

ERTMS/ETCS 차상 신호에 의한 서울-대전 구간의 운전 시격 연구

論 文

53B-7-2

A Study on the Headway by ERTMS/ETCS On-board Signal in Seoul-Daejeon Section

金 容 圭* · 柳 昶 根**

(Yong-Kyu KIM · Chang-Keun RYU)

Abstract - The headway in Korean national railway normally runs from 6 to 10 minutes. It turns out that the current signal system can not decrease the running headway of the High Speed trains, which are scheduled to set out in April, 2004, between Seoul and Daejeon, since both the existing classical trains and the High Speed ones run on the section. Thus, a new signal system is to be introduced to secure safe and reduced headway. The present paper attempts to analyze the headway between this particular section Seoul-Daejeon of the classical line, where we expect the most severe bottleneck situation to occur. We employed two modes in our analysis : the Ground Signal mode and the On-board Signal mode, which are to be adopted starting from 2006.

Key Words : 운전시격, ERTMS/ETCS, 차상신호, 열차제어시스템(TCS), 시뮬레이션,

1. 서 론

철도신호 시스템은 동일 선로상에 보다 많은 열차를 안전, 신속, 정확하게 통과시키는 역할을 하는 철도의 핵심 시스템이다. 우리나라 철도신호 시스템은 지상신호 방식인 자동열차정지장치(ATS : Automatic Train Stop)를 사용하고 있지만, 이용 승객의 증가와 열차 속도 향상이 요구됨에 따라 열차 운행의 고속화·고밀도화를 위한 새로운 신호방식이 필요하게 되었다[1]. 뿐만 아니라 경부선과 호남선에 투입 예정인 고속열차가 기존선 구간에서 기존열차와 병행하여 운행함에 따라 기존의 지상신호 방식은 차상신호 방식으로 변경할 계획이다. 이러한 신호 시스템의 변경은 열차 운행의 안전 및 운행 효율의 향상과 유지보수 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다[2-4]. 그러나 2004년 운행 예정인 고속열차가 일부 기존선 구간에서 기존열차와 혼합 운행하게 되면 이 구간에서의 고속·고밀도 열차 운행을 위한 안전 문제가 발생함은 물론 일부 기존선 병목구간에서 포화상태에 도달한 선로의 용량 개선이 절실히 요구된다. 따라서 안전성을 도모하면서 정확한 열차의 운전시격을 예측하여 효율적으로 열차운행 간격을 조절함으로써 병목 현상을 최소화함이 필요하다. 본 논문은 서울 대전 구간에서 2004년부터 기존열차와 고속열차의 혼합 운행으로 병목 현상이 예상되는 서울역-시흥역 구간과 대전 조차장-대전역 구간에서 현재 사용 중인 지상 신호 방식과 향후 사용 예정인 차상신호 방식을 적용하여 운전시격을 분석하였다. 여기서, 서울-시흥역 구간은 우리나라의 모든 주요 노선의 출발 및 도착역이며 2004년 개통할 고속열차의

출발 및 도착역으로도 사용될 예정으로 가장 극심한 병목 현상이 예상되는 곳이다[5]. 또한 대전조차장-대전역 구간은 조차장의 특성과 현재 사용 중인 복잡한 선로 형상으로 인하여 선로 자체에 대한 물리적인 구조 변경이 매우 불리하며, 호남선과 경부선이 분기되는 장소로 서울-시흥 구간과는 특징이 다른 병목 현상이 예상되는 곳이다[6]. 운전시격은 기존 시스템인 ABS/ATS와 향후 사용 예정인 ERTMS/ETCS 차상신호 방식을 사용하여 ABS 가시거리, ERTMS/ETCS 자유거리, 그리고 최저통과시간으로 주어지는 신호시스템의 운전시격에 의하여 결정된다. 여기서 ERTMS/ETCS는 현재의 기존선 차상신호방식과 유사한 형태인 레벨 1과 차세대 무선 기술이 추가된 레벨 2를 함께 검토하였다. 분석 결과, 기존의 지상신호방식을 차상신호방식으로 교체하는 경우에는 기존의 선로 및 운행 차량 특성에 관계없이 효과적으로 운전시격을 단축할 수 있음을 확인하였다.

2. 지상신호와 차상신호

열차가 정면으로 충돌하거나 또는 후행 열차의 선행 열차 추돌을 방지하기 위하여 선로변 조건에 따라 선로를 일정 구간으로 분할한 후, 분할된 하나의 구간에는 하나의 열차만 존재하도록 허용하는 시스템을 폐색 구간이라 한다. 운전시격으로 정의되는 선행 열차와 후행 열차의 간격은 이러한 폐색 구간을 기본으로 계산된다. 또한 이들 폐색 구간의 수량과 열차의 제동 특성에 의해 열차의 최고 속도에서 정지 지점까지의 거리로 정의되는 열차의 제동 거리가 결정된다[1]. 우리나라에서 사용중인 기존선 구간의 신호 방식은 지상신호 방식으로 폐색 구간에 자동폐색장치(ABS : Automatic Block System)와 신호기를 설치하여 기관사가 육안으로 전방의 신호기를 확인한 후, 기관사의 판단에 따라 열차의 가·감속

* 正 會 員 : 韓 國 鐵 道 技 術 研 究 員 · 責 任 研 究 員 工 學 博 士

** 正 會 員 : 南 京 大 學 電 子 情 報 通 信 工 學 部 副 教 授 · 工 學 博 士

接 受 日 字 : 2004年 2月 5日

最 終 完 了 : 2004年 5月 10日

또는 제동을 체결하며, 각각의 폐색 구간 신호기에 의해 주어지는 열차운행 제한속도에 따라 단계별로 열차의 속도가 수동으로 제어된다. 기관사의 수동 운전에 따른 열차 안전을 확보하기 위해 신호기에 의해 주어진 열차 속도를 초과하는 경우 기관사는 반드시 5초 이내에 제동을 실행해야 한다. 만약 이를 무시할 경우에는 자동으로 열차가 정지하는 자동열차정지장치(ATP)가 동작된다. 이는 신호기의 구성 방법에 따라 궤도의 오른쪽 또는 왼쪽에 ATS 지상자를 설치한다. 오른쪽에 설치된 지상자는 지하철에서, 왼쪽에 설치된 지상자는 그 외의 모든 열차 운행에 사용된다. 이러한 지상 장치의 가격은 저렴하며, 주로 지선으로 분기되는 구간이 많고 저속으로 열차가 운행되는 구간에 적합하다. 그러나, 눈, 비, 안개와 같은 악조건 기후에서는 열차의 감속 운행이 필수적이며, 140km/h 이상의 속도에 대해 안전성과 신뢰성이 보장되지 않음이 입증되었다. 또한 ATS를 통해 전송할 수 있는 데이터의 양은 극히 제한적이다[7, 8].

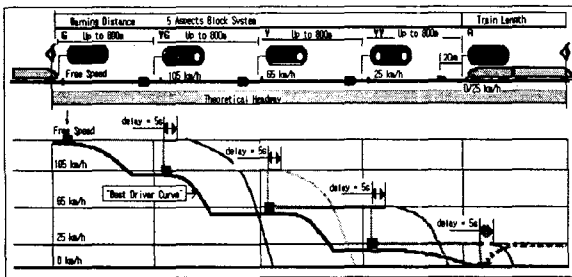


그림 1 ATS 속도 제어 곡선
Fig. 1 Speed control curve in ATS

차상신호 방식은 후행열차와 선행열차의 위치와 속도, 운행 예정 궤도의 지리적 특성과 같은 선로 정보를 지상장치에서 차상으로 전송한 후, 실시간으로 열차 자신의 속도를 계산하여 선행열차와의 안전거리를 확보하는 열차제어시스템으로 정의되며, 선로에서 운행할 예정인 각종 열차의 제동 특성을 고려하여 설계된다. 이는 기후조건에 관계없이 안전 사고를 방지할 수 있으며 지상신호 방식에 비해 안전성과 신뢰성이 높고 열차의 운행속도 향상이 가능하다. 또한 지상신호 방식에 비해 운전시각의 단축이 용이하며 선로 및 차량 조건이 개선되면 기존선 최대 허용 열차 속도인 220km/h까지 열차 속도를 증가할 수 있다. 그러나, 이러한 방식은 지상신호 방식에 비해 건설비용이 크며, 저밀도 및 저속도 열차운행 구간에서는 투자비에 비해 실효성이 낮은 단점이 있다.

ERTMS/ETCS(European Railway Traffic Management System/European Train Control System) 차상신호 방식은 신호시스템과 열차 안전 운행을 기본으로 현존하는 신호시스템에서 요구하는 기본적인 기술 사양을 표준화하였다. 그 결과, ERTMS/ETCS의 실현은 현재의 기술 한계와 미래의 이용 가능한 기술 개발 상황을 고려하여 ERTMS/ETCS 레벨 1, 레벨 2, 레벨 3으로 분류한다[9,10]. ERTMS/ETCS 레벨 1은 고정 폐색과 선로변 신호기를 사용하며, 열차의 속도 제어를 위해 불연속적으로 지상에서 차상으로 정보를 전송하는 발리스와 루프를 사용한다. 이는 현존하는 대표적인 자동열차 방호장치(ATP : Automatic Train Protection)와 특성이 같다.

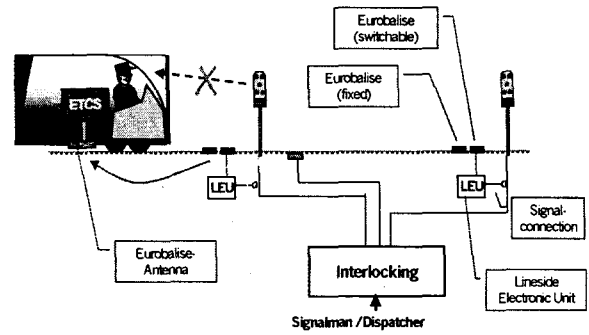


그림 2 ERTMS/ETCS 레벨 1 블록도
Fig. 2 ERTMS/ETCS Level 1 block diagram

ERTMS/ETCS 레벨 2는 지상과 차량간의 연속적인 양방향 무선 통신과 열차 검지를 위한 불연속적인 정보 전송을 이용하여 연속적으로 열차의 속도를 제어한다. 기존의 신호시스템과의 이중화시에는 지상 신호기를 사용하지만, 레벨 2만을 사용할 경우에는 지상 신호기를 필요로 하지 않는다.

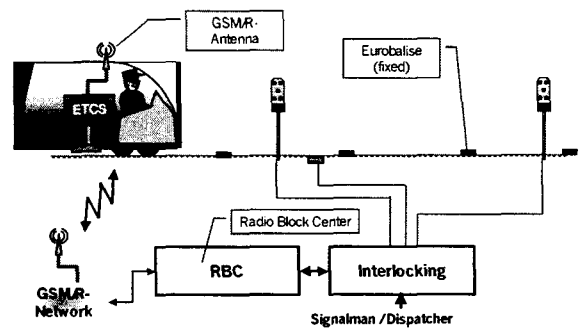


그림 3 ERTMS/ETCS 레벨 2 블록도
Fig. 3 ERTMS/ETCS Level 2 block diagram

ERTMS/ETCS 레벨 3은 기능면에 있어서 완전한 무선 방식에 의해 연속적으로 정보를 전송한다. 열차 검지 및 선행 열차와 후행 열차의 열차 간격 조정 기능이 레벨 1과 레벨 2에서는 고정 폐색 시스템을 이용하는데 비해, 레벨 3에서는 이동폐색 시스템(Moving Block System)을 이용한다.

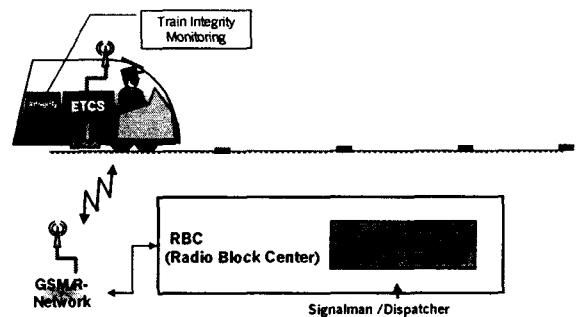


그림 4 ERTMS/ETCS 레벨 3 블록도
Fig. 4 ERTMS/ETCS Level 3 block diagram

그림 5는 차상신호방식의 열차속도곡선을 나타낸다. 그림에서 경고 곡선 좌측 영역 "A"는 약 4 초로 주어지며, 사용

자에 의해 시간이 선택된다. 경고곡선은 열차가 과속하고 있음을 기관사에게 경고하며, 경고곡선과 상용제동간섭곡선간의 영역 "B"는 영역 "A"와 동일한 특성을 갖지만 단지 제동이 추가로 인가됨을 의미한다. 이들 곡선은 열차 제동 파라미터의 기본값에 목표 속도의 고정 여유값을 더하여 안전 여유값으로 계산된다. 상용제동간섭곡선과 비상제동간섭곡선간의 영역 "C"는 기관사에 의해 입력되며, 열차의 제동 지연 시간보다 길게 프로그램 된다.

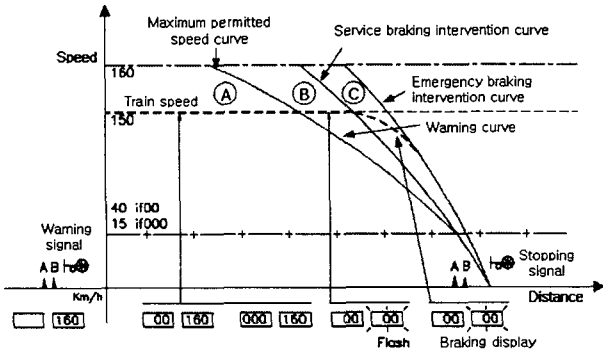


그림 5 ATP 시스템 속도 제어 곡선
Fig. 5 Speed control curve on ATP System

3. 서울 대전 구간 선로 및 열차 특성

운전시각의 계산을 위해서는 관련 선로와 운행 예정 차량의 특성에 대한 분석이 우선적으로 선행되어야 한다. 고속열차 운행을 위한 기존선과 고속선 연결선은 그림 6과 같이 남서울(서울역-시흥역), 대전북(대전 조차장-대전역), 대전남(대전역-옥천역), 대구북(신동·지천-동대구) 구간으로 분류된다.

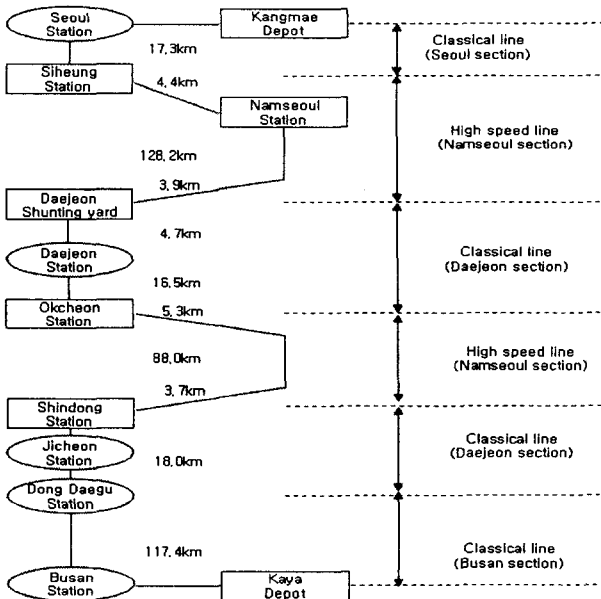


그림 6 기존선과 고속선 인터페이스 구간
Fig. 6 Interface section between high speed line and classical line

본 논문에서 적용한 서울-시흥 구간은 약 17 km로 통근용 전동 열차는 물론 매우 많은 기존 열차가 운행 중에 있다. 이 구간은 2004년부터 기존 열차와 고속열차의 혼합 운행이 예정된 구간으로 다른 구간에 비해 수송량의 증가율이 매우 높을 것으로 예상된다[2]. 특히 서울~시흥구간은 고속열차와 경부, 호남, 장항, 전라선 등 우리나라 주요 노선을 운행하는 기존 열차가 운행되는 병목구간으로서 다른 구간에 비해 최악의 교통 혼잡 상태가 예상된다[5,11].

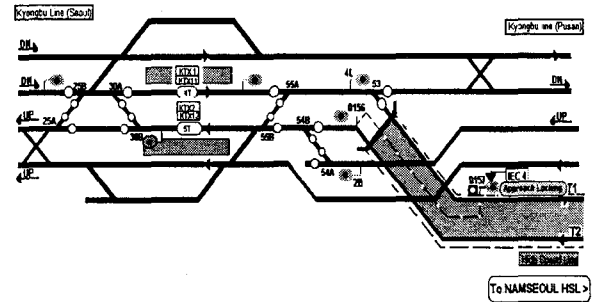


그림 7 시흥역 선로 형상
Fig. 7 Track description of Siheung station

대전북 구간의 경우 대전 조차장이 인터페이스 구간의 중앙에 그림 8과 같이 위치한다. 대전 조차장은 조차장을 중심으로 경부선과 호남선의 상·하행선이 분배되는 형태로 열차의 양 방향 운행은 물론 최적 열차 운행을 위한 신호 시스템 구성이 매우 어렵다. 이 구간은 2004년부터 고속 열차와 기존 열차가 혼합 운행할 예정으로 만약 기존의 신호 시스템에 의해 열차를 운행한다면 매우 큰 혼잡을 유발할 것으로 예상된다[6].

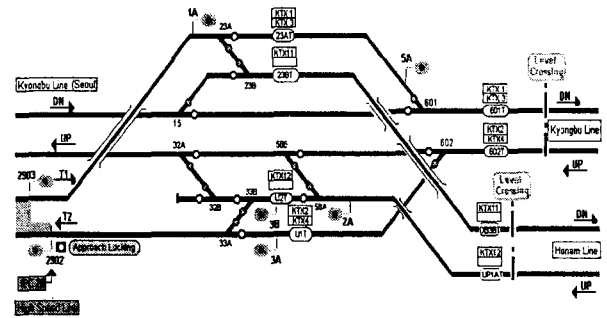


그림 8 대전 조차장 선로 형상
Fig. 8 Track description of Daejeon shunting yard

그림 9는 남서울, 북대전 연결선 구간에 대한 선로 구배, 곡률 반경 및 신호기의 설치 위치를 나타내며, 운전시각 계산을 위한 기본 데이터로 사용된다. 그림 9에서 서울-시흥 구간은 비교적 구배가 작는데 비해 대전 조차장-대전 구간은 구배가 큰 것으로 조사되었다. 이는 대전 조차장-대전 구간에서 열차의 운행 속도 제한은 물론 운전시각에도 영향을 있음을 의미한다.

그림 10은 서울-시흥 구간의 곡률 반경이 대전 조차장-대전 구간에 비해 매우 크게 나타남을 볼 수 있다. 이는 고속선 연계 운행시의 열차 운행 속도 향상을 위한 선로 개량 및

시설물 정비 사업을 실행함에 따라 서울-시흥 구간의 곡률 반경이 증가한 반면, 대전 조차장-대전 구간은 앞에서 언급하였듯이 대전 조차장의 특성상 선로 개량이 불가능함에 따라 개량되지 않았기 때문이다.

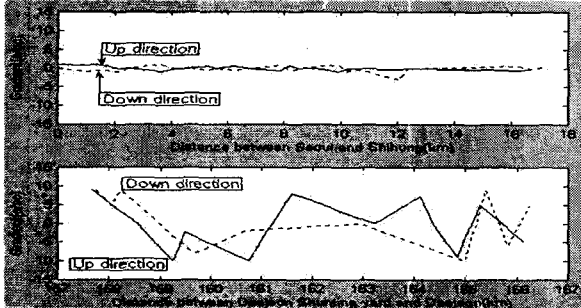


그림 9 상·하행선의 궤도 구배
Fig. 9 Track gradient in up and down direction

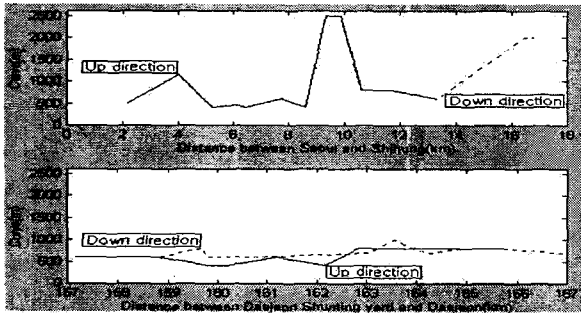


그림 10 상·하행선의 곡률 반경
Fig. 10 Curve radius in up and down direction

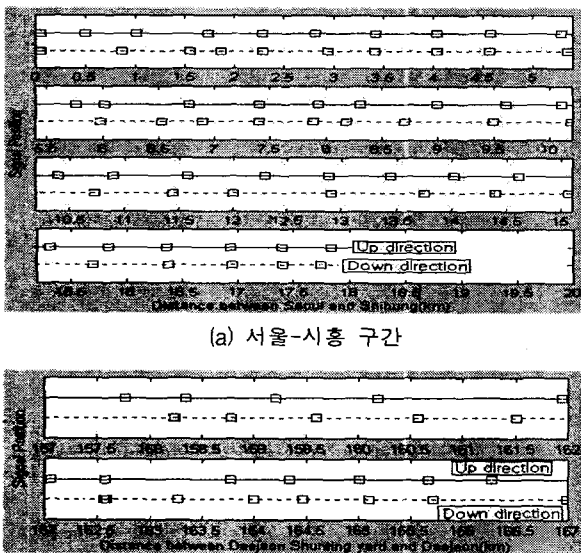


그림 11 상·하행선의 신호기 위치
Fig. 11 Signal position in up and down direction

신호기의 설치 위치는 그림 11과 같이 서울-시흥 구간이 600~650m로 지상신호 또는 차상신호 방식에 관계없이 최적

의 열차 운행을 보장할 수 있도록 설계되어 있다. 그러나, 대전 조차장-대전역 구간의 상행선 160~162km간은 신호기간의 거리가 매우 넓게 설치됨에 따라 다음 신호 대기까지의 시간 지연을 유발할 수 있다. 이러한 상황은 열차 운행이 가장 많은 서울-시흥 구간보다 이 구간에서 운전시각의 향상이 더욱 어려울 것으로 예상된다.

운행 열차는 현재 적용 구간에서 운행중인 여객 및 화물 수송을 위한 기존 열차와 2004년부터 운행 예정인 고속열차로 분류된다. 이들 열차의 최대 운행 예정 속도 및 평균 속도는 표 1과 같다[7,12].

표 1 열차의 최대 속도 및 평균 속도
Table 1 Maximum and Mean speed of train

열차 유형	최대 속도	평균 속도
	$V_1(\text{km/h})$	$V_3(\text{km/h})$
고속열차	135	108
새마을	125	98
무궁화	120	77
화물열차	90	64

위의 표 1에서 주어진 차량 특성을 기본으로 표 2에서는 열차 유형별 최대 속도에서 정지까지의 제동 시간과 거리 및 정지에서 최대 속도까지의 가속 시간과 거리를 계산하였다. 최대 속도에 따른 가속 및 제동 시간은 최대 허용 속도보다 7km/h 작은 기관사의 습성에 따른 마진과 기본 속도의 12%로 가정한 영구적인 속도 제한 및 일시적인 속도 제한에 의한 선로의 속도 제한을 고려하였다[12].

표 2 열차의 제동 및 가속 시간과 거리
Table 2 Braking and Acceleration time and distance of train

열차 유형	최대 속도	제동 데이터			가속 데이터		
		감속비 (%)	시간 (sec)	목표거리 (m)	감속비 (%)	시간 (sec)	목표거리 (m)
고속열차	150	0.5	69	1397	0.4	94	1767
새마을	125	0.5	66	1203	0.37	94	1635
무궁화	120	0.5	68	1111	0.36	96	1579
화물열차	90	0.4	56	773	0.3	88	1033

4. 운전시각 시뮬레이션 및 검토

그림 9~11의 선로 관련 데이터와 표 1~2로 주어지는 차량 관련 자료와 함께 운전시각 예측 프로그램의 적용을 위해서는 다음과 같은 가정을 추가로 필요로 한다. 이들 가정의 대부분은 현재 사용 중에 있는 신호 시스템이 2004년의 고속열차 운행을 위해 개량 중에 있거나 또는 개량 예정인 설계 내용을 함께 포함하며[7], 시뮬레이션 프로그램은 경부고속선

자문을 실행 중인 프랑스의 철도 관련 전문 자문업체인 Systra에서 사용하고 있는 운전시각 예측 프로그램을 적용하였다.

- 지상신호는 현재 경부선에서 사용중인 5현시 ABS 시스템을 기준으로 ABS의 신호 가시도 거리는 600m로 가정한다.
- 신호기의 설치 위치는 고속철도 운행을 위해 개량중인 실제적인 설계 값을 적용함으로써 ERTMS/ETCS의 설치 시에도 신호기 위치 및 폐색 구간의 길이 조정이 없는 것으로 가정한다.
- 시뮬레이션에는 유사한 수준의 제동력을 갖는 여객 열차와 고속전철 만을 고려하여 표 2에서 주어진 운행 열차 유형에 따른 최대 속도를 기반으로 관련 구간의 궤도 곡률 반경과 구배를 적용한다.
- 실질적인 운전 시격은 국제 철도 연맹(UIC)의 규격 leaflet 405-R의 권장사항에 따라 25% 강성 여유를 고려한 기술적인 운전시격으로 계산하며, 모든 여유 시간은 각각의 열차에 균등하게 배분한다.
- ERTMS/ETCS의 제동 감속도는 우리나라에서 처음 도입함에 따라 관련 자료는 프랑스 철도청의 시험 결과를 기반으로 산정한 $0.62m/s^2$ 를 적용한다. 이 값은 차상신호 방식의 실제적인 값 $0.83m/s^2$ 보다 작게 주어짐으로써 실제 운영시에는 시뮬레이션 결과보다 향상된 특성을 가질 것으로 예상된다.
- ERTMS/ETCS는 기관실의 기관사 명령에 의해 실행되며, 열차의 이동 권한 종료를 표시하는 적색 신호 이외에는 모든 선로변 신호를 무시하는 것으로 가정한다.

위의 가정과 함께 다음과 같은 절차에 의해 운전시격을 분석한다 : ATS의 경우, 열차는 지상신호기에 의해 운행되므로 각각의 신호기는 녹색신호가 재점등하기 전까지의 소요 시간을 각각의 폐색 구간의 실제 거리, 신호기 현시 거리, 열차 길이 및 허용 속도를 감안하여 산출한다. ERTMS/ETCS 레벨 1의 경우, 열차 이동 권한 종료 이전에 열차 운행을 저해할 수 있는 선행 열차로부터의 거리를 선로 구배, 열차 특성, 열차 운행 횡수 등을 고려하여 계산하며, 주 신호에 설치될 In-Fill 발리스의 위치 지정 후, 연속적인 두 열차간의 최소거리는 ATS 방식과 동일하게 산출한다. 열차는 차상신호로 운행됨에 따라 지상 신호기를 필요로 하지 않기 때문에 신호기 현시 거리와 연관된 사항은 모두 운전시격 계산에서 제외한다. ERTMS/ETCS 레벨 2의 경우에는 레벨 1과 동일한 방법으로 열차 이동 권한 종료 이전에 열차의 운행을 저해할 수 있는 선행 열차로부터의 거리를 우선적으로 산출한다. 검지된 폐색 구간의 길이와 노선의 허용 최고 속도를 고려하여 ERTMS/ETCS 레벨 2는 연속 운행되는 두 열차간의 최소거리를 직접 계산한다. 이에 따른 시뮬레이션 결과는 그림 12~14와 같다.

그림 12~14는 ATS, ERTMS/ETCS 레벨 1, 레벨 2에 대한 열차 이동 권한과 연관된 거리를 나타낸다. 그림 12에서 ATS 가시도 거리는 서울-시흥 구간이 상행선에서, 대전-대전 조차장 구간이 하행선에서 크게 주어진다. 그림 13의 경우, ATS 가시도 거리와 유사한 특성을 갖는 ERTMS/ETCS 레벨 1의 자유 거리는 서울-시흥 구간이 유사하게 주어지는 반면, 대전-대전 조차장 구간은 163~166km에서 매우

크게 주어진다. 그림 14의 경우, ERTMS/ETCS 레벨 2의 자유거리가 서울-시흥 구간은 레벨 1과 유사하지만, 대전-대전 조차장 구간은 163~166km에서 매우 크게 표시된다. 이는 ATS가 현재의 운전시격을 만족하는 반면, 운전시격 감소를 위해 차상신호를 도입시에는 이 구간에서 제약이 발생할 수 있음을 나타낸다.

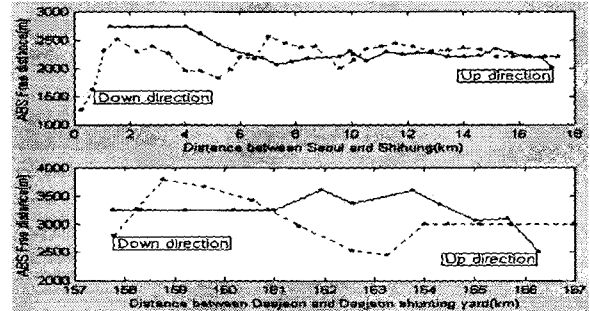


그림 12 ABS 가시도 거리
Fig. 12 ABS visibility distance

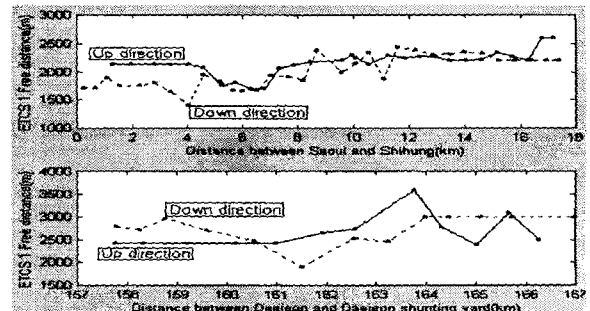


그림 13 ETCS 레벨 1 자유 거리
Fig. 13 ETCS level 1 free distance

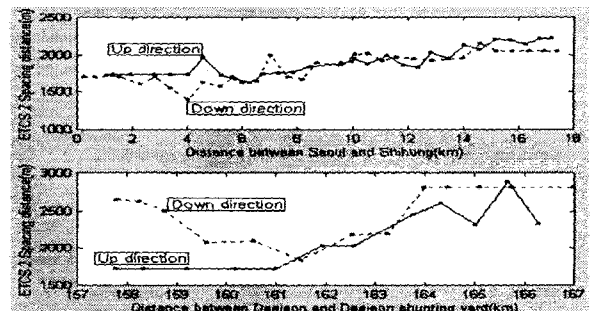
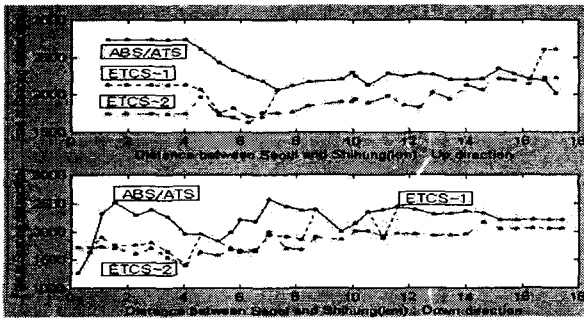
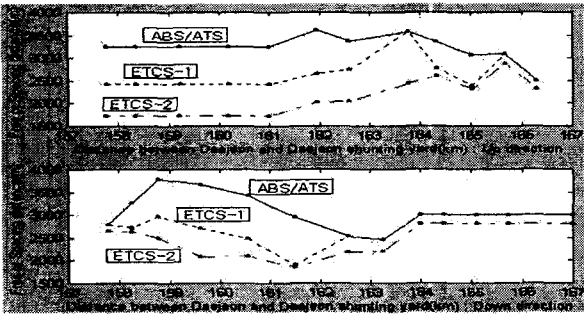


그림 14 ETCS 레벨 2 자유 거리
Fig. 14 ETCS level 2 spacing distance

그림 15는 상·하행선으로 분류하며 ATS의 가시도 거리와 ERTMS/ETCS 레벨 1, 레벨 2의 자유 거리를 비교하였다. 이들 거리는 레벨 2, 레벨 1, ATS의 순으로 작게 주어진다. 이는 현재의 신호에서 다음 신호를 수신할 때까지의 거리 및 시간이 레벨 2, 레벨 1, ATS의 순서로 주어짐을 의미하며, 운전시격의 단축 가능성도 이와 동등한 순서로 주어짐을 알 수 있다.

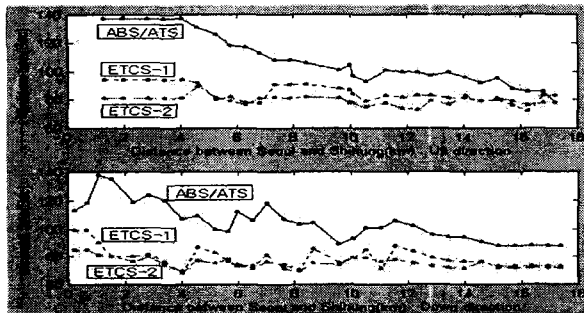


(a) 서울-시흥 구간

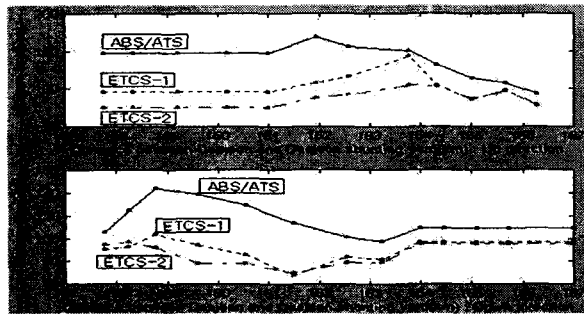


(b) 대전-대전 조차장 구간

그림 15 ABS와 ETCS 자유 거리
Fig. 15 ABS and ETCS free or spacing distance



(a) 서울-시흥 구간



(b) 대전-대전 조차장 구간

그림 16 최저 통과 시간
Fig. 16 Minimum passing time

그림 16은 가시도 거리와 자유 거리를 기본으로 각각의 구간을 열차가 통과하는데 소요되는 최저 시간을 계산한 결과이다. 서울-시흥 구간의 경우에는 지상 신호기를 사용한 ATS와 차상신호를 사용한 ERTMS/ETCS 레벨 1, 레벨 2의

통과시간이 각각 최대 138초, 99초, 89초로 매우 큰 차이를 나타낸다. 따라서, 이 구간의 경우에는 특별한 제약없이 차상 신호의 사용으로 운전시각 개선 효과가 매우 큰 것을 알 수 있다. 그러나, 대전 조차장-대전역 구간의 경우에는 각각의 신호방식에 의한 통과 시간이 최대 169초, 143초, 105초로 주어진 점에 따라 보편적으로 운전시각 개선은 가능하지만 상행선 163~166km에서는 운전시각 개선이 불가능함을 알 수 있다. 이는 선로 구배, 곡률 반경, 신호기 위치 등과 같은 선로 형상에 따른 문제점이 복합적으로 주어지는 특수 구간으로 해석된다. 이러한 구간의 운전시각 개량을 위해서는 관련 구간의 자유거리를 향상할 수 있는 추가적인 대안이 검토되어야 한다. 결과적으로, ERTMS/ETCS를 적용할 경우에는 지상신호에 비해 운전시각을 이론상 최소 서울-시흥 구간은 28% (138초→99초), 대전-대전 조차장 구간은 15%(169초→143초) 이상 감소할 수 있다.

4. 결론

서울-대전 구간의 기존열차와 고속열차 혼합 운행이 예상되는 남서울, 북대전 병목 구간 운전 시격을 분석하였다. 그 결과, 고속철도 운영을 위한 최적 폐색 구간 분할에도 불구하고 기존의 지상신호 방식은 서울-시흥 구간에서 최대 138초, 대전-대전 조차장에서 169초의 운전시격을 갖는 반면, 본 논문에서 제시한 ERTMS/ETCS의 레벨 1은 동일 구간에 대해 각각 99초와 143초까지, 레벨 2의 경우에는 89초와 105초까지 열차통과시간을 개량할 수 있음이 검토되었다. 또한 가시도 또는 자유 거리가 작을수록 운전시격이 감소함에 따라 ATS의 경우에는 운전시격 감소가 거의 불가능한 반면, ERTMS/ETCS를 적용할 경우, 대전-대전 조차장의 상행선 163~166km과 같은 제약 구간에 대해서도 다음 신호에 도달하기 이전에 새로운 신호를 수신할 수 있는 In-Fill 장치를 설치한다면 이러한 제약 구간의 운전시격 개량 문제점도 쉽게 해결할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 ERTMS/ETCS를 적용할 경우에는 지상신호에 비해 운전시격을 이론상 최소 서울-시흥 구간은 28%, 대전-대전 조차장 구간은 15% 이상 감소할 수 있으며, 이는 병목구간에서의 선로용량 증대를 쉽게 실현할 수 있음을 예측할 수 있다. 이는 열차 주행 시간 개선에 의해 병목 구간의 병목 현상은 물론 궁극적으로 열차 운행 효율성 증대까지 기여할 수 있으며, 병목구간 이외의 구간에서의 선로용량 여유분 확보 가능성까지 그 효과가 파급될 수 있을 것이다. 만약 기존열차의 속도 향상 및 시설물 개량이 함께 진행된다면 관련 구간의 운전시격은 더욱 더 감소할 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

[1] 신호업무자료, 철도청, 제19호, 2003.
[2] 김용규, “유럽의 열차제어시스템 개발 동향”, 한국철도기술, 제17호, pp97-106, 1998. 11
[3] 김용규, “기존선 고속화를 위한 유럽의 열차제어시스템”, 한국철도기술, 제38호, pp23-26, 2002. 11
[4] 정락교, 김영석, “경량전철 목표노선의 운전시격 설정에 관한 연구”, 대한전기학회 논문지, 제53권 1호(B권), pp

8-15, 2004. 1.

[5] 김용규, 변윤섭, "ERTMS/ETCS 차상신호에 따른 서울-시흥 구간 운전시각 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, pp.1297-1299, 2003. 7.

[6] 김용규, 김종기, 유창근, "대전북(대전 조차장-대전역) 고속전철 연계 운행 구간의 운전 시각 분석", 정보 및 제어학술대회 논문집, pp.810-813, 2003. 11.

[7] 김용규, 강기석, "ATS 기존선 신호방식과 TVM 430 ATC 신호방식의 속도 profile에 따른 compatibility", 대한전기학회 하계학술대회논문집, B권, Vol B, pp. 1423-1425, 2000. 7.

[8] 이종우, "다단계 속도제어를 위한 폐색구간 분할에 대한 최적화에 관한 연구", 제52권 8호(B권), pp. 390-404, 2003. 8

[9] J. Pellegrin, P. Bernard, D. Lancien, D'ASTREE a ETCS ou dix ans de recherche sur la future signalization ferroviaire europeenne, Revue generale des chemins de fer, Paris : DUNOD, 1995.

[10] 김용규, 변윤섭, "21세기 유럽의 열차제어시스템" 한국철도학회지, 제5권 제4호, pp.16-24, 2002. 12.

[11] Y. K. Kim, Y. H. Lee and C. K. Ryu, "Headway comparison between ATS and ERTMS/ETCS systems", ICCAS, vol TE13, pp.1333-1337, Oct, 2003.

[12] 김용규, 양도철, 김종기, "폐색 구간 길이에 따른 동대구-부산간 운전시각 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, pp.1292-1294, 2002. 7.

저 자 소 개



김 용 규 (金 容 圭)

1960년 3월 14일생, 1984년 단국대 전자공학과 졸업, 1987년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사), 1997년 프랑스 INPL(Institut National Polytechnique de Lorraine) 제어공학과 졸업(박사), 1992~1997년 CRAN(Centre de Recherche en Automatique de Nancy) 연구원, 1997년~현재, 한국철도기술연구원 전기신호연구본부 책임연구원.
Tel : 031-460-5434, Fax : 031-460-5449
E-mail : ygkim1@krri.re.kr



유 창 근 (柳 昶 根)

1956년 2월 19일생, 1981년 단국대 전자공학과 졸업, 1983년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사), 1993년 동 대학원 전자공학과 졸업(박사), 1994년~현재, 남서울 대학교 전자정보통신공학부 부교수,
Tel : 041-580-2111, Fax : 041-582-2117
E-mail : ckryu@nsu.ac.kr