기 사용	지상신호기사용/미사용	-

2.3. 국내 ATP시스템 설치 현황

국내 ATP시스템 설치 현황은 표 2와 같다.

표 2. 국내 ATP시스템 설치 현황

동력차 종별	설치 량수	비고
KTX	92	설치추진중
디젤기관차	218	“
디젤동차	102	“
EL	1 (56량 추가설치 예정)	“
KTX-II	20	설치예정
부산지하철	-	운영중
인천지하철	-	“

3. ATC/ATS/ATP 레벨전이 방안

KTX 운영을 위한 기존선은 ATS에서 ATP로 업데이트될 것이며 결과적으로 ATS시스템은 제거될 계획이다. KTX는 고속선과 기존선 모두에서 운행하며, 기존선에는 다른 형식의 열차도 마찬가지로 운영을 한다. 그러므로, ATS는 모든 열차에 차상 ATP가 설치될 때까지 제거되지 않을 것이다. 그러나, 최소한 고속선과 기존선 사이 전이 구간에 있는 ATS 지상자인 KAR과 DKAR을 제거하는 것이 바람직하다.

유지보수 및 운행 상의 관점으로 볼 때, ATP가 작동한 후, 특히 KTX 운행에 있어서 ATS 지상자를 유지하는 것은 비효율적이다. 또한, 전이 구간은 KTX를 제외하고는 어떠한 다른 차종의 열차에서도 공유되지 않는다.

따라서, 모든 KTX열차에 ATP를 설치한 직후 이러한 지상자들을 제거할 수 있도록 ATS 지상자(KAR 및 DKAR)를 사용하지 않고 ATC/ATS와 ATP 사이의 전이 기능이 제공되어야 할 것이다. 이를 해결하기 위한 방안으로 KTX의 ATS차상장치는 ATC와 완전히 통합되어 있으므로(TVM430), 차상 ATS를 제거하는 것은 가능하지 않다는 전제하에 검토를 하였다.

3.1 KTX 열차에서의 ATC와 ATS 간의 전이(그림 2. 현재 운행시스템)

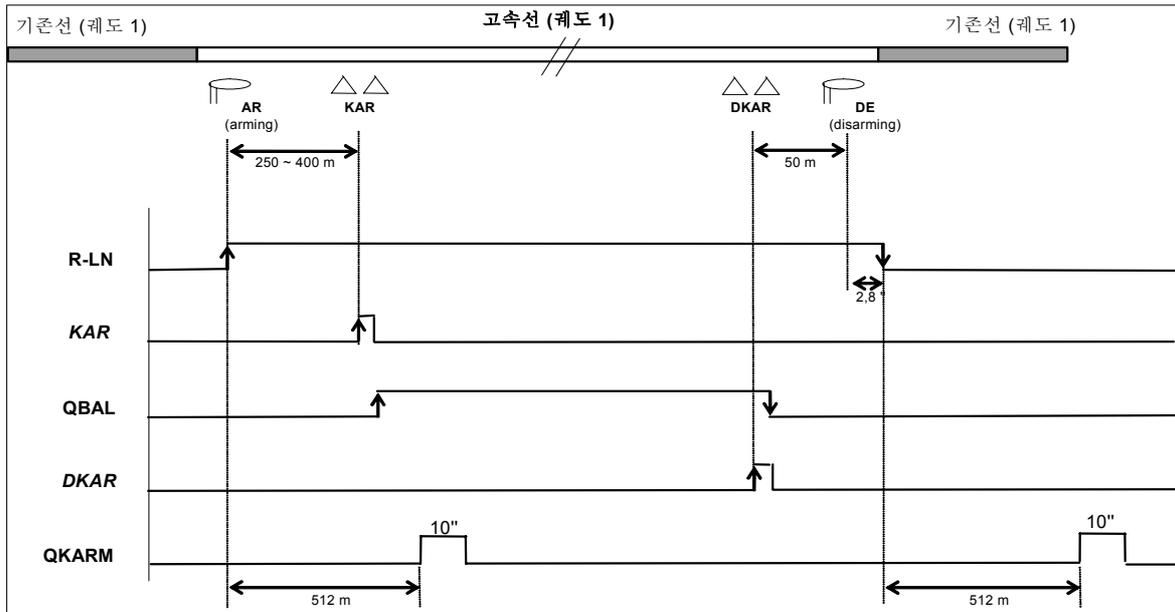


그림 2. 고속선과 기존선 전이시스템(현재 운행시스템)

- R-NL-01 : 고속선 계전기
- AR : ATC(TVM430) 작동을 개시하기 위한 지점 정보, BSP 루프 신호
- DE : ATC(TVM430) 작동을 끝내기 위한 지점 정보, BSP 로프 신호
- KAR : ATC(TVM430) 작동을 제어하기 위한 정보, ATS 지상자("R" 신호와 동일)
- QBAL : 지상자 계전기(쌍안정, bistable)
- DKAR : ATC(TVM430) 작동을 끝내는 것을 제어하기 위한 정보, ATS 지상자("G" 신호와 동일)
- QKARM : 동작개시 재확인 계전기

상기 시간차트는 고속선과 일반선 사이의 경계지점에서 ATC와 ATS 간의 KTX에 대한 전이 절차를 보여주고 있다.

3.2 KTX가 운행하는 경부, 호남선 지상구간에 ATP 발리스 설치

3.2.1 신호전이 제어에 대한 조건

- ATP 시스템이 ATP ↔ ATC, ATS ↔ ATP간 신호를 제어
- ATP ↔ ATS 구간은 기존제어시스템과 동일하게 제어
- ATP ↔ ATC 전이시 ATS 제어를 위한 KAR, DKAR 지상자 철거
- ATP시스템은 ATC/ATS구간에서 대기상태 유지
- ATC/ATS시스템은 ATP구간에서 대기상태 유지
- ATP시스템은 ATC/ATS를 Arming 및 Dis-arming 상태를 감시 및 제어

3.2.2 ATC 구간에서 ATP 구간으로의 전이(그림 3)

- ATS는 경계 발리스를 통과시점에서 Dis-connect 된다.
- ATP는 경계 발리스를 통과시점에서 Arming 된다.
- ATP가 Arming 된 것을 확인하고 ATC Dis-arming 요구신호를 발생시킨다.
- ATC Dis-arming 신호를 받아서 ATC는 Dis-armed 된다.

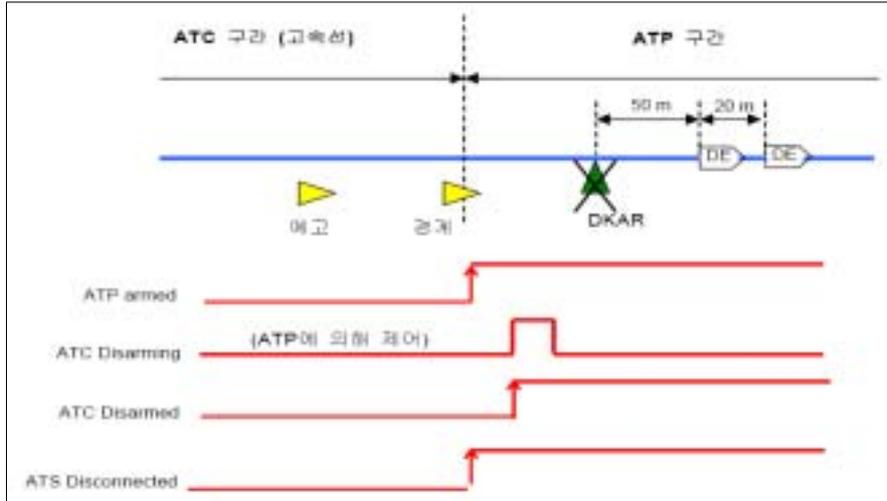


그림 3. ATC 구간에서 ATP 구간으로의 전이

3.2.3 ATP 구간에서 ATC 구간으로의 전이(그림 4)

- ATC(TVM)는 경계 발리스를 통과이전에 ATP 제어장치에 의해 Arming 된다.
- ATC(TVM)가 Arming 됨을 확인 후, ATP는 Dis-arming 된다.

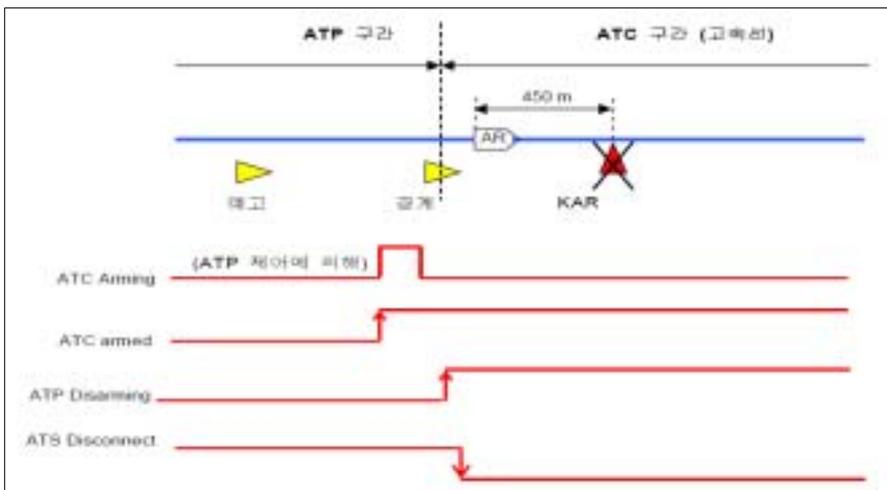


그림 4. ATP 구간에서 ATC 구간으로의 전이

고속선과 기존선 간의 전이 구간에 ATS 지상자인 KAR과 DKAR이 있다. 하지만, 만약 우리가 이러한 지상자가 ATS Arming과 Dis-arming을 간섭하지 않는 것으로 가정하는 경우, ATC와 ATP 간의 전이는 ATS의 필요성 없이 별도로 이루어질 것이다. 이러한 접근 방식은 KAR과 DKAR의 부재가 ATC Arming과 Dis-arming을 간섭하지 않을 것이라는 가정이 요구된다.

또한, 고속선을 제외한 모든 KTX 운행 구간에 ATP 설치 완료 후 KTX열차를 운행하기 위한 전략적인 접근이 요구된다.

4. KTX 제동시스템과의 인터페이스 방안

4.1 ATP시스템과의 상용제동을 위한 인터페이스

4.1.1 ATP 상용제동 명령의 조건

- (1) 최고속도감시 논리에 의한 경우
 - 허용속도에 대비하여 5 km/h를 초과할 경우 제동명령
 - 감속하여 허용속도만큼 도달한 경우 제동명령해제
- (2) 목표속도감시 논리에 의한 경우
 - 허용속도곡선에서 1초 초과시 경고 후 다시 2초 초과시 상용제동지시

4.1.2 상용제동에 필요한 감속도

제동반응 시간, 승객의 승차감을 감안한 적절한 감속도, 오동작시에 대비한 비상제동까지의 여유시간 등을 감안한 총괄적인 제동 계획을 세우고 제동력 계산을 한 후 결정할 사항이며, 시험을 통해 적정 소요제동력이 요구되어야 할 것이다. 전동차의 경우 통상 비상제동 감속도는 4.5 km/h, 상용제동 감속도는 3.5 km/h정도이나, 장거리철도의 경우 승차감을 감안하여 감속도를 보다 낮게 설계한다.

KTX 제동의 기초자료는 표 3, 4와 같다.

표 3. 제동거리 제원

제동의 종류	초속도(km/h)	제동거리(m)	평균감속도	
			m/s ²	km/h/s
300 km/h 비상	300	3,300	1.0522	3.79
300 km/h 상용	300	6,600	0.5261	1.89

표 4. 제동실험값

제동의 종류	초속도(km/h)	제동거리(m)	평균감속도	
			m/s ²	km/h/s
비상누름버튼명령	300	3,500	0.9921	3.57
비상누름버튼명령	270	2,750	1.0227	3.68
비상누름버튼명령	170	1,100	1.0136	3.65
제동제어기 감속	270 --> 230	1,050	0.7300	2.63

이상을 보면 비상제동은 제동감속도가 속도에 따라 다르나 평균제동감속도가 대략 3.6 ~ 3.8 km/h/s 정도이며, 상용제동은 약 1.9 km/h/s 정도로서 비상제동의 1/2정도임을 알 수 있다.

고려할 수 있는 상용감속도는 비상감속도의 50 % ~ 75 % 정도에서 결정해야 할 것으로 본다. 현재 KTX의 제동 중 대차하부의 과열감지시스템(HOT BOX)에 의한 상용제동은 제동관(BP) 압력을 기준으로 1.0 bar를 감압하며, 이 경우 제동력은 비상제동의 50 % 인 것으로 판단된다. 따라서 상용제동력 레벨은 비상제동의 50 % ~ 75 %로 보면, 소요감속도는

- 최소 : 1.8 km/h/s = 0.5 m/s²
- 최대 : 2.7 km/h/s = 0.75 m/s²

4.1.3 상용제동 소요제동력

차량의 총 중량은 20량 영차기준 771.2 ton 이므로 ATP 상용제동의 소요제동력은 감속도 × 차량중량 이므로

- 최소 : 0.5 × 771.2 = 385.6 KN
- 최대 : 0.75 × 771.2 = 578.4 KN이다.

KTX의 제동력을 보면 다음 표 5, 6과 같다.

표 5. 동력대차 제동력

구 분	속도(km/h)	전기제동력(KN)		공기제동력(KN)	
		대차당	6대차	대차당	6대차
저항제동시 분담	230 ~ 300	22.6	135.6	5.9	35.4
	160 ~ 230	30	180	5.9	35.6
	55 ~ 160	30		16.6	99.6
	8 ~ 55	0 ~ 30	0 ~ 180	16.6	99.6
	8 이하	0	0	16.6	99.6
회생제동	160 ~ 300	26.6	159.6	5.9	35.6
	20 ~ 160	50	300	16.6	99.6
	16 ~ 20	33.3 ~ 50	199.8 ~ 300	16.6	99.6
	8 ~ 16	0 ~ 33.3	0 ~ 199.8	16.6	99.6
	8 이하	0	0	16.6	99.6

표 6. 객차대차 제동력

속 도	객차대차당 공기제동력(KN)	17개 객차대차 공기제동력(KN)
215 km/h 이상	32.1 KN	545.7 KN
215 km/h 이하	42.8 KN	727.6 KN

이상을 기준으로 보면

(1) 일정 속도에서도 상용제동이 동작해야 하는 요구조건에서 볼 때 동력대차의 전기제동만으로는 소요되는 상용제동력 (385.6 ~ 578.4 KN)을 충족할 수 없다.

(2) 동력대차의 공기제동을 함께 사용하여 혼합제동을 사용한다 하더라도 대차당 최대 제동력이 50 KN으로 제한되므로(이는 활주방지를 위한 한계설정임) 6개대차의 전기/공기제동을 모두 합치더라도 300 KN에 불과하므로 상기의 상용제동력 요구조건을 만족할 수 없다.

따라서, 동력대차만의 제동으로는 상용제동의 소요제동력을 만족시킬 수 없으므로 객차의 공기제동력을 함께 쓸 수 밖에 없으며, 이를 위해서 본 시스템에서는 기장의 주제동제어기가 조작되는 것과 같은 방식으로 기장제동패널을 제어하여 객차의 공기제동과 동력차의 전기/공기 혼합제동을 함께 사용하는 제동방식을 선택했다. 물론 동력대차의 제동력은 전기제동이 우선하며, 이는 모터블럭에 의해 제어된다.

즉, 동력대차의 공기제동인 답면제동이 사용되는 경우는

- 전기제동 고장의 경우 : 비상제동 사용시
- 발전제동시의 경우 : 비상제동 체결
- 회생제동의 경우 : 속도 < 20 km/h 이하에서 공기제동 사용시
- 발전제동의 경우 : 속도 < 55 km/h 이하에서 공기제동 사용시
- 동력차 단독 운행시

검토할 사항으로 거론되었던 ATP 상용제동시의 전기제동 우선사용 문제는 다음과 같다.

동력대차만의 제동력(전기 + 공기)만으로는 소요제동력을 만족시킬 수 없고, 객차제동력을 함께 사용할 수 밖에 없으므로 주제동제어기를 조작하는 것과 동일한 방식으로 객차의 공기제동력과 동력차의 전기/공기 혼합제동력을 함께 사용해야 한다. 현재 설계된 KTX 제동시스템에서 동력대차의 제동력은 전기제동 우선으로 동작하며 회생불능시와 저속에서 공기제동력이 사용된다.

4.2 ATP의 비상제동(Emergency brake)을 위한 인터페이스 방안

KTX가 ATP 구간을 운행시 열차속도가 제한속도를 초과한 경우, 일정시간의 경고 이후 기장의 개입이 없으면 ATP 차상장치가 상용제동을 명령하게 되는데, 상용제동 프로파일 곡선 이하로 감속되지 않고 속도가 비상제동 프로파일 곡선에 도달하면 비상제동을 명령하게 된다.

비상제동 신호는 안전에 직접적인 관련이 있으므로 ATP시스템의 바이탈 출력(VDX)을 이용하여 비상제동 계전기의 a접점이 각각 KTX의 비상전자변(MV-EM-01 및 MV-EM-02)의 입력단에 연결되도록 회로를 구성한다(기존의 ATC 및 ATS에서의 비상제동 방법과 동일한 방법).

또한, 비상제동이 체결되었는지를 확인할 수 있도록 압력스위치(PS-EM-BK-01)의 상태정보를 ATP로 Feed-back 시키도록 한다. 압력스위치(PS-EM-BK-01)는 2.5 bar 이하의 공압에서 동작한다. ATP로의 비상제동 Feed-back을 압력스위치를 통하는 방법은 기존의 ATC 및 ATS의 비상제동에서 Feed-back 받는 방법과 다른 점이다. 그러나, 비상제동은 공압제동을 이용하는 방법이기 때문에 비상제동 압력스위치에서 Feed-back 신호를 받는 것이 안전측면에서 더욱 확실한 방법이라 판단된다.

5. ATESS 기록계 등 주변장치와의 인터페이스 확보 방안

5.1 ATESS 기록계와의 인터페이스

5.1.1 기록계 구조

JRU 기능을 포함하기 위해 기존의 FAIVELEY(사)의 기록계(Event Recorder)가 업그레이드 된다. 이 업그레이드는 단순히 두 개의 ATESS보드를 한 개의 신규 보드로 교체함으로써 해결된다. ATP 데이터의 기록을 지원하기 위해 MVB 인터페이스가 추가된다. JRU 포맷으로의 내부 ATP MVB 포맷의 변환이 기록계(Event Recorder)에서 이루어진다. 기록계 구조는 그림 5와 같다.

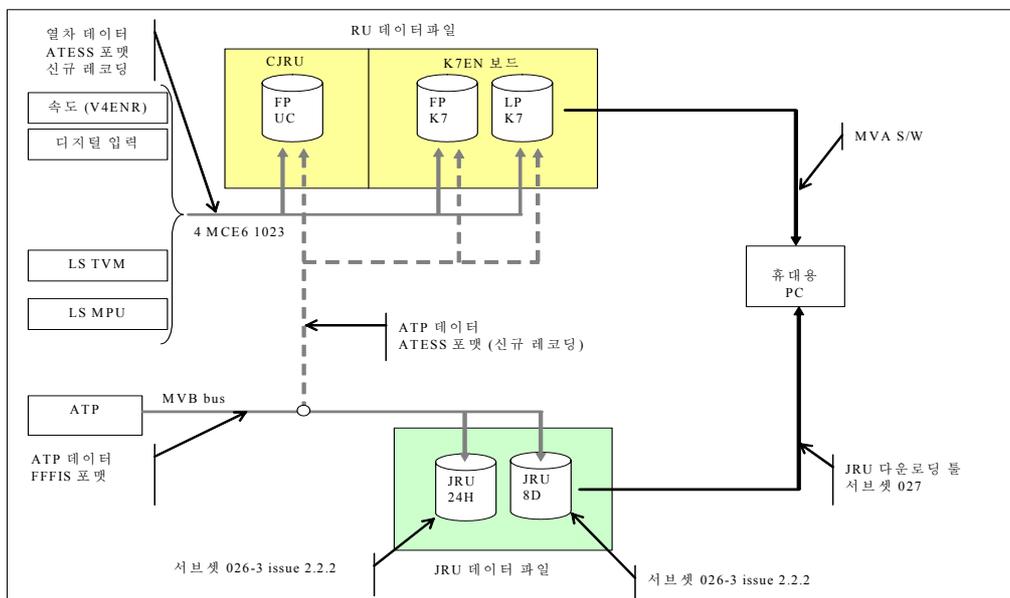


그림 5. 기록계 구조

5.1.2 기록계 기능

ATESS(Acquisition et traitement des enregistrements) 장치는 다음과 같은 두 개의 레코더 기능을 제공한다.

- 이 레코더는 시리얼 링크 또는 32개 디지털 입력을 통해 수신되는 열차 운전 데이터를 기록한다. 이 정보는 레코더 메모리(FPUC) 및 카트리지 (FPK7 및 LPK7)에 저장된다. 이 카트리지의 크기는

16Mbytes까지 확장할 수 있다.

- ERTMS 표준을 만족하는 Juridical Recorder Unit (JRU). 이 레코더는 MVB링크에서 수신되는 데이터를 기록한다. 이 정보는 8일 메모리(JRU 8D) 및 24시간 메모리(JRU 24H) 등 두 개의 메모리에 저장된다.

(1) 기록계(Recorder Unit)의 새로운 기능

- MVB(Multifunction Vehicle Bus) 링크 class 1.0을 이용한 ATP 인터페이스
- MVA(Speed measurement software) 유지보수 인터페이스
- ATESS의 카트리지 16 Mbytes 메모리 기록 속도: 57,600 bps

(2) Juridical Recorder Unit (JRU)

- MVB bus class 1을 통한 EVC(European Vital Computer) ERTMS와의 통신
- 24시간 및 8일 용량의 JRU 메모리 기록

5.2 OBCS(On Board Computer System) 등 주변장치와의 인터페이스

KTX 차량은 기장안내장치를 통해 출발전시험 및 열차의 정보를 기장에게 실시간으로 전송한다. 또한 운행중 고장상황은 ATESS기록계와 함께 OBCS 고장코드를 통해 기록되어 기지에서 고장정보를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 신뢰성(RAMS) 및 고장통계자료로 활용된다. ATP시스템이 KTX차량에서 별도의 독립시스템인 아닌 신호시스템으로서의 기능을 발휘하기 위해서는 OBCS와의 인터페이스는 필수불가결하다. 그럼에도 불구하고 KTX OBCS와 ATP시스템이 인터페이스를 위해서는 설계단계부터 인터페이스 검토가 필요하지만, 지금 추진중인 개량사업의 경우는 소프트웨어 변경 등 어려움이 예상된다.

6. 결 론

최근 추진중에 있는 ATP시스템 도입은 철도차량 신호분야를 한 단계 업그레이드 하는 획기적인 사업이라 할 수 있다. 오히려 국내 도입 및 설치에 있어 늦은 감이 있는 것도 사실이다. 신호장치는 이제 시설 인프라뿐만 아니라 향후 차량 도입 및 운영에 대해서도 결정적인 영향을 미치고 있는 것을 우리는 이미 실감하고 있기 때문이다. 따라서, 도입 초기의 어려움을 해소하고 차량시스템으로서의 기능을 발휘하기 위해서는 위에서 살펴 본 바와 같이 KTX 열차의 안전운행 확보를 위해 최적의 인터페이스 방안을 확보하여야 한다.

본 연구에서는 KTX 열차의 안전운행 확보를 위한 ATP시스템 설치에 있어서 KTX와 ATP시스템과의 인터페이스 확보방안을 검토하였다. 국내외적으로 검증되고 성능이 우수한 차상신호시스템이라 할 지라도 차량에 설치되어 소정의 성능을 발휘하기 위해서는 주변장치와의 여건을 고려하여 최적의 설치 방안을 제시해야 한다. 특히, 고속선과 기존선(ATP-ATS)구간을 혼용으로 운용하는 열차의 경우에는 지상시스템과 차상시스템과의 레벨전이 해결방안이 완벽히 제시되어야 한다. 또한 차량에 있어서는 제동 처리방안과 기록계장치와의 인터페이스 등도 확보되어야 한다. 또한, KTX는 OBCS(차상컴퓨터장치)를 통하여 총괄적으로 운전과 유지보수를 지원받는 상황에서 ATP시스템과 OBCS와의 인터페이스 문제는 반드시 해결되어야 한다. 운영자 측면에서 향후 운전과 유지보수에 장애 요소로 작용한다면 ATP시스템의 뛰어난 장점에도 불구하고 차량운영 측면에서는 바람직하지 않을 것이다.

ATP시스템을 성공적으로 정착시키기 위해서는 차량 설계단계부터 ATP시스템과의 인터페이스에 대한 충분한 검증이 선행되어야 한다. 특히, 이미 운행중인 차량에 대한 개량사업의 경우에는 차량 운영자와 ATP시스템 제작자 그리고 철도정책 부서 등 여러 측면에서 차량과 ATP시스템과의 인터페이스에 대한 중요성을 ATP사업의 새로운 과제로 접근하는 인식전환이 요구된다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원(1998), ATP 시스템 도입을 위한 기술조사 보고서 , KRRI
2. 유병관(2000), TVM 430(I , II) , 철도경영연수원
3. 한국개발연구원(2002), 차상신호(ATP) 시스템 도입 사업 , KDI
4. 유병관(2002), 철도 장기 발전에 입각한 ATP 도입방안 , 대한교통학회
5. FAIVELEY(2006), KTX ATESS 기록계 기술사양서 , FAIVELEY(주)
6. BT(2006), KTX ATP 기능사양서 , BOMBARDIER TRANSPORTATION(주)
7. 류상환(2006), ATP 장치와 KTX ATC장치간의 인터페이스 방안 검토 , 한국철도기술, Vol.09