

미래의 철도기술

2002. 5.

한국철도기술연구원
선임연구부장 최성규

목 차

1. 서 언

2. 틸팅차량 기술

- 2.1 기술의 의의
- 2.2 기술개발 현황
- 2.3 향후 방향

3. 고속철도기술

- 3.1 기술의 의의
- 3.2 기술개발현황
- 3.3 향후 방향

4. 승차감 평가 기술의 현황과 전망

- 4.1 기술의 의의
- 4.2 기술개발 현황
- 4.3 향후 방향

5. 철도안전·방재기술

- 5.1 기술의 의의
- 5.2 기술개발 현황
- 5.3 향후 방향

6. 철도환경기술

- 6.1 기술의 의의
- 6.2 기술개발 현황
- 6.3 향후 방향

7. 철도 정보화기술

- 7.1 기술의 의의
- 7.2 기술개발 현황
- 7.3 향후 방향

8. 철도 신호기술

- 8.1 기술의 의의
- 8.2 기술개발 현황
- 8.3 향후 방향

9. 철도물류기술

- 9.1 기술의 의의
- 9.2 기술개발 현황 및 향후 방향

10. 결 언

1. 서 언

철도가 국내에 도입된 지 어느덧 100년이라는 세월이 흘렀다. 1906년에 처음으로 항공기가 시범비행을 한 이후, 거의 같은 기간 동안 항공기술은 실로 놀라운 수준에 도달하고 있는 반면 철도의 발전은 너무 미흡한 상태에 있다. 물론 여러 가지 대내외적인 여건 때문에 철도 발전이 여의치 않았지만 이제는 국내 고속철도의 도입, 엄청난 물류비 상승, 대륙철도 개통의 필요성 등 제 2의 철도 르네상스라 할 수 있는 호기를 충분히 이용해서 그 동안 정체되었던 철도기술을 충분히 발전시켜야 할 것이다.

이를 위해서는 기존에 수행 중인 기술을 성실히 그리고 꾸준히 개발하는 것도 중요하지만 적절한 미래기술을 선정하여 투자하고 개발하는 계획을 잘 세워야 할 것이다. 본고에서는 미래의 철도기술로 볼 수 있는 기술항목을 선정하는데 도움이 될 수 있도록 국내의 저널들을 참고하고, 분야별 전문가들의 의견을 종합해서, 중요하다고 생각되고 있는 대표적인 기술을 몇 가지 소개하고자 한다. 적절한 선정 또는 소개가 되기 위해서 나름대로 노력을 기울였지만 넉넉지 못한 준비기간 탓으로 미흡한 부분이 많이 있을 줄 알지만, 앞으로 철도기술기획을 보다 본격적으로 진행할 수 있는 계기가 되는데 조그만 보탬이 되었으면 한다.

2. 틸팅차량 기술

2.1 기술의 의의

곡선부에서 철도차량의 속도가 증가하면 원심력이 크게 발생하게 되며, 횡방향으로는 횡력이 발생하게 되고, 횡력이 크게되면 대부분의 승객은 불쾌감을 느끼게 된다. 이 때 차체를 곡선부 안쪽으로 경사시키면 승객은 횡력을 덜 느끼게 되기 때문에 차체의 틸팅은 승차감의 저하 없이 곡선부에서의 속도를 증가할 수 있게 해 준다.

틸팅차량을 이용하면 곡선궤도가 많은 기존 철도노선에서 궤도, 노반 응하부구조의 큰 개량을 하지 않고도 운행시간을 효과적으로 단축시킬 수 있

어 점차 그 사용이 확대되고 있는 실정이다. 국내에서도 고속철도 비 수혜지역의 고속 서비스 제공과 이를 통한 국토의 균형발전과 철도 전반의 효율향상을 위해 기존노선에 틸팅차량 도입을 적극적으로 검토하고 있으며, 틸팅차량 운행 타당성 연구 및 국내 환경에 맞는 틸팅차량의 개발을 추진하고 있다.

2.2 기술개발 현황

틸팅에 대한 개념은 일찍부터 있어왔으나 그 실용화는 1990년대에 이르러서야 성사되었다. 일본과 스페인에서는 1970년대부터 자연 틸팅차량이 시험되거나 운영되어 왔다. 자연 틸팅차량은 진자와 같은 원리를 이용한 구조로 비록 강제 틸팅차량에 비해 그 성능에 제한이 있지만 구조가 간단한 장점이 있다.

강제 틸팅차량은 공기압, 유압, 전기 액츄에이터 등과 같은 능동요소를 이용하여 틸팅운동을 수행하는 차량이다. 강제 틸팅차량은 기술적으로 진보된 차량으로 틸팅각도가 더욱 확대되었으며 이로 인해 곡선부 통과속도도 증가되었다.

1950년대 프랑스의 SNCF는 강제 틸팅차량을 제작, 시험하였으며, 1970년대에는 몇몇 운영처와 차량제작사가 강제 틸팅차량 기술에 관심을 가졌다. 시험차량을 통한 주행시험은 이탈리아, 독일, 스웨덴, 영국에서 수행되었으며 이후에 캐나다, 일본, 노르웨이가 뒤를 이었다.

결국, 오랜 기간의 준비를 통해 1988년 이태리(FS)에서 ETR450 틸팅차량이 세계최초로 영업운행을 시작하였다. 이후 ETR450과 후속 틸팅차량은 이태리의 고속-장거리 서비스의 중요한 역할을 수행하고 있다.

1990년대에는 강제 틸팅기술에 대한 신뢰성이 증가되었으며 현재 독일, 스위스, 스페인, 노르웨이, 프랑스, 등 전 세계적으로 16개 국에서 틸팅차량을 운행 또는 운행예정에 있다.

2.3 향후 방향

틸팅차량은 곡선부의 인위적 경사(차체 ROLL)에 의해 원심력은 상쇄시키나, 곡선의 진입 및 출입에서 차체 ROLL 각속도가 증가가 불가피하여 승차감 저하요인이 되고 있다. 이는 낮은 등급의 기존선인 경우에 더욱 그러하다. 따라서 향후의 틸팅 제어기술은 등급이 낮은 선로의 개량(선형 개량)없이 틸팅 효과를 극대화할 수 있는 방향으로 진행 될 것이다. 즉 현재와 같은 차상 내에서 곡선을 검지하여 실시간으로 제어하는 방식에서 곡선정보를 GPS를 통해 전송 받아 사전에 제어하는 방식을 겸비하여 선형이 나쁜 구간에서도 곡선주행속도 향상을 극대화하는 것이다.

또한 틸팅차량의 다른 발전방향은 고속철도차량에의 틸팅기술의 접목이다. 이는 기존선과 고속선의 연계운행을 통해 열차 운영효율을 향상시키기 위함과 고속선 주행 시 승객이 느끼는 원심 가속도를 경감시켜 승차감을 향상하기 위한 목적이 있다. 고속선에서는 최고속도를 기존선에서는 곡선주행속도를 높여 궁극적으로 평균속도를 최대화하고자 하는 것으로 이미 실용화된 독일의 ICE-T와 현재 개발 중인 프랑스의 TGV-Pendular 차량이 그 예이다.

3. 고속철도기술

3.1 기술의 의의

고속철도의 정의는 시대적 시간가치와 사회적 여건에 따라 다소 차이가 있다. 예를 들면, 1950년대 초반까지는 철도 최고속도 약 160km/h를 기술적 한계로 알고 있었기 때문에 100km/h 이상이면 고속철도라 했는데, 1960년 이후 교통수단의 속도가 급격히 향상되어, 현재 차륜식 철도 최고속도가 350km/h 정도인 점을 감안하면 열차 최고속도 200km/h 이상으로 달리는 철도를 고속철도라 정의한다.

철도는 안전성이 뛰어나고 운행의 정확성이 기후의 영향에 좌우되는 비행기·선박보다 우수하다. 한편, 도시 내로의 접근성과 경유지의 선택 등이 편리하고, 통과지역의 관광에도 도움이 될 뿐만 아니라, 고속열차가 전기로 움직이므로 배기가스에 의한 대기오염이 없다. 이 같은 장점으로 사냥길을 걷고 있던 철도가 고속철도의 출현으로 다시 각광을 받고 있는 상황이다.

현재 일본·프랑스·독일 등이 고속철도를 개발·운영 중에 있으며, 경제력이 있는 선진 각국도 고속철도를 건설 중이거나 계획하고 있다. 고속철도는 신속·정확·안전한 운영을 위하여 기계·전기·전자·통신기술과 토목기술이 복합된 첨단기술의 집합체이다. 열차가 초고속도로 달리기 위해서는 선로가 평탄하고 직선화, 주행저항 감소, 자기진단장치, 열차자동제어기술 등의 첨단기술의 적용을 들 수 있다.

3.2 기술개발현황

프랑스에서는 2001년 6월에 개통된 지중해선에 이어 2003년에는 파리↔런던간의 영국측 고속철도 노선(CTR1)을 개통하여 파리·런던간 운행시간을 약 35분 단축하게 될 것이며, 차량은 진자시험차를 2003년에 6량편성으로 운영할 계획이다.

독일은 2001년 하노버 박람회에 최고속도 330km/h인 수송용 ICE3 차량을 도입하여 2003년에 개통 예정인 쾰른↔프랑크푸르트간 고속철도 노선에 본격적으로 투입될 예정이다.

스페인은 1992년 개통되어 차량 AVE로 운행되고 있는 마드리드↔세비야간(471km)의 고속철도노선 외에 제2의 고속철도노선인 마드리드↔바르셀로나간을 2002년과 2004년에 각각 2단계로 개통할 계획으로 650km거리를 300~350km/h 속도의 차량인 준동력집중식 차량 Talgo350과 독일 ICE의 고속차량 ICE350E가 선정되어 운행하게 되면 약 2시간 30분 소요될 전망이다.

국내의 경우 최근 경부고속철도 도입과 더불어 1996년 12월부터 프랑스의 선진고속철도 핵심기술과 유지·보수 및 운영기술을 보다 적극적으로 이전하고 발전시키기 위하여 고속전철기술개발사업을 추진하고 있다. 이 사업의 최종목표는 최고속도 350km/h의 한국형 고속전철 시스템을 개발하고 핵심기술을 확보하는 데에 있다.

대만은 台北↔高雄간의 760km를 300km/h로 운행할 예정으로 고속철도건설을 추진하고 있고 중국은 2001년부터 시작된 제10차 5개년 계획의 일환으로 북경↔상하이간의 1,300km 연장의 고속철도를 건설하여 최고속도를 350km/h로 운행하려고 계획하고 있다.

3.3 향후 방향

현재 진행 중인 고속전철기술개발사업이 종료되면 그동안 개발된 선로구축물, 신호, 차량 등의 각종 제품 및 소프트웨어의 실용화를 위한 기술의 안정화 단계가 반드시 필요하다. 또한 국내에서 최초로 개발된 시제차량의 활용을 위한 계획과 개발된 기술을 완성하기 위한 지속적인 노력이 필요하다 하겠다.

신간선의 개발 초기에는 300km/h가 차량한계로 생각되었으나 TGV 및 ICE의 시험결과 그 한계는 더 크다고 판명되었고, 최근에는 약 480km/h정도가 속도한계로 생각되고 있다. 과거에는 차량을 고속화하기 위한 연구가 주류를 이루었으나 1990년대를 정점으로 궤도 및 터널 등과 조화를 이루어 속도향상을 가능하게 하기 위하여 차량의 경량화 연구, 공력해석을 통한 차량형상의 최적화 및 틸팅대차의 개발 등이 주류를 이루고 있다. 또한 승객의 안락성과 편의성에 대한 요구가 증가함에 따라 차량의 성능뿐만 아니라 인간공학적 측면과 환경 친화적인 측면의 연구개발이 이루어지고 있다. 고속전철기술선진국에서의 기술개발의 방향은 다음과 같다.

- 틸팅시스템 등을 통한 승차감 향상 등으로 승객서비스 향상
- 공기 역학적 차체 외형설계 등을 통한 환경/실내소음 감소
- 핵심 전장/기계부품의 고효율화를 통한 경량화 등을 통한 차량의 경량화
- 고효율의 전력소자 활용 등을 통한 고효율의 추진시스템 개발
- 대차 성능향상 등을 통한 주행안정성 및 충돌안전도 향상
- 소재개발 및 열용량 증대 등을 통한 고성능제동시스템 개발

4. 승차감 평가 기술의 현황과 전망

4.1 기술의 의의

승차감이란 주행중인 차량에서 승객이 느끼는 쾌적함을 말하며, “좁은 의미의 승차감”과 “넓은 의미의 승차감”으로 나누어 생각할 수 있다. “좁은 의미의 승차감”은 차량의 주행에 따라 생기는 진동이나 가속도에 의한 승객의

감정을 평가하는 것이고 “넓은 의미의 승차감”은 진동, 소음, 온도, 습도, 조도, 개인 공간, 좌석의 질감, 천장의 높이, 전망, 통풍 등의 모든 요소들을 고려하여 평가하는 것이다.

4.2 기술개발 현황

철도분야에서 진동 승차감 평가에 많이 이용되고 있는 규격은 ISO 2631(1st ed, 1974)이다. 예를 들면, 미국, 일본, 대만 등에서는 기존 ISO 규격을 근거로 한 승차감 기준을 사용하고 있다. 국내의 경우에도 일본에서 적용중인 “승차감 레벨”과 거의 동일한 방법으로 정해진 승차감 기준이 사용되고 있으며 경부고속철도에도 기존 ISO규격에 바탕을 둔 승차감 기준을 도입했다.

기존 ISO규격은 1997년에 개정되어 측정·해석·평가방법에 대해 전반적인 수정 및 삭제가 이루어졌기 때문에 지금까지 사용되어 왔던 기존 ISO 규격과는 다른 내용의 규격으로 변경되었다. 따라서, 기존 ISO 규격을 진동평가의 기준으로 사용하던 곳에서는 크게 영향을 받을 것으로 예상된다.

선진국에서는 좁은 의미의 승차감에 대한 연구를 넘어 넓은 의미의 승차감이라 할 수 있는 쾌적성에 관한 연구가 향후 중심이 될 것으로 보인다. 쾌적성이라는 개념은 여러 가지로 정의되어 있으나 대부분은 “고통 고뇌가 없는 상태”, “기분이 좋아 만족하고 있는 상태”, “심신에 잘 맞아 기분이 좋은 상태” 등으로 표현되어 있다. 열차 쾌적성은 차내 진동, 소음, 온도, 습도, 조명 등의 물리량뿐만 아니라 차량 외관, 실내 디자인, 차창 풍경, 승무원接客 태도 등의 요인에 영향을 받기 때문에 한마디로 정의하기는 곤란하다.

4.3 향후 방향

현재까지 쾌적성에 관한 많은 연구를 통하여 진동, 소음, 압력변동 등의 물리량에 관하여는 허용치를 나타내는 몇몇 가이드라인이 있으나 종합적인 객실내 쾌적성 평가지표는 확립되어 있지 않은 상태이다. 쾌적성의 연구에는 인간공학적 접근이 매우 유용한 도구로 사용되고 있다. 쾌적성에 관한 인간

공학적 연구에 있어서는 사람이 쾌적하다고 느끼는 여부를 어떻게 측정하는지가 하나의 과제이다. 이것을 평가 지표의 측면에서 보면 심리학적(주관적) 평가법과 생리적 평가법의 2가지로 나누어 연구되고 있다.

심리학적 평가법은 설문등 의견수렴을 통하여 승객이 자신의 감각을 대답하는 것이다. 시행이 비교적 용이하고 결과도 통계적으로 분석하기 쉬워 많이 이용되고 있다. 그러나, 조사자가 설정한 항목에 대하여 대답하는 방식이므로, 조사자가 생각 못한 요인이 결과에 영향을 끼칠 가능성에 대하여 충분히 배려할 필요가 있다. 이러한 영향을 배제하는 방법은 자기 기술식 설문을 이용하는 것이지만 데이터의 정리 및 정량적 분석에 어려움이 있다.

생리적 평가의 경우에는 심장박동, 호흡, 뇌파, 근전도 등의 생리지표에 기초하여 쾌적성을 평가하는 것인데 과거 다수 있었으나 아직 유효한 지표는 나오지 않았다. 이는 열차 내에서와 같은 극히 일상적인 환경에서는 자율신경계의 반응에 변화가 생기기 어렵다는 점과 개인간의 변화가 매우 크다는 점 때문이다. 최근에는 컴퓨터 성능의 향상에 따른 측정 및 해석 기술 개발로 심장 박동 변동성의 개념을 이용하여 쾌적성을 평가할 수 있는 가능성이 검증되고 있다. 따라서 생리 현상을 이용한 쾌적성 연구가 다시 활발하게 이루어 질 것으로 예상된다.

열차 여행 시 이용객들이 느끼는 쾌적성 관련 인자는 크게 차내 요인, 차외 요인, 기타 요인 등으로 나뉘며 그 종류도 매우 다양하다. 또한, 같은 요소라도 남녀 성별, 여행 목적, 연령 등에 따라 쾌적 지수가 다르게 나타나므로 여기서 일정한 범칙을 찾아내기는 용이하지 않아 연구의 어려움이 있다. 차내 요인 중 차량과 관련된 주요 연구로는 주로, 진동, 소음, 공조(HVAC), 착석감, 의자크기, 의자간격, 청결도, 실내 디자인, 차량 외관, 조망을 들 수 있으며 이들 연구는 크게 물리적 요소, 좌석 요소 및 시각적 요소로 나눌 수 있다.

UIC는 그 동안의 연구성과를 토대로 한 “ISO 2631-1 규격의 철도 적용”을 위한 새로운 규격을 제정하고 있는 중이다. 이러한 유럽의 동향은 향후 철도의 승차감 평가에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다.

5. 철도안전·방재기술

5.1 기술의 의의

철도안전·방재기술이란 철도재해를 사전에 예방하며, 열차의 고속화·고밀도화에 따른 안전운행을 확보하기 위해 철도 안전방재 요소 및 핵심기술을 개발하고, 이를 바탕으로 한 안전방재 네트워크를 구축함으로써 21세기 철도의 절대안전, 무사고, 무재해를 추구하고자 하는 최첨단 철도안전 기술을 말한다. Rail-Safe 기술의 핵심분야는 다음과 같다.

- 철도시스템 안전위험평가 및 사고대응시스템 구축
- 철도시스템 안전을 위한 철도종합 안전확보 기술 연구
- 철도안전·방재 정보인프라 구축 및 네트워크 연계기술 개발

5.2 기술개발 현황

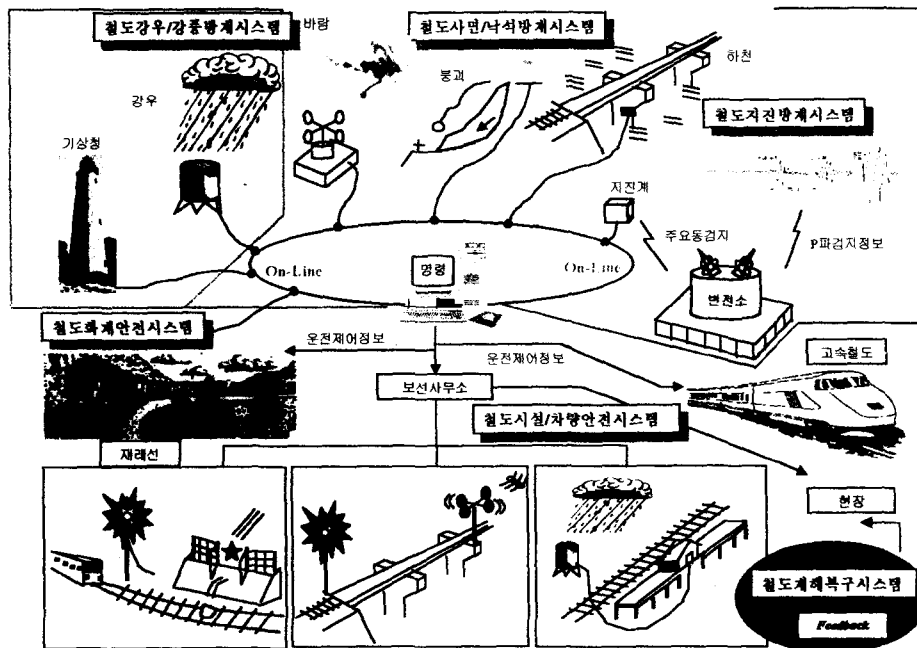
기술개발현황을 살펴보면 일본의 RTRI는 컴퓨터 네트워크 기술을 활용한 통합안전관리시스템을 구축하여 철도사고, 안전 관계 정보의 일원화된 관리와 평가, 분석기능에 의한 각종 통계처리 및 시스템 위험도 분석을 실시 중에 있으며 철도 종합방재시스템으로 철도구조 및 기상정보 시스템, 지진 조기검지·경보시스템, 재해예측·복구지원 시스템, 터널검사·진단 전문가 시스템, 안전·방재 정보수집 시스템을 운용 중이다. 미국의 Volpe 센터는 철도차량 충돌안전성 해석, 기관사 스트레스 분석, 안전업무 종사자의 업무적성 및 피로감 평가 등 인적오류 방지·개선 연구 및 안전기술개발에 주력 중이다.

이에 비해 국내의 경우 안전확보를 위한 기술개발이 체계적으로 추진되지 못하고 부분적으로 단기적으로 추진되어 기술 축적이 되어 있지 못한 실정 이지만 철도청은 통합시설 관리시스템 마스터플랜을 수립하여 시설관련 정보 및 각종 통계자료의 공유, 관련 시스템의 연계 및 통합 시설관리를 추진 하고 있으며, 한국철도기술연구원에서는 최근 강우 및 낙석 방재에 대한 기초기술을 축적하고, 강우경보, 선로연변 사면관리, 상시계측관련 기술을 개발

중에 있다.

5.3 향후 방향

현재 수송산업의 근간을 이루는 철도산업은 최근 국가와 국가, 대륙과 대륙이 연결되는 철도네트워크의 글로벌화가 진행 중이고, 조만간 300km/h 이상의 고속열차가 운행되는 등 기존의 물류 및 여객 수송에 있어 혁신적인 변화가 예상되는데도 이런 고속화, 대량 수송화 추세에도 불구하고 철도재해에 대한 체계적인 안전대책은 마련되어 있지 못하여 국가적인 차원에서 체계적인 연구 및 지원을 통한 대책마련이 절실히 요구되는 실정이다. 특히, 고속철도 운행에 대비하여 철도방재의 중요성에 대한 획기적인 인식전환이 요구되며, 향후 21세기의 철도 안전·방재는 절대 안전, 무재해, 무사고를 원칙으로 한 안전·방재기술개발에 역점을 두어야 할 것이다. 또한 근래 세계적인 기후의 이상 변동으로 지진, 호우 등 천재지변이 다발하고 있는 경향을 보이고 있으므로 이러한 재해에 대해 철도시설의 각종 재해를 사전에 예방할 수 있는 시스템화된 차세대 운영체계의 구축이 절실히 요구되고 있는 시점이다.



따라서 한국철도기술연구원에서는 안전·방재기술개발을 위해 철도시설물

의 자연재해 및 인위재해 방재기술 개발 과제를 도출하고 각 단계별 기술개발을 효과적으로 추진하기 위한 각종 전략을 수립하고 있다. 본 연구가 성공적으로 수행될 경우 철도방재는 현재의 방재개념을 한 차원 높은 완전 자동화된 예·검지 기술 그리고 재해에 대한 복구지원을 시스템 내부에서 지능적으로 판단, 그 대안 및 처리방안을 제시하는 지능형 방재기술이 확보됨으로써 각종 인위 및 자연재해에 대해 국내 철도시설물을 안전하게 보전하고, 이에 따른 국제경쟁력을 강화하여 재해사고 예방기술에 대한 일대 혁신을 가져올 것이다.

안전·방재기술은 기상청 자료와 철도청 자체 우량정보시스템을 이용하여 강우·강풍시 열차 안전확보를 위한 철도강우·강풍방재시스템, 철도 영업선에서 발생하는 토공사면 붕괴 및 낙석피해를 최소화하기 위한 철도사면/낙석방재시스템, 최근 지진발생의 안전지대라고 하는 국내에 다발하고 있는 지진에 대한 피해 경감을 목적으로 한 철도지진방재시스템, 철도차량 및 터널화재로부터 승객과 차량의 안전을 확보하기 위한 철도화재안전시스템, 철도시설 및 차량의 안전을 위한 철도시설/차량안전시스템, 재해발생 시 원활한 현장지원과 복구가 가능하도록 하는 철도재해복구시스템 등으로 구성되어 기존 철도 및 고속철도의 무재해, 무사고의 절대 안전을 담당하게 될 것이다.

6. 철도환경기술

6.1 기술의 의의

철도환경기술은 교통량의 증가로 인한 지구환경의 파괴를 사전에 억제하여 인간 및 생태계의 보전을 유지하고 부존자원의 절약화를 통해서 21세기의 지속적인 발전을 위한 교통수단으로서 거듭나기 위한 철도의 종합적인 환경기술개발을 말한다. 주요 핵심 기술들을 요약하면 다음과 같다.

- 화학물질의 분석 및 제거
- 수명주기평가(Life Cycle Assessment)
- 재활용 기술
- 환경친화적인 재료의 개발(Eco-Material)
- 에너지 절약

- 소음 및 진동 대책
- 환경관리 시스템(EMS)

6.2 기술개발현황

철도기술의 발전이 가져다준 편리함의 이면에 자리한 환경오염의 문제점에 대해 살펴보면, 지금까지 환경기술은 다른 첨단기술들이 가져온 부산물적 폐해를 복구하는 방어적 개념으로 이해되어 온 것이 사실이다. 그러나 최근 환경오염으로 인한 전 지구적 피해의 심각성은 앞으로 환경산업이 산업기술 전체의 방향을 좌우하게 될 새로운 고부가가치형 첨단기술이 될 것이라는 예상을 어렵지 않게 한다. 철도에 있어서도 환경기술을 선도하는 나라가 미래의 기술 선진국이 될 것이며, 환경친화적인 철도기술의 발전을 위하여 보다 적극적인 기술개발 및 투자가 필요하다.

작년 기준하여, 철도청의 환경관련 예산은 총 세출 대비 약 0.39%인 196억 원이며, 투자사업비 대비해서는 0.76% 수준이었으나, 대부분 환경복구에 사용되었으며 더욱이 이런 예산집행이 비용부담으로 생각되는 경향이 많다. 국내 철도에서의 환경문제는 오염처리 수준에 머물러 있었으나 철도수요의 증가에 따라 환경문제가 조금씩 관심을 모으기 시작하면서 보다 적극적인 투자개발이 예상된다.

6.3 향후 방향

철도를 운행함으로써 발생하는 환경오염을 근원적으로 억제하지 않고는 21세기의 진정한 교통수단으로 자리매김을 하는데 많은 무리가 따르게 된다. 매연의 주범인 자동차도 이미 하이브리드 또는 연료전지 시스템을 채용하거나, 차체의 초경량화, 재활용 소재의 적용들을 통하여 점차 강화되고있는 환경규제 및 에너지 문제를 해결해 나가고 있다.

21세기의 새로운 지표인 '지속 가능한 개발'을 만족시킬 수 있는 대중교통수단이 되기 위해서 철도분야는 종합적인 기술의 통합발전을 통하여 환경친화적인 Eco-Rail을 구축하여야 한다.

향후, 한국철도가 국제 생존경쟁 속에서도 발전하기 위해서는 현재와는 다른 변화가 있어야 한다. 철도환경기술을 경영에 도입하여 철도개발에 있어서 환경문제를 고려한 정책결정을 하여야 한다. 환경에 관련된 문제들은 어느 한 분야에서 처리하기보다는 철도 전반에 걸쳐서 근본적인 문제부터 해결해 나가는 자세가 필요하다. 이를 위해서 환경문제는 최고경영층과의 신속한 의사교환 및 결정 단계가 준비되어야 하며, 전 사업부문에 걸쳐 환경을 고려한 경영시스템을 구축하는데 노력을 하여야 한다.

또한 철도 전 부문에 걸쳐서 환경문제의 법적, 제도적 규제를 강화하여 이제부터라도 환경에 대한 경각심을 갖고 인식을 달리 하여야 한다. 더 이상 환경문제는 비용부담이 아니며 기술개발의 장애물이 아니다. 기술개발은 환경기술과 접목되어서 발전되어 나가야하며 철도의 설계단계부터 폐기단계에 걸쳐 환경기술이 별개의 기술로 분류되지 말아야 하겠다. 철도가 21세기에 지속적으론 발전하고 환경적으로도 우수한 교통수단으로 자리매김을 하기 위해선, 단순히 철도환경기술이 아니라 환경보존을 고려한 철도기술의 종합적인 개발이 이루어져야 한다.

7. 철도 정보화기술

7.1 기술의 의의

한국철도의 정보화에 대한 주요 흐름은 앞에서 언급한 일반 IT 산업의 흐름을 철도내부로 흡수하면서, 과거에 정보화에 미비했던 주요 시스템들을 보강하는 형태로 이루어지고 있다. 한국철도의 사업형태는 다른 산업형태와 달리 대규모 네트워크의 고정자산을 기반으로 한 서비스 제공의 성격을 띠고 있으므로, 정보화의 형태도 이에 적합한 성격으로 해석되어 받아들여지고 있다.

이와 같은 상황에서 한국철도 정보화를 정의하는 키워드는 ‘지능화·최적화’가 적합하다. 이것은 계획·운영·유행 등의 모든 부분에서 지능화되고, 최적화되는 업무절차를 의미한다.

7.2 기술개발 현황

철도기술의 발전이 가져다준 편리함의 이면에 자리한 환경오염의 문제점에 대해 살펴보면, 지금까지 환경기술은 다른 첨단기술들이 가져온 부산물적 폐해를 복구하는 방어적 개념으로 이해되어 온 것이 사실이다. 그러나 최근 환경오염으로 인한 전 지구적 피해의 심각성은 앞으로 환경산업이 산업기술 전체의 방향을 좌우하게 될 새로운 고부가가치형 첨단기술이 될 것이라는 예상을 어렵지 않게 한다. 철도에 있어서도 환경기술을 선도하는 나라가 미래의 기술 선진국이 될 것이며, 환경친화적인 철도기술의 발전을 위하여 보다 적극적인 기술개발 및 투자가 필요하다.

작년 기준하여, 철도청의 환경관련 예산은 총 세출 대비 약 0.39%인 196억 원이며, 투자사업비 대비해서는 0.76% 수준이었으나, 대부분 환경복구에 사용되었으며 더욱이 이런 예산집행이 비용부담으로 생각되는 경향이 많다. 국내 철도에서의 환경문제는 오염처리 수준에 머물러 있었으나 철도수요의 증가에 따라 환경문제가 조금씩 관심을 모으기 시작하면서 보다 적극적인 투자개발이 예상된다.

7.3 향후 방향

한국철도가 CORTIS와 KROIS 등을 이용하여 나름대로의 정보화 물결에 편승했으나, 바깥 세상의 전자·정보통신기술의 발전은 이와 같은 흐름보다 훨씬 빠르고 광범위했으며, 가히 차세대 3대 신기술 중의 한자리를 차지할만 했다. 이와 같은 상황에 의해, 지난 90년대 후반 한국철도의 정보화는 다른 분야에 비해 뒤쳐지게 되었다.

그러나 한국철도 정보화에서 제3의 도약은 경부고속철도의 건설과 함께 시작되었다. 경부고속철도의 건설은 한국철도의 모든 분야에서 르네상스를 이루었으며, 그 효과는 정보화에서도 분명하게 드러났다. 그 동안 한국철도의 정보화를 대변해오던 CORTIS와 KROIS가 경부고속철도의 도입효과를 극대화하기 위해 새로 개발되는 경부고속철도 통합정보 시스템에 그 역할이 이전될 계획이다. 경부고속철도 통합정보 시스템은 현재 1,100억 이르는 예산을 바탕으로 2000년 말부터 사업에 착수하여 개발 중이다. 철도청의 이러한

노력과 병행하여 고속철 공단에서는 고속철도 역무용 통신설비의 구축과 아울러 그동안 개별적으로 도입되어온 모든 시스템의 통합 인터페이스를 위해 KTX OIS를 개발중이다. 이러한 시스템들은 한국철도 정보화의 제3의 도약을 이루기에 충분하며, 각 시스템들의 심장부에는 '지능화·최적화'가 분명하게 자리잡고 있다.

현대 사회가 고도로 정보화 되어감에 따라 철도가 제공하는 고객서비스 역시 인터넷 및 사이버 공간을 통해서 제공되어야 하며, 이것은 단순히 홈페이지에서 승차권을 예약·취소하는 현재의 수준을 훨씬 뛰어넘는 것이어야 한다. 정보화를 통한 철도의 고객서비스는 머지 않아 전개될 디지털 양방향 TV, 급진적으로 발전하는 영상 이동전화(mobile phone) 등의 하드웨어 및 주문형 서비스의 개념과 연동되어야 한다. 따라서 철도의 예약 및 여행정보에 관한 서버는 각 개인별 고객과 일대일 통신으로 서비스를 제공해야 한다.

지금까지 한국철도에서 정보화의 주된 방향인 '지능화·최적화'와 '고객서비스'에 대해 이야기하였다. 향후 한국철도의 모습은 국내의 모든 노선이 전철화 되어, 전국 각 지역에 열차만 타면 도착할 수 있게될 것이다. 뿐만 아니라 국내의 여객 및 화물은 TKR과 (TSR, TCR)을 통해 유럽에 도착할 수 있게 되고, 장래 이 네트워크는 해저 터널을 통하여 일본에까지 연결될 것이다. 이러한 상황은 한국철도가 동북아 물류처리의 허브 역할을 수행하는 것이 된다.

한국철도가 동북아 물류처리의 허브 역할을 수행하는 상황에서 정보시스템의 또 한가지 모습은 연계(interaction) 및 통합(integration)이다. 한국의 여객 및 화물은 한국의 열차 또는 북한·중국·러시아의 열차를 통해 유럽으로 수송될 수 있다. 일본의 열차 역시 한국의 네트워크를 통과하여 유럽에 도착할 수 있다¹⁾.

한국철도의 정보시스템은 이러한 모든 상황에 대해 효율적으로 대응할 수 있어야 한다. 그렇게 하기 위해 한국철도의 정보시스템은 북한·중국·러시아 및 일본의 정보시스템과 아무런 문제점이 없이 데이터를 주고받을 수 있

1) 물론 한국과 러시아의 표준 궤간이 다르지만, 물류 수송에 있어는 부차적인 문제이다. 한국이나 일본은 러시아의 차량 일부를 구입하여, 러시아 내에서 위탁관리 형태로 운영할 수 있다.

어야 한다. 현재 세계 각국의 항공사들은 소수의 Global Distribution System(GDS)에 가입하여 각사의 좌석판매를 연계한다. 이것은 한국·북한·중국·러시아·일본 철도의 정보시스템의 연계 및 통합에 대한 모형을 제시한다.

한국철도의 정보시스템이 이러한 국제적인 정보시스템들과의 연계 및 통합을 위해 갖추어야 할 내부적인 조건은 여전히 시스템의 '지능화·최적화'와 '고객서비스'이다. 이것은 각국 시스템들간의 개념(Concept)과 체계(Framework)에 있어서의 경쟁이며, 각국의 시스템들은 가장 지능적이고, 최적화된 시스템을 중심으로 연계·통합될 것이다.

8. 철도 신호기술

8.1 기술의 의의

철도시스템에서 신호설비의 역할은 운행중인 열차에 대하여 전방 운행여부의 조건을 제시하여 주는 것으로서 선로의 효율을 향상시키고, 열차의 안전을 확보하며 운행열차를 방호하는 것이 그 목적이다.

여기에는 신호장치, 선로전환장치, 궤도회로장치, 연동장치, 폐색장치, 건널목보안장치, 기타 안전설비 및 이에 부수하는 모든 신호보안 시설이 포함되며 근래에는 전자공학과 컴퓨터산업의 눈부신 발전에 따라 자동화된 C3I 개념으로 발전하고 있다. 다시말하면, Computer, Communication, Control, Information 등 IT와 접목되어 철도의 수송력증가, 안전도 확보, 경영합리화와 서비스 향상에 크게 기여하고 있다.

8.2 기술개발현황

신호보안설비는 1825년 영국에서 기마수가 적색신호기를 가지고 열차보다 먼저 출발하여 전방 진로의 이상유무를 기관사에게 통보한 것을 시초로 하여, 기계식, 전기식, 전자식 제어로직 등으로 신호제어 논리의 변천과정을 거치면서, 오늘날과 같은 컴퓨터제어기술을 이용한 신호보안설비가 개발되어 사용되고 있다.

우리나라 철도 신호설비는 1899년 우리나라 최초로 경인선 철도가 개통될 당시 통표폐색신호장치를 설치하면서부터 철도신호의 역사가 시작된 이래 1968년 중앙선 망우~봉양간 단선철도에 CTC 장치를 설치하면서부터 신호보안장치가 열차의 운행속도를 향상시키고 운전시격을 단축하여 선로이용율을 증대시키는 데 필수적인 설비라는 것으로 인식하기 시작했다. 1969년 천안역에서 제102열차와 제10열차가 운행하다가 충돌하는 대형 열차사고가 발생했는데, 이에 대한 안전대책으로서 자동열차정지장치를 최초로 설치하였으며 현재는 3·5 현시방식의 ATS를 사용하고 있다.

8.3 향후 방향

우리가 현재 사용하고 있는 신호설비의 제어로직은 1970년대의 기술을 근간으로 구현된 것이며, 하드웨어적으로 안전장치를 구현하여 사용 중에 있습니다. 기존 간선에서 고속 운전을 지향하고 있는 우리의 현실을 감안하여 고속 운행에서도 지상의 안개 등과 같은 기상 조건의 조건과 관계없이 항시 안전운전을 할 수 있는 차상신호방식의 도입이 필요하다. 그리고 마이크로 컴퓨터화에 따른 안전성 기술은 종래의 계전기과 전자소자를 이용한 Fail-safe 기술로는 안전을 확보할 수 없으므로 주로 이중화구성, 고장진단과 이상상태 검출시 출력의 안전측 고정에 의해 안전성을 확보하고 있다. 이런 개념을 기초로한 하드웨어와 소프트웨어의 안전성과 신뢰성에 향상기법에 관한 연구가 진행되어야 하는 것이며, 우리의 경우는 아직 시작단계에 있다고 볼 수 있다.

미국은 IEEE를 통해 CBTC (Communication Based Train Control) 시스템 및 하부시스템의 표준화를 추진하여 뉴욕 지하철 20Km 구간에 신개념의 CBTC를 도입하여 시험운행 중입니다. 일본 철도종합기술연구소(RTRI)는 무선통신 기술을 이용한 지능형 열차제어시스템 CARAT(Computer And Radio Aided Train control system)를 '95년에 개발하여 JR 동일본의 영업선로에 설치 실용화 중에 있습니다. 이처럼 무선을 이용한 신호시스템은 각 국에서 활발히 개발되고 있으며, 이러한 추세에 견주어 비록 무선에 의한 시스템의 구성이 어려울지라도 이에 대한 연구는 미래의 열차제어시스템을 수용

하기 위한 수단으로써 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

9. 철도물류기술

9.1 기술의 의의

우리나라 철도는 1980년대까지만 하더라도 국내화물의 주요 수송수단으로서 자리매김 해왔다. 그러나 화물시장이 소량, 다품종, 다빈도 수송패턴으로 변화하는데 대한 대응 미흡과 철도에 대한 투자부족 등으로 철도수송의 경쟁력을 상실하게 되었다. 수송량을 기준으로 볼 때 철도의 분담율은 1985년에 23.2%에서 2000년에는 6.7%로 하락하였다.

우리나라의 물류비가 GDP의 17%를 육박하고 있는 현실에서 물류비 절감을 위해서는 물류비의 68%를 점하고 있는 수송비의 절감이 매우 중요하며 이를 위해 철도로의 수송수단 전환이 매우 시급한 과제라 할 수 있다.

물류비 절감을 위해서는 일관수송체계의 확립이 매우 중요한데 현재 우리 철도에서는 일관수송체계가 확립되어 있지 못한 형편이다. 철도수송의 일관수송체계의 구축을 저해하는 요인 중 하나는 철도운송이 문전에서 문전까지의 운송, 즉 자체운송완결력이 부족하다는 점이다. 이와 더불어 철도수송의 경쟁력을 높이기 위해서 신운송수단의 도입도 적극적으로 고려할 필요가 있다.

9.2 개발현황 및 향후 방향

21세기화물수송의 세계적인 경향은 도로건설의 한계 및 체증, 연료소비에 따른 환경문제 등으로 철도 중심의 화물수송 체계 구축에 목표를 두고, 외국의 경우 피기백(Piggyback), 바이모달(Bi-modal)시스템, 스왑바디(Swapbody), 2단적열차(DST) 등의 새로운 화물 수송방식을 개발하여 활용하고 있다.

Piggyback시스템은 현재 운행중인 국내 평판화차(상면높이:1,065mm)에 그대로 컨테이너를 실은 트레일러를 적재하면 차량한계가 초과(695mm)되어 운행이 불가능하다. 그러므로 시스템에 적합한 평판화차의 개발이 필요하다.

Bi-modal은 현 국내 여건상 단거리에서는 운용이 불합리하여 앞으로 TCR, TSR 등과 연결되어 대륙횡단시 활용방안을 검토하는 것이 바람직하며, 중간대차형 Bi-modal은 국내 제작기술은 충분하다고 판단되나 중간대차를 활용시 국유철도건설규칙 해설 제62조에 종전 1,2급선 축중을 22톤 이하로 제한하고 있어 적재하중을 28톤 이내로 제한하여야 한다는 문제가 있다.

Swapbody도 현재로서는 철도수송수요가 회복하다고 할 수 있으나 각종화물이 파렛트화에 따라 Swapbody운송이 필요할 것으로 판단되므로 앞으로 Swapbody의 표준화 및 이의 활용방안이 검토되어야 할 시기라고 판단된다.

Double Stack Train은 차량한계에 1,876mm 초과되어 건축한계까지 지장을 받으므로 차량개량은 불가능하고 터널 및 선로개량도 불가능한 실정이며 앞으로 주요간선이 전철화 예정으로 전철구간은 전차선 표준높이가 5.2m로 DST수송이 불가능하다. 따라서 새로운 노선설계시 이를 반영한다면 운송도 가능하다고 하겠다.

이러한 신물류운송방식의 개선을 위해서는 화물운송방식의 개선과 파렛트 등의 표준화가 함께 추진되어야 할 것이다. 즉 복합거점 연계수송체계를 위한 거점역 설정과 연계수송수단과 신물류운송방식의 호환성 제고, 상하역 자동화 시설 구축 계획, 철도물류의 신운송방식 도입을 위한 법·제도 보완 등이 뒤따라야 할 것이다.

철도물류의 일관수송체계 확립방안으로는 T-11형 표준파렛트의 활용확대 방안과 타 교통수단과 철도의 연계수송체계 구축방안 및 국가 물류정보망과 철도물류의 연계방안이 있다.

연계수송체계를 구축하기 위해 철도는 경부고속전철의 건설에 따른 기존노선의 활용, 노선의 증설, 거점역의 확충 및 정비, 열차의 장대화 등을 추진하여 수송력을 증강시켜야 하고, 철도와 자동차의 유기적인 결합을 확보하는 근대적 터미널 설비를 추진함과 동시에 협동일관운송의 중요한 일익을 담당하는 집배송사업의 기능을 강화하여 철도운송의 신장을 기대할 수 있을 것이다.

한편, 철도, 도로, 항만, 해운 등의 정보가 종합된 국가차원의 통합물류센터를 구축해야 한다. 이 물류센터는 바코드시스템을 도입하여 입하관리, 로케

이선 관리, 철도물류센터 관리, 철도물류시스템간 재고관리, 물류센터내 출하 검품, 출하전표 정보의 활용, 자동인식-EDI연계를 통해 종래 물류와 비교할 수 없는 철송 속도와 정확성, 효율성을 증대시킬 수 있으며, 나아가 국가물류정보망과 연계한다면 철도의 일관수송체계 구축은 물론 적시재고(Just-In-Time)를 통해 물류비의 획기적 절감이 예상된다.

10. 결 언

이상과 같이 미래의 철도기술이라고 할 수 있는 항목들을 한국철도기술연구원에서 수행 중인 기술개발사업을 중심으로 시스템적인 차원에서 발굴해 보았다. 물론 이외에도 많은 항목들이 있을 수 있다. 특히 철도재료, 청정에너지, 인간-기계인터페이스, 위험도의 정량적인 분석, 퍼지로지식 인공지능망과 전문가시스템, 운영예측 시뮬레이션, 고급센서기술, 스마트 구조물 등은 1997년도 Railway Gazette에서 추천한 10대 미래철도기술인데 이 중에서 상당수의 항목들이 앞에서 언급한 부분에 포함되어 있다고 볼 수 있지만 스마트 구조물, 스마트차량 등에서 보듯이 스마트라는 새로운 개념이 철도에 본격적으로 도입이 되고 있는 실정이다.

구조물에 손상이 발생할 경우 이를 자가치료하거나 과도하게 걸린 하중을 다른 건강부재에 재분배할 수 있는 능력을 보유할 경우 그리고 구조물의 설계·제작 당시부터 제반성능을 감시할 수 있을 뿐만 아니라 재난이 발생하기 전에 이를 예보할 수 있는 장치가 마련돼 있을 경우 수많은 인명을 앗아가는 대형 사고를 미연에 방지할 수 있는데 이러한 구조물을 스마트구조물이라 한다.

좀 더 세심하게 주위를 관찰하면 이런 종류의 기술들이 계속 발굴될 수 있을 것이다. 그러나, 중요한 것은 어떤 기술을 먼저 개발할 것인지를 결정하기 위해서는 이를 결정할 수 있는 가이드라인을 합리적으로 설정하는 것이다. 이를 위해서는 원천기술, 선도기술, 핵심기술, 첨단기술 등 제반 기술의 종류에 대한 개념을 분명히 해야 할 필요가 있다. 왜냐하면, 그러한 개념에는 이미 기술의 중요성 및 시급성이 포함되어 있기 때문이다. 그런 다음 현

재 국내 산업경쟁력과 기술개발 환경 등을 종합적으로 검토하여 철도에 맞는 개발우선 순위 선정을 위한 기준을 만들고 준비된 철도기술 tree에서의 각각의 항목에 대하여 이를 적용함으로써 그 우선 순위를 결정할 수 있을 것이다. 앞에서 선정한 기술들은 이미 이러한 절차를 어느 정도 거쳤다고 할 수 있다.