

차세대고속열차 차상신호장치 최고속도 시험방안에 관한 연구

A Study on Maximum Speed Test for On-board Signalling Equipment in HEMU-400x

신덕호[†] · 이재호* · 이강미** · 김용규* · 박춘수*

Ducko Shin · Jae-Ho Lee · Kang-Mi Lee · Yong-Kyu Kim · Choon-Soo Park

Abstract This paper is a study of testing on-board signalling equipment in advanced high speed rail at the maximum speed of 400km/h. The on-board signalling equipment in advanced high speed rail provides operating information to the driver when operating at ATC, ATS, and ATP sections, and maintains safety from driver oversight, signalling equipment malfunction, natural disasters and so on. Since the testing train performance of advanced high speed rail at 400km/h must include the function test of on-board signalling equipment, this thesis focuses on the function test of on-board signalling equipment and analyze the necessity of the test at the maximum speed. Finally, it is suggested to change some infrastructure and to use specific test methods to test the train performance at the maximum speed in high speed line ATC section.

Keywords : Advanced High Speed Rail, Train Control System, Maximum Speed Test

요 지 본 논문은 최고속도 400km/h의 차세대고속열차 차상신호장치의 최고속도시험을 위한 방안을 연구한다. 차세대고속열차 차상신호장치는 열차가 고속선 자동열차제어(ATC)구간과 기존선 자동열차정지(ATS) 및 자동열차방호(ATP)구간을 운행하는 동안 기관사에게 운전정보를 제공하고 기관사실수, 신호장치고장, 천재지변 등으로부터의 열차 안전 확보를 목적으로 한다. 차세대고속열차 최고속도 400km/h 시험은 차상신호장치를 포함한 열차성능 검증을 위한 필수과정으로써, 본 논문에서는 차상신호장치의 기능 및 최고속도시험의 필요성을 분석하고, 고속선 ATC구간에서 최고속도시험을 실시하기 위한 인프라의 변경사항 및 구체적인 시험방안을 연구한다.

주 요 어 : 차세대고속철도, 열차제어시스템, 최고속도시험

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

차세대고속열차(HEMU-400x)는 최고속도 400km/h, 영업속도 370km/h를 목표로 국토해양부 주도로 개발되고 있다.

개발 중인 HEMU-400x는 고속선 자동열차제어(ATC)구간 및 기존선 자동열차정지(ATS), 자동열차방호(ATP)구간을 모두 운행하기 위해 ATC, ATS, ATP신호방식과 모두 호환되는 통합형 차상신호장치의 개발이 포함된다.

통합형 차상신호장치를 포함하여 개발되는 HEMU-400x는 국내 고속선에서 최고속도시험 실시를 통해 기능 및 성능시험을 수행할 예정으로써, 현재 국내 고속선인 경부1단계 광명-동대구 구간과, 경부2단계 동대구-부산 구간을 대상으로 최고속도시험 구간을 선정하고 있다.

본 논문은 ATC, ATS, ATP 통합형 차상신호장치의 기능에 대하여 간략히 소개하고, HEMU-400x를 국내 고속선에서 최고속도시험하기 위한 방안을 제시한다. 제시된 방안은 HEMU-400x의 통합형 차상장치 기능 중 열차성능 향상으로 인해 변경되는 ATC 방호기능 검증을 목적으로 한다.

400km/h 최고속도시험을 실시하는 고속선 경부1단계 및 2단계 구간 지상ATC장치는 프랑스 CSEE사의 TVM430제품이 도입되었으며, 속도제한방식으로 운영되는 TVM430의 최고제한속도코드는 현재 300km/h로 고정되어 있다.

[†] 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 선임연구원

E-mail : ducko@krti.re.kr

TEL : (031)460-5442 FAX : (031)460-5449

* 정회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 책임연구원

** 정회원, 한국철도기술연구원, 열차제어통신연구실, 주임연구원

따라서 본 논문에서는 TVM430의 최고제한속도와 관련된 기능을 분석하였으며, 최고제한속도 변경을 위한 개략적 방법을 분석하고, 고속선 ATC차상장치의 변경을 최소화한 HEMU-400x 최고속도시험방안을 제시한다.

2. 차세대고속열차 통합형 차상신호장치

2.1 차세대고속열차 운영구간 신호방식

한국의 고속차량 열차제어시스템 차상장치는 Fig. 1과 같이 정책적 요구에 따라 다양한 신호방식구간을 운영하고 있다.

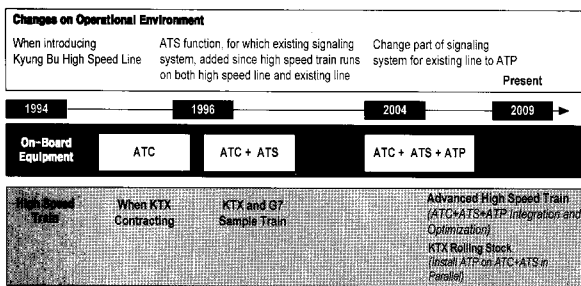


Fig. 1. Current development aspect for high speed train signaling system

1990년대 도입검토당시 KTX는 고속선 운영만을 고려하여 프랑스의 고속선 열차제어시스템인 TVM430을 도입하였으나, 2004년 개통시점에 동대구-부산간의 기존선운행과 호남선 KTX투입이라는 정책적 요구에 의해 당시의 기존선 열차제어방식인 ATS를 고속차량의 기존 ATC와 병행으로 설치하여 해당구간을 운행하게 되었다.

또한 2004년부터 호남선 및 경부선을 시작으로 Fig. 2와 같이 ATP방식이 구축됨에 따라 KTX는 ATC, ATS, ATP의 신호방식을 위한 각각의 차상신호장치를 병렬로 설치하여 해당 구간별 절체를 통해 운영되고 있다.

고속선 ATC구간을 운행하기 위해서는 다음 폐색구간 진입시에 준수해야할 제한속도를 궤도회로를 이용하여 연속적으로 수신하며, 터널진출입, 임시속도제한, 전차선절연구간 등의 정보를 특정구간에 설치된 불연속정보 안테나를 통해 수신하여 Fig. 3과 같이 속도제한곡선을 ATC차상장치에서 생성하여 열차방호를 실시한다[1].

기존선 ATP구간을 운행하기 위해서는 선형열차위치에 따른 이동권한 및 공사구간과 같은 가변정보를 특정위치에 설치된 가변정보발리스(CBC)를 이용하여 불연속적으로 수신하며, 운행구간의 제한속도, 구배, 곡선, 터널, 교량, 전차선절연 등의 고정정보를 특정위치에 설치된 고정정보발리스(CBF)를 이용하여 불연속적으로 수신한다.

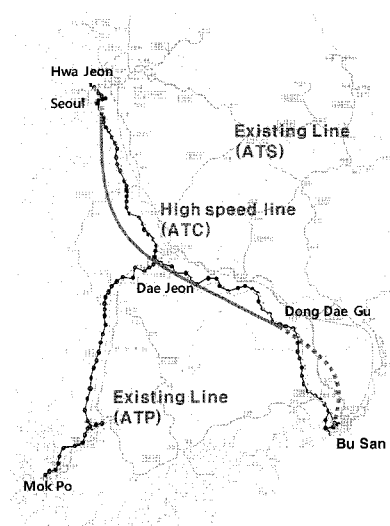


Fig. 2. Signalling method according to high speed rail operating lines

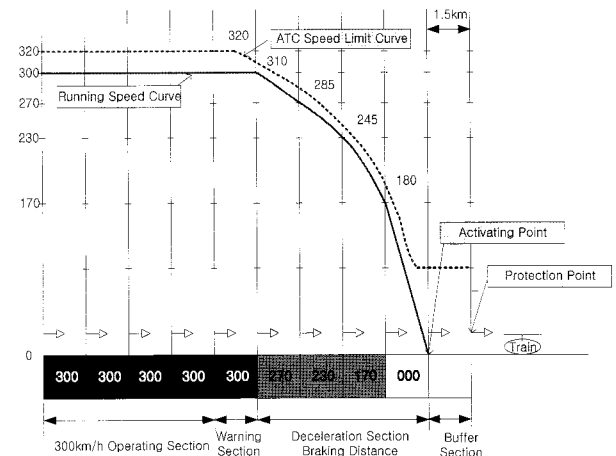


Fig. 3. ATC protection curve of KTX on-board equipment

국내 ATP는 가변정보발리스(CBC)와 고정정보발리스(CBF) 각각 1개씩을 발리스그룹(BG)으로 묶어 지상에서 차상으로 텔레그램이 포함된 메시지를 전송하는 구조이다[2].

기존선 ATS구간을 운행하기 위해서는 ATP와 유사하게 열차가 특정구간에 설치된 ATS차상안테나를 통과 시 구간 제한속도에 해당하는 주파수를 수신하여 신호기현시상태별 제한속도에 따라 기관사실수로부터 열차를 방호하는 구조이다.

따라서 HEMU-400x가 운행할 고속선 및 기존선의 열차제어방식을 정리하면 Table 1과 같다.

2.2 통합형 차상신호장치 기능요구사항

현재 ATC, ATS, ATP구간을 모두 운행할 수 있도록 개량중인 열차는 KTX이다(15호차는 설치 및 시운전완료). 하지만 앞에서 언급한 바와 같이 각각의 신호방식을 고려

Table 1. System characteristic of ATP, ATC, ATS

Type	Transmission		Data		Braking	Operations
	Fixed	Variable	Fixed	Variable		
ATC	Track (Continuous)	Loop (Intermittent)	Grade, Tunnel etc	Speed Limit	EB	Comparing actual speed and speed limit
ATP	Balise (Intermittent)	Balise (Intermittent)	Grade, Tunnel etc	Movement Authority	EB & SB	Comparing actual speed by generating speed profile
ATS	Balise		Speed Limit		EB	Comparing actual speed and speed limit

[Note] EB : Emergency Braking, SB : Service Braking

하여 설계된 구조가 아닌, 필요에 의해 병렬중복 설치된 차상장치 구조에 의해 통합형과 비교하여 높은 고장률을 갖게 되었다[3].

따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해 기본설계부터 국내 기술에 의해 개발되고 있는 HEMU-400x의 차상장치는 Table 1의 신호방식별 기능요구사항 만족을 목표로 Fig. 4와 같이 개발되고 있다[4].

ATS의 기능요구사항은 KRS의 ATS(사양속도조사식 ATS, 기존선의 경우 3현시 및 5현시용)으로 개발되며, ATP는 ERTMS/ETCS의 시스템요구사항(SRS) 버전2.2.2[5]를 기준으로 구성된다. 마지막으로 CSEE사의 TVM430이 독점하고 있는 ATC의 경우 국내 산업규격 및 국제규격이 존재하지 않으므로 프랑스 제작사의 기능요구사항[6]을 그대로 적용한다.

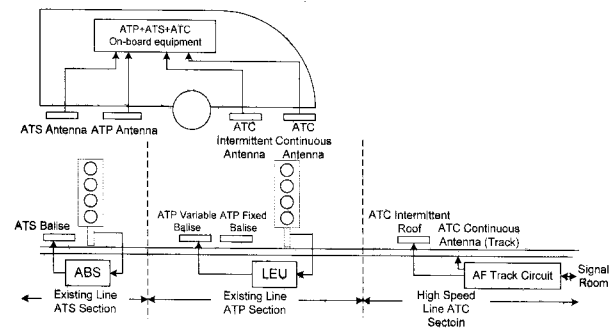


Fig. 4. Hardware based block diagram of HEMU-400x TCS

Fig. 4의 HEMU-400x의 통합형 차상장치는 ATC, ATS, ATP구간에서 해당 신호방식에 따른 안테나 입력정보를 수신하여 오도미터에서 입력된 열차속도를 기준으로 열차방향을 수행한다. 열차번호는 신호구간의 특성에 따라 제동 인터페이스를 통해 개입하며, 모든 상황을 기관사에게 MMI를 통해 현시하고 RU/JRU에 기록한다. 특히 법정기록장치(JRU)의 경우는 열차사고발생시 법정기록 데이터로 활용되는 만큼 해당 사양 및 기록정보를 ETCS기준[7]에서 제시하고 있다.

이러한 HEMU-400x의 신호방식별 기능 및 성능시험은 해당 신호방식이 구축된 선로에서 실시될 예정이다. 하지만 최대속도 300km/h로 고정된 기존 ATC구간에서 HEMU-400x의 최고속도시험을 수행하기 위해서는 지상인프라를 검토하여 시험환경을 조성해야 한다.

본 논문에서는 현재 HEMU-400x의 최고속도시험구간으로 검토되고 있는 경부1단계 및 2단계구간에서의 최고속도 시험을 위한 구체적인 방안을 연구하였다.

3. 최고속도 시험방안

3.1 고속선 ATC지상장치 변경에 의한 최고속도 시험방안(1안)

400km/h의 최고속도 시험을 경부1단계 및 2단계 고속선에서 수행하기 위해서는 지상신호장치가 최고속도시험을 위한 속도코드를 지상ATC장치가 제공해야 한다. 현재 고속선 지상ATC장치의 제한속도 생성기능은 경부1단계를 기준으로 7개소에 설치된 신호기계실의 WCE(TVM430 지상장치)에서 생성되며, Fig. 5와 같이 현장의 궤도회로(연속정보송신) 및 불연속정보루프를 통해 정보를 차상ATC장치로 송신한다.

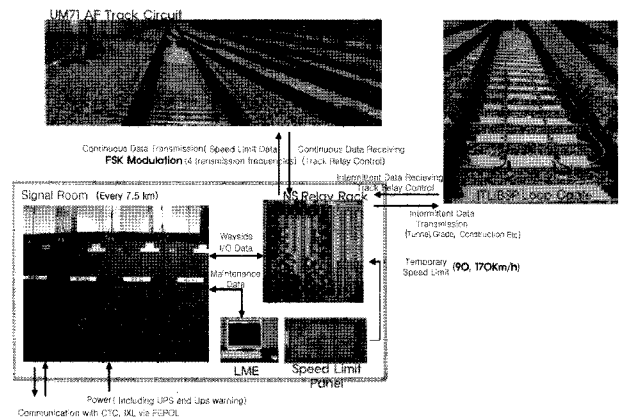


Fig. 5. Kyung-Bu high speed line ATC way-side system architecture

400km/h까지의 HEUM-400x 통합형 차상장치 ATC기능을 시험하기 위해서는 기존 최고속도 300km/h로 설계된 지상장치 속도코드에 고속운행을 위한 추가코드를 삽입하여 Fig. 6의 예와 같이 통합형 차상장치가 400km/h까지 제한 속도곡선을 생성하여 방호할 수 있도록 지상ATC장치를 변경해야 한다. 최고속도시험을 위한 ATC지상장치 변경사항 분석과 관련하여 ATC지상장치를 구성하는 장치의 약어는 모두 붙어약어로서 풀이가 무의미하므로 본 논문에서는 풀이를 생략하였다.

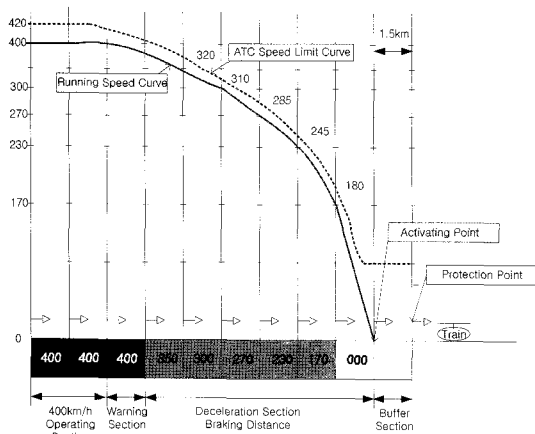


Fig. 6. ATC protection curve of HEMU-400x on-board equipment

지상장치의 속도제한코드를 기존의 300-270-230-170-0에서 Fig. 6의 예와 같이 400-350-300-270-230-170-0으로 변경하기 위해서는 Fig. 7과 같이 구성된 WCE랙의 소프트웨어를 변경해야 한다.

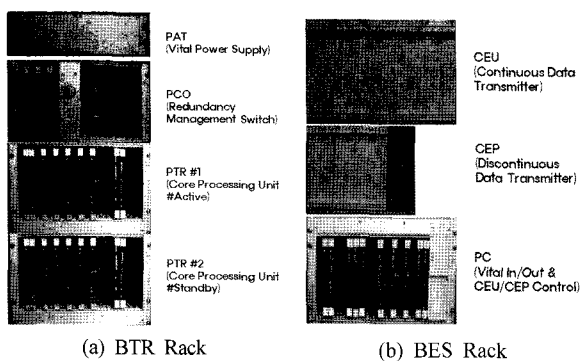


Fig. 7. BTR and BES rack of WCE

Fig. 8의 구성도와 같이 WCE를 구성하는 BTR과 BES랙은 마이크로프로세서를 이용하여 열차의 궤도점유 및 선로 조건에 따른 연속정보 및 불연속정보 메시지를 생성하여 궤도회로(UM71)로 송신한다. 또한 기계실에서의 속도제한

정보 및 차속열감지기(HBD) 등의 안전정보에 의해서도 속도제한정보를 변경하여 차상장치로 전송한다[8]. 따라서 본 논문에서는 속도코드 수정을 위한 ATC지상장치의 변경대상을 WCE의 구성요소별 기능분석을 통해 도출한다.

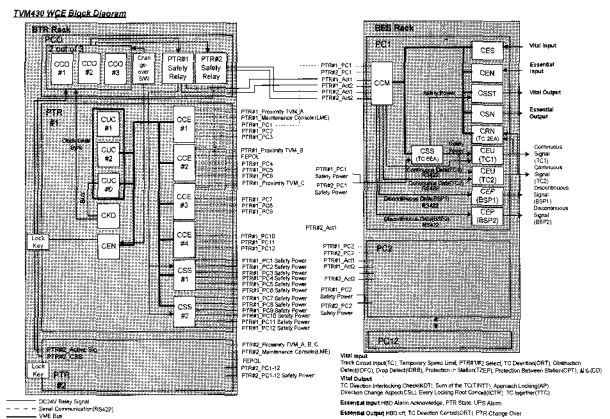


Fig. 8. Functional block diagram of WCE rack

BTR랙의 주요기능은 FEPOL을 통해 ATC 및 IXL과 정보송수신을 하며, 궤도의 점유상태에 따라 해당 PC의 속도제한코드를 송신하고, 각 PC의 동작제어 및 상태를 수신(1대의 PTR은 최대 12대의 PC와 인터페이스)한다. 또한 구성요소의 결합검출을 위한 2중계로 구성된 PTR은 Hot-Standby구조로 2중계로 구성된다. PTR내부의 결합검출은 자기검사 보드에 의해 검출되며, PTR의 동작제어와 대기계 절체는 PCO랙에서 수행한다. PCO랙은 2-out-of-3구조의 CCO보드와 바이탈 전원차단 계전기 및 절체스위치로 구성되며, 마지막으로 BTR랙은 인접 WCE와 연결(이중계로 구성)된다[8].

BES랙의 주요기능은 NS계전기랙과 인터페이스를 통해 현장과 연결된다. CEU 1개는 궤도회로 1개와 인터페이스하고, CEP 1개는 불연속정보안테나(LTI) 1개와 인터페이스하며, PC는 단일계로 구성된다. 임시제한속도제한을 안전점점으로 입력받으며, 궤도회로의 Up 및 Down방향을 제어하는 궤도회로 방향전환 계전기(ORT)를 제어하여 설정한다. 또한 궤도회로계전기의 상태를 입력받고, 기타 특수조건에 대한 정보를 입력받는다[8].

따라서 고속선 속도코드의 변경은 위에서 분석한 WCE의 기능요건, 즉 소프트웨어의 수정을 통해 달성할 수 있다. 한국의 고속선 속도코드는 열차최고속도 300km/h, 운전시각, 열차성능, 각 제어시스템의 성능 등을 고려하여 Fig. 9와 같은 절차에 의해 생성된다[9].

고속선의 폐색길이 및 열차위치와 운행상황에 따른 제한속도정보의 생성은 시설물정보, 차량정보, 운영정보를 바탕

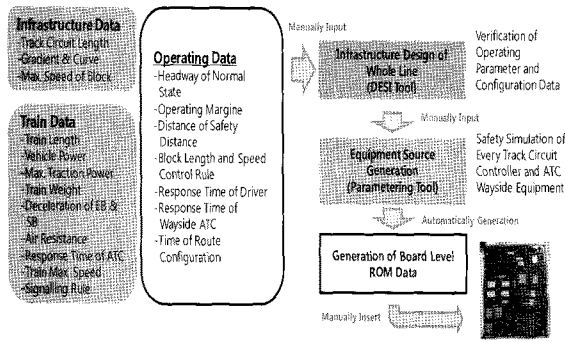


Fig. 9. Process of velocity code allocation

으로 운행노선 전체에 대한 인프라설계를 수행한 후 각 지상 장치별 소프트웨어를 파라미터링 툴을 이용하여 자동 생성한 다음 각각의 보드별 소프트웨어를 롬에 구워 구동한다. 경부고속선에 설치된 프랑스 ATC 지상장치의 폐색길이는 열차성능(운행속도 및 열차 제동력)을 고려하여 식 (1) 및 식 (2)를 적용하여 Table 2와 같이 1,500m 간격으로 분할되었다.

$$(V_{ci}^2 - V_{cf}^2) / (2 \times a) = DE \quad (1)$$

V_{ci}^2 : 폐색진입속도

V_{cf}^2 : 폐색진출속도

a : 구간감속도

DE : 폐색길이

$$F = ma \quad (2)$$

F : 제동력

m : 열차중량

a : 구간감속도

Table 2. Speed code Specification of TVM430 TGV-NG

Speed Code	Velocity Variation (km/h)	Reduction Rate (m/sec ²)	Braking Power (kN)	Time Required (sec)
300	-	-	-	-
270	300→270	0.439	331	19.4
230	270→230	0.514	393	21.8
170	230→170	0.617	470	27.3
000	170→000	0.743	570	63.8

따라서 Fig. 9의 절차를 통해 HEUM-400x의 차량성능을 고려하여 폐색 및 최고속도 코드를 재설계해야 한다. 재설계를 통해 변경된 소프트웨어가 탑재될 WCE의 구성요소는 Fig. 10과 같이 조사되었으며, 본 논문에서는 HEMU-400x의 400km/h운행을 위한 Fig. 10의 구성요소 업그레이드가 가능여부를 조사 및 분석한다.

Fig. 10(a)의 CCE카드스는 6채널 RS422 포함하여, BES랙의 PC를 제어(1장의 CCE는 3대의 PC랙 제어)한다. 또한 인접 WCE, FEPOL 및 유지보수콘솔(LME)과 통신(이중화)을 수행한다. 따라서 PC랙이 제어하는 ATC 지상장치의 송신정보를 열차위치에 따라 새로운 속도코드로 연동하여 송신하도록 수정해야 한다. Fig. 10(b)의 CSS카드스는 6대의 PC로 가는 안전전원을 제어하며 PC와 현장을 연결하는 NS계전기랙의 계전기 입력 및 출력을 위해 사용한다. 따라서 속도코드의 추가에 따라 PC랙의 구성이 변경되면 해당 CSS카드의 용량도 다시 할당되어야 한다.

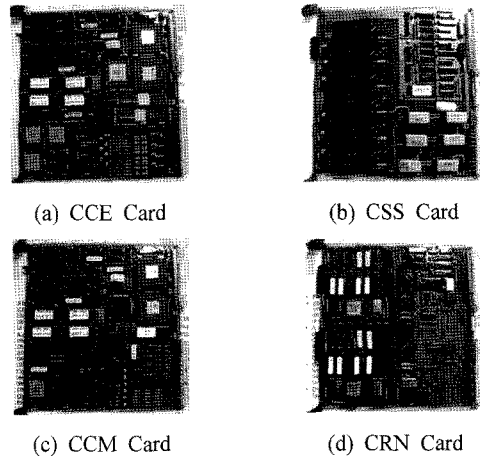


Fig. 10. Cards needing adjustments for changing Speed codes

Fig. 10(c)의 CCM카드스는 PC의 주 연산부(16bit VME인터페이스)로써 PTR로부터 수신한 궤도정보에 따라 연속정보 및 불연속정보를 관리한다. 또한 궤도계전기로부터 입력된 열차위치를 PTR로 전송하고, 임시속도제한 및 HBD 관련 등 특정상황에 대한 입출력을 수행한다. 따라서 변경된 속도제한코드에 의해 가장 많은 변경이 발생하는 카드이다. 마지막으로 Fig. 10(d)의 CRN카드스는 CEU에 의해 LF430으로 전송되는 연속정보를 재입력 받아 확인(BES for 내부에서 CEU의 출력을 PC로 궤환)하는 기능을 수행하며, 1장의 CRN은 2대의 CEU신호까지 입력받을 수 있다. 따라서 변경된 속도코드에 따라 소프트웨어를 수정해야만 300km/h 이상의 신규 속도코드를 HEUM-400x에 제공할 수 있다.

본 절에서 분석한 바와 같이 고속열차 성능향상에 의한 ATC지상장치의 속도코드변경을 위해서는 단순 소프트웨어 변경이 아닌 운영환경을 적용한 대대적인 열차제어시스템 수정이 필요함을 알 수 있다. 불행하게도 프랑스의 기술이 도입된 한국의 고속선은 도입당시 단일차종의 운행을 전제로 하였으며, 특정회사의 제품이 독점적으로 설치되어 현재의 국내기술로써는 프로그램의 수정이 불가능한 실정이다.

3.2 특정시험구간 최고속도시험 방안(2인)

앞에서 분석한 방안1(고속선 ATC지상장치 변경에 의한 최고속도시험)이 기술적으로 불가능함에 따라 HEMU-400x의 최고속도 400km/h 시험을 위한 현실적인 방안을 제안한다. 본 방안2는 현재 국내에서 확보된 기술을 이용하는 방법으로써 최고속도 400km/h까지의 단계적 속도증속에 의한 통합차상신호장치 ATC고속기능에 대한 시험은 포기하더라도, HEMU-400x를 고속선에서 400km/h까지 운행할 수 있도록 함으로써, 차량을 포함한 다른 분야의 시험을 수행하기 위한 방안이다.

신호장치기능의 검증을 제외한 HEMU-400x의 차량성능 검증만을 목적으로 열차를 400km/h로 운행하기 위해서는 최고속도 시험 시 통합형차상장치를 차단하고 시험을 수행하는 방법을 검토할 수 있다. 하지만 이러한 방법은 통합차상신호장치의 ATC기능이 단순히 선형열차 위치에 대한 간격제어만을 수행한다면 검토될 수 있으나, 실제 고속선의 ATC기능은 선형열차 위치에 따른 간격제어 외에도 운행 중 발생하는 안전정보(차축과열검지, 공사구간, 지진, 강우, 강설 등)에 따라 열차의 안전을 확보하고 있으므로, 고속에서의 ATC기능 임의차단은 사고관련 위험원의 위험도가 매우 높은 방법이다.

따라서 본 논문에서는 Fig. 11과 같이 HEMU-400x의 최고속도 시험시 300km/h 이상의 속도구간에 대하여 ATP시스템의 발리스그룹을 임시로 설치하여 속도제한에 대한 ATC개입을 300km/h 이상의 속도시험 구간에서만 Fig. 12와 같이 억제하는 방안을 제안한다.

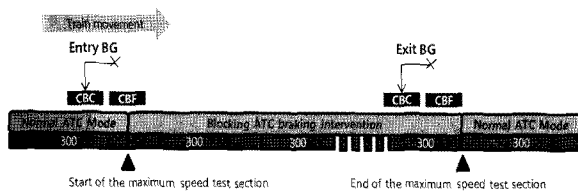


Fig. 11. Infrastructure plan for Maximum speed test

국내에 도입된 ATP장치의 사양은 앞에서 설명한 바와 같이 ERTMS/ETCS의 기술사양을 기준으로 도입되어 ETCS에서 강제하고 있는 최대 운동속도 500km/h[10]를 만족하는 제품이다. 따라서 HEMU-400x가 발리스그룹을 300km/h 이상으로 통과시에도 응동이 가능하며, ATP 메시지에 포함된 가변 및 고정 텔레그램에서 시험구간의 종단 발리스그룹까지의 거리를 입력하고, 시험구간 종단에서 300km/h의 제한속도를 설정하면 HEMU-400x는 시험구간 내에서 ATC의 최고속도에 대한 방호기능을 제외한 안전정보감시에 의해 열차안전의 확보가 가능해지고, 시험구간

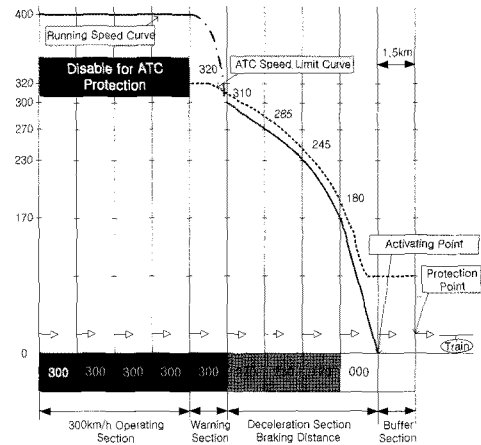


Fig. 12. ATC protection patter of HEMU-400x

전방에서 임시속도제한 및 예상하지 못한 궤도점유가 발생하면 ATC의 속도코드가 300예고 및 270 이하로 제한되어 HEMU-400x는 최소한의 안전이 확보된다.

이러한 최고속도시험의 실시를 위해 HEMU-400x의 통합형 차상신호장치 소프트웨어는 Fig. 13의 개념도와 같이 특정구간을 차세대고속열차가 통과하는 동안 정의된 구간 내에서만 지상ATC 최고속도코드(300)에 대한 방호기능을 억제하도록 임시로 수정한다(ATP BG를 특정구간의 진입과 진출부에 설치, 기타 임시속도제한 및 안전정보 등으로

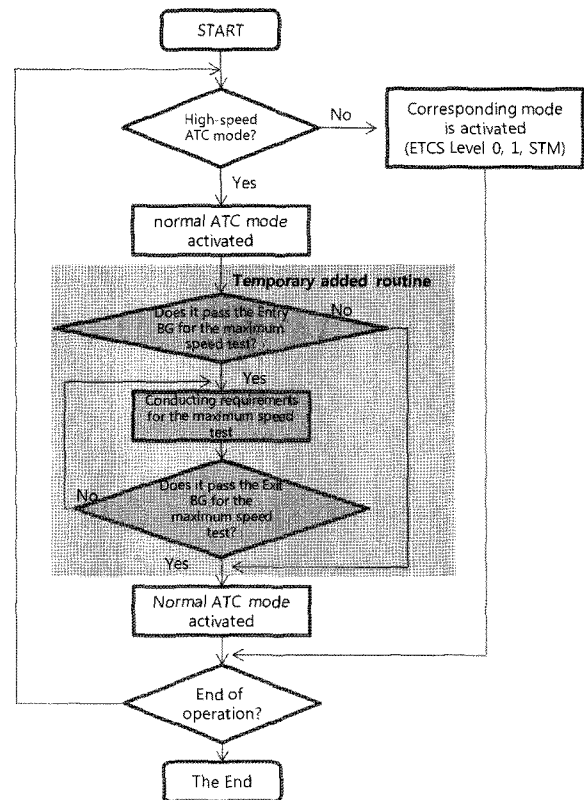


Fig. 13. Flowchart of temporary added routine

인해 발생하는 최고속도코드(300)이외의 지상ATC코드에 대해서는 기존ATC와 동일하게 방호수행).

Fig. 11과 같이 최고속도시험을 위한 인프라가 설치되고, Fig. 13과 같이 차상장치 소프트웨어가 준비하기 위한 구체적인 실행절차를 Table 3과 같이 정리하였다.

따라서 Table 3의 HEMU-400x 최고속도시험을 위한 환

경이 구축되면 400km/h의 최고속도시험구간에서 Table 4의 시나리오와 같이 시험을 실시한다. 단, Fig. 11 및 Fig. 13을 포함한 최고속도시험환경은 HEMU-400x의 최고속도시험을 위해 임시로 추가된 기능으로써, 최고속도시험을 완료한 후 정상적인 차세대고속열차 통합형 차상신호장치에는 적용되지 말아야한다.

Table 3. Implementation process of a test environment in the field of signal for the maximum speed test

Construction of the wayside environment	A. ATP BG installation and telegram input	- Installation of balise group 2 type, consisted of CBC/CBF by BT identical with the existing lines of KORAIL (installation of one type in each entry and exit) - Input ETCS SRS 2.2.2 based telegram The exit BG is appointed as reflecting the distance between the entry and the exit of BG, set-up of the maximum speed 410km/h, EoA passing the exit BG at the speed of 300km/h) - Packet 5(linking), packet 12(movement authority), packet 21(grade), packet 27(SSP) and packet 41(level switch) input in each CBC and CBF of the entry and exit of BG
	B. Telegram verification	- Telegram validation using verification tools of the KORAIL balise group
	C. Verification of the KTX impact	- Verifying that there is no impact caused by the existing KTX rolling stocks (KTX units are comprised for the purpose of blocking ATP in the ATC section, whose operation is not influenced by the normal telegram, but there is a chance to braking intervention by the fail-safe when receiving fault telegrams)
Construction of on-board environment	A. Implementation of requirements	- Modification of software like fig. 13
	B. Static test	- Verification of functions modifying messages and a speed limit about balise group inputting identically within station yard with the HEMU-400x
	C. Dynamic test	- Verifying by operating at the speed less than 300km/h in the high-speed line with HEMU-400x

Table 4. Maximum speed test scenario

No.	Requirements
1	Activate an ATP onboard antenna in the ATC mode
2	On the high speed line which the location of the HEMU-400x test line is not between an entry BG and an exit BG("section for the maximum speed test" as follows), the onboard signalling system should be operated in a normal ATC mode, and it should be operated according to this requirements just in case of being operated in the maximum speed test section.
3	The onboard signalling system of HEMU-400x should conduct a prevention about 410km/h, which is the onboard ATC 300 code, when operated in the maximum speed test section
4	When the next-generation high-speed rail passing the entry BG, it display "entry of the maximum speed test section" on the MMI and notify the driver with the alarm sound and will automatically return to the normal ATC mode(in case of like request to driver confirmation dealing, maintaining the normal ATC mode when not being handled within 5 second and entry BG and onboard signalling system are not actuated, if a driver deals with a button, the system will be operated identical to receiving telegram inputted in the entry BG.
5	When the next-generation high-speed rail passing the entry BG, the speedometer displays 410km/h of speed limit and it will display the speed limit reflecting DSP calculated for passing exit BG with the speed of 300km/h when the train approached to the exit BG.
6	When the HEMU-400x passing the entry BG, the indicators, which displays the distance from the entry BG to the following balise, shows the distance from the entry BG to the exit BG.
7	While the HEMU-400x is operated in the maximum speed test section, the train should be protected as a normal ATC mode of speed limit code except onboard ATC 300 code from wayside ATC.
8	When the HEMU-400x passing the entry BG, it is displayed "entry to the maximum speed test section" on the MMI and notifies the driver with the alarm sound. And then, the train will automatically return to the normal ATC mode
9	HEMU-400x record the events, which had caused by the functionality specification for ATC at all the high-speed line section(including the high-speed test section), in RU/JUR (Especially in the high-speed test section, such information like passing the entry and exit BG, time for regular cycle, operation speed, SP, braking are recorded.

4. 결론

본 논문은 국토해양부 주도로 개발하고 있는 HEMU-400x의 최고속도 400km/h 운행 시험을 경부고속선에서 수행하기 위한 방안을 제시하였다. 이를 위해 HEMU-400x의 통합형차상신호장치의 구조를 분석하였으며, 국내에 400km/h급 인프라가 구축되지 않는 상황에서 HEMU-400x의 400km/h 최고속도시험을 실시하기 위한 두 가지 방안을 도출하였다.

첫 번째 방안1은 HEMU-400x의 최고속도시험을 포함하여 다양한 차종의 고속열차를 병행운전 하기 위한 경부고속선 지상ATC장치의 업그레이드 개소를 파악하였으며, 현재 경부고속선에 적용된 열차성능에 따른 폐색분할방법을 분석하여 열차성능에 따른 지상신호장치 개량의 필요성을 파악하였다.

두 번째 방안2는 HEMU-400x의 400km/h 열차성능검증만을 목적으로 기존 KTX차량에 영향을 주지 않는 임시방편을 인프라설계 개념도, 소프트웨어 구성도, 시험환경구축절차서, 시험시나리오와 함께 제시하였다. 방안2를 적용하면 300km/h 이상에서의 통합차상신호장치의 ATC기능을 제외한 모든 기능 및 성능시험이 안전하게 실시될 수 있다.

한국의 고속열차는 기존 KTX 단일차종의 운행 및 프랑스 특정업체의 제품을 도입하여 운영하는 수준에서, 우리 기술에 의해 개발된 다양한 고속열차를 혼합 운영하는 환경으로 한 단계 업그레이드를 준비하고 있다. 본 논문의 방안1에서 분석한 바와 같이 내장형제어기를 포함한 열차제어시스템의 도입은 개량 및 유지보수의 한계가 명백히 존재하며, 이러한 국내 철도산업의 한계를 극복하기 위해서 꾸준한 연구 및 개발이 절실히 요구된다. 즉 혼합 운행대상인 열차들의 성능, 차상장치반응시간, 선로조건(곡선 및 구배) 등에 따라 폐색을 분할하여 안전한 열차간격제어 기본이론에 근거한 제한속도코드의 설정 및 전송에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비 지원(과제번호 07차세대고속철도 A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. LG산전(1997), “자동열차제어장치 기술개발에 관한 연구(1차년도 연차보고서),” 제2절, 시스템의 주요기능.
2. 한국철도기술연구원(1998), “ATP시스템 도입을 위한 기술조사(최종보고서),” pp. 15-32.
3. Lee Jae-Ho, Shin ducko, Lee Kang-Mi(2008), “Review on signaling system for new high speed train test at existing high speed line,” ICEE 2008 Okinawa International Conference, pp. 1-5.
4. 한국철도기술연구원(2006), “차세대 고속철도 기술개발사업 기획보고서,” pp. 21-35.
5. UIC(2002), “ERTMS/ETCS-Class 1 System Requirements Specification Chapter 1 to 8.”
6. TGV French Group(1992), “Seoul-Pusan High Speed Rail System 3.5.6-c ATC System,” Technical Provisions, pp. 1-65.
7. Alcatel, Alstom, Ansaldo signal, Bombardier, Invensys rail, siemens(2003), “ERTMS/ETCS-Class1 Specific Transmission Module FFFIS,” pp. 22-177.
8. Cordel(2007), “A Review Report for Maintenance in the High-Speed Railway Signaling System : UM71/TVM430,” pp. 1-55.
9. TGV French Group(1992), “Seoul-Pusan High Speed Rail System 3.5.6-o System Design,” Technical Provisions, pp. 1-58.
10. ERA(2007), “ERTMS/ETCS Functional Requirements Specification (FRS),” pp. 9.

접수일(2009년 4월 14일), 수정일(2009년 7월 3일),
게재확정일(2009년 9월 25일)