

철도정책 및 운영분야 기술동향 분석

Technical trend analysis of railway policy and railway operation

김영훈†
Kim, Young-Hoon

ABSTRACT

Because of global warming, the new environment energy policy was already announced. The role of Green-railways is increasing in the field of railway. The government announced a policy direction of science & technology basic plan. The field of railway transportation proposed various railway transportation policy and plans.

In this paper, I presented technical trend analysis for railway policy and railway operation field. Technical trend analysis at home and overseas are classified into railway industry technology, railway transportation system technology, railway operation efficiency technology, railway logistics technology.

1. 서론

지구 온난화로 인해 친환경 에너지 정책이 의무화되고 신에너지·친환경 기술이 핵심기술로 부상됨에 따라 녹색철도의 역할이 점차 강화되고 있다. 국외에서도 도로교통 정책을 철도로 수단전환을 적극적으로 추진중에 있으며 우리나라 정부에서도 과학기술 기본계획 등의 주요 정책방향을 제시하고 있고 철도교통 분야에서도 이러한 정책들을 반영하여 여러 가지 계획들을 제시하고 있다.

본 논문에서는 철도교통 정책과 운영 분야에 대해서 기술 환경 분석하였다. 특히, 철도산업기술, 수송체계 구축기술, 운영효율화 기술, 물류시스템 구축기술에 대하여 국내·외 기술 환경 분석을 하였다. 철도산업 기술 분야는 철도투자 파급효과 분석 기술을 통해 철도산업의 효율적 구조 전환 방법과 현황을 조사하였으며 수송체계구축 분야는 철도투자 파급효과 분석 기술을 운영효율화 기술에서는 철도연계노선 및 스케줄 최적화 기술을 검토 수행하였으며, 물류시스템구축 기술은 철도물류터미널 구축기술 개발에 대하여 기술현황을 분석하였다.

2. 주요 철도계획 분석

최상위 국가계획인 과학기술 기본계획에서는 국가과학기술 비전 및 정책방향을 국가전략과학기술 개발을 위해 미래성장동력 확충과 삶의 질 향상을 위한 중점과학기술 개발, 과학기술기반 강화, 과학기술 혁신 시스템 선진화 및 국민과 함께하는 과학기술을 지향하고 있다. 철도의 경우 차세대 고속열차 기술, 첨단도시형 철도시스템 기술이 중점 전략기술에 포함되어 있다.

철도투자를 효율적이고 체계적으로 수행하기 위한 중장기(10년 단위) 계획인 국가철도망 구축계획은 철도경쟁력 강화를 위한 고속화 간선철도망 확충을 위해 운행속도 180km/h~200km/h 이상으로 속도 경쟁력을 강화하고 주요 철도역 30분 이내 접근이 가능하도록 접근성을 개선하려고 한다. 특히 남북 6

† 김영훈 : 정회원, 한국철도기술연구원, 철도교통-물류연구실, 선임연구원
E-mail : yhkim@krti.re.kr
TEL : (031)460-5485 FAX : (031)460-5499

개축 및 동서 6개축은 고속철도와 연계하여 고속화(최고속도 180km/h~200km/h 이상)된 간선철도망을 구성하려고 계획하고 있다. 표1은 남북6개축과 동서6개축의 간선철도망 구성을 보여주고 있다.

표 1 남북 6개축 및 동서 6개축의 간선철도망 구성

남북 6개축	동서 6개축
<ul style="list-style-type: none"> ▪호남축 : 서울~천안~익산~목포 ▪서해·전라축 : 인천~예산~익산~여수 ▪경부축 : 서울~대전~대구~부산 ▪중부내륙축 : 수서~여주~충주~진주 ▪중앙축 : 청량리~제천~경주 ▪동해축 : 저진~강릉~포항~부산 	<ul style="list-style-type: none"> ▪동서1축 : 서울~춘천~인제~속초 ▪동서2축 : 평택~여주~원주~강릉 ▪동서3축 : 보령~조치원~제천~동해 ▪동서4축 : 익산~무주~김천~영덕 ▪동서5축 : 광주~남원~대구~포항 ▪남해축 : 목포~순천~진주~부산

출처: 국가기간교통망계획(2006~2015), 2007.11, 국토해양부(구. 건설교통부)

열차종별 사업계획은 고속철도, 일반철도와 광역철도로 구분하여 전반기('06~10)와 후반기('11~'15)로 구분하고 있다. 고속철도는 경부고속철도 2단계 사업인 동대구-부산의 사업완료가 2010년 11월 개통예정이며 호남고속철도 오송-광주송정 182.3km 구간을 1단계사업으로 2014년까지 완공예정이다. 일반철도의 경우 전철화와 복선전철화 사업이 주된 사업내용이며 광역철도의 경우도 대부분의 사업이 복선전철화의 계획을 가지고 있다.

건설교통 R&D 중장기 계획(2008~2012)에서는 철도기술 4대 강국 실현을 목표로 건설과 교통 부문에 주요 추진방향을 설정하였고 철도분야에서는 세계일류 수준의 철도기술력 확보를 통한 철도산업의 경쟁력 제고를 위해 미래철도기술개발 사업을 추진하고 있다. 이 사업에서는 400km/h급 차세대 동력 분산식 고속철도 기술개발사업, 기존선 속도향상 기술개발을 위한 200km/h급 텅팅열차 신뢰성 및 운영기술 확보 연구를 진행하고 있으며 에너지 절감 및 대체에너지 기술을 철도 차량 및 시설에 접목하여 친환경 에너지 절약형 철도시스템 구축을 하고 있다.

3. 정책·운영 분야 기술동향

3-1. 철도산업 분야

철도산업경제 분석기술은 철도산업의 경제에 미치는 파급효과를 측정하는 기술로서 철도에 적용되는 기초적인 파급효과 모형연구가 이루어지고 있다. 국내에서는 KDI에서 개발한 다부문모형 개발이 이루어져 있으나 철도산업에 대한 가용자료 부족으로 철도 파급효과를 계량적으로 측정하기는 곤란한 상황이다. 따라서 한국철도기술연구원에서는 철도산업 경제분석을 위한 다부문모형 개발의 기초연구를 진행한바 있으며 이 연구를 통해 철도산업 파급효과 측정모형을 구축할 수 있는 수준이다.

국외의 경우 철도산업의 국민경제적 파급효과분석을 위해 비용함수, 수요함수, 사용자 및 비사용자 잉여분석 등에 의해 객관적, 차별적 분석모형 개발과 적용이 이루어지고 있다. 예를들면, 독일의 FIND(The Forecasting Interindustrial Development) 모형은 51개 산업부문을 포함하고 미국의 INFORUM(Inform Interindustry Macromodel)은 78개 산업으로 세분화 되어있다. 특히 Shishido의 다부문모형은 64개 산업부문으로 구성되어 있고 경제내의 각 산업을 연결시킨 다부문모형에 의해서 철도산업의 국민경제적 효과를 측정하며 철도신기술 파급효과를 강조하여 이를 모형에 반영하고 있다.

운임 및 수익관리 기술은 수익관리시스템(Yield Management System)의 구축과 활용을 통해 경영성과의 향상을 기하고 있는 분야이며 특히 프랑스 TGV 운영에 수익관리시스템을 적용하여 운임수입의 증대를 이루고 있으며 항공분야에서는 이미 수익관리시스템의 적용이 일반화 되어 있다.

3-2. 수송체계 구축기술 분야

수송체계 구축기술은 철도교통수단의 노선계획, 수요예측, 경제성 및 시스템연계 등을 분석하기 위한 종합적인 분석체계를 수립하는 기술이다. 대중교통의 수요분석 및 경제성 분석을 위해서 직접수요모형 및 4단계 추정방법을 주로 사용한다. 직접수요모형은 교통수단의 함수로서 총 교통수요를 추정할 수 있을 뿐만 아니라 새로운 교통수단의 수요를 추정할 수 있기 때문에 장래 교통대안을 평가할 수 있으나 4단계 추정방법은 교통시설 투자로 인한 유발수요나 수단간 통행량의 전환을 추정할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

철도를 포함한 공공교통시설에 대한 경제성 및 재무성 분석을 포함한 투자평가 체계를 경제적 타당성 분석, 정책적 고려, 재무적 타당성 분석을 통하여 최종적으로 투자여부를 결정하도록 구성되어 있다. 미국의 경우 철도투자 결정을 위한 지침으로 RAILDEC, 다수단 평가를 위한 STEAM(Surface Transportation Efficiency Analysis Model)가 있으며 영국의 경우 COBA(Cost Benefit Analysis)는 경제적 편익 및 비용 산출 등을 통한 비용편익분석에 대하여 주로 다루고 있으며 이 평가는 경제성 평가, 안전성 평가, 환경성 평가의 세 가지로 분류되고 있다. 일본의 경우도 영국의 경우와 유사하게 이용자 편익, 사고편익, 환경개선편익의 세 가지로 구분하고 있다.

3-3. 운영효율화 분야

운영효율화 기술은 철도운영에 필요한 제반문제에 정보기술과 운용과학기술을 적용하여 철도운영의 최적화와 효율적인 철도운영체계를 구축하고 이를 지원하는 정보시스템을 구축, 운영하는 기술이다.

21세기 국가철도망 등 철도건설 사업이 완료되면 3,125Km 길이 노선연장이 2019년에는 4,792km로 확장됨에 따라 철도망의 구조는 복잡화 및 네트워크화 될 것이다. 따라서 착발 역에서의 연계패턴이 다양하게 조합될 것으로 예측됨에 따라 철도망의 환경변화를 고려한 철도서비스의 연계성 향상에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해 철도중심의 수송력 증대를 위한 최적 철도연계 서비스계획 기술개발을 고려한 철도 서비스 연계성 향상에 대한 필요성이 있다.

표 2. 운영효율화 주요기술별 국내외 기술수준 비교

구분	국내 기술 수준	국외 기술 수준
수요기반 승객행태 분석기술	철도역사내에서의 Virtual 여객 유동해석 프로그램은 개발 사례가 있으나 환승 및 OD 수요에 대한 연구가 부족함	일본의 RTRI에서는 시간대별 수요, 역시설 및 열차스케줄을 가지고 열차주행 및 승객 행동 분석함
수요기반 열차간격 제어기술	현 시점의 열차운행상태만을 가지고 관제사의 판단에 의해 간격제어	실시간 상세수요와 차량/플랫폼 혼잡정보를 기반으로 향후 지연과급영향을 분석하여 자동 제어함
혼잡지연 과급영향 분석기술	혼잡지연 과급영향에 분석을 위한 시뮬레이터를 활용한 혼잡구간에서의 지연 분석을 하고 있으나 기술수준은 미비함	네덜란드에서는 스케줄의 강인성 및 지연을 분석하는 PETER 프로그램을 개발 지연확산을 방지
지능형 승객가이드시스템 기술	불특정 다수를 위한 철도역에서의 안내표시기와 KIOSK 등의 정보가 제공되고 있으나 개인별 맞춤형 정보제공은 미흡한 상태임	일본에서는 2000년대부터 CyberRail 연구를 진행하고 있으며 철도역내 안내정보 제공 등 일부 기술이 상용화되어 활용되고 있음

철도중심의 수송력 증대를 위한 최적 철도연계 서비스계획 기술개발을 위해서는 거시적으로 연계성 향상을 위한 수요예측, 선로용량 평가 및 복수 서비스의 열차종별에 대한 연계 최적화기술이 필요하며 또한, 철도연계시뮬레이션 기술 및 연계시각표 작성기술이 병행 개발되어야 한다. 열차 트래픽 관리 기술 분야에서는 고밀도운행 철도역에서의 역분산제어 및 신호처리 관련 기술측면에서 일정 수준에 도달

한 것으로 판단되며 입환업무 자동화 및 최적화를 위한 의사결정지원 시스템에 관한 추가연구가 더욱 필요한 실정이다.

국외에서는 철도시스템의 거대화되고 복잡화됨에 따라 철도운영 효율 향상을 위해 많은 투자를 하여 성과를 보고 있다. 일본의 철도종합기술연구소에서는 열차주행 및 여객행동 시뮬레이터를 개발하여 시간 및 역별 OD 실적수요를 바탕으로 승객도착모형 및 승객의 열차선택모형을 바탕으로 각 열차별 탑승률 및 차량별 혼잡도를 계산하여 여객행동이 열차주행에 얼마나 영향을 미치는지 분석할 수 있도록 연구가 진행되고 있다. 또한 CyberRail 프로젝트에서는 승객에서 실시간 사고정도 및 열차지연정보를 불특정 다수를 위한 그림 1과 같은 열차지연정보를 제공하고 그림 2와 같이 모바일 기기를 활용하여 개별화된 서비스를 위한 연구가 진행되고 있다.



그림 1. 열차지연정보 제공 Display장치

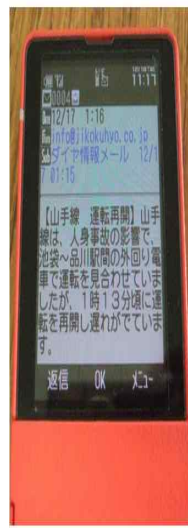


그림 2. 열차지연정보 제공 모바일장치

Example

1. suspended in Yamanote Line.
2. will be restored at 1:00.
3. restored at 1:13, but trains are still delayed.
4. restored completely, almost as usual.

No information for individual train but situation of the line.

3-4. 물류시스템 구축기술

최근 지속가능 국가교통물류 개선 정책에 따라 철도수송력 증대 및 철도물류거점화 등이 추진되고 있으며 철도화물수송 고속화, BT(Block Train)열차증설, 이단적재 열차개발 등 대형 철도화물 거점간 수송력 증대 노력을 기울이고 있다. 철도물류터미널의 처리능력 향상을 위해 인프라시설 확충은 투자 규모, 입지환경, 도시개발계획 등의 여건으로 한계가 있기 때문에 정보화 기반의 운영효율성 향상을 위한 첨단 지능형 터미널 구축에 투자하는 추세이다. 또한 물류터미널 내에서는 RFID(Radio Frequency Identification)를 활용하여 화물의 실시간 추적을 수행하고 있다.

일본 JR화물의 경우 RFID/Mobile 기반의 컨테이너 예약 시스템을 구축하여 운영 중이다. 특히 IT-FRENS(Freight Network System)&TRACE 시스템은 화물역에서의 컨테이너 하역을 위해 GPS(Global Positioning System)와 RFID 무선태그를 활용하고 있으며 화물 배차계획시스템을 도입하여 역구내에 진입하는 화물트럭 운전자에게 ID 카드를 운전자 시스템에 투입하여 배달전표 및 배달위치 표시되며 동시에 포크리프트 기사에게도 작업지시가 표시되어 역구내에서의 작업시간을 단축할 수 있도록 하고 있다. 독일의 경우 ISL(Institute of shipping economics and logistics)에서 개발된 시뮬레이션 시스템 SCUSY(Simulation of Container Unit handling system)는 터미널의 배치계획 및 장비계획의 수립, 운영시나리오의 성능 및 경제성 평가하며 그 결과로서 장비 활용도, 각 장비별 대기 시간 분포, 외부트럭에 대한 서비스 시간, 철도수송시설에 대한 서비스 수준, 상세한 비용 평가치 결과를 제시한다.

표 3. 지능형 물류터미널 구축을 위한 국내외 기술 수준 비교

구분	국내 기술 수준	국외 기술 수준
RFID 실시간 동기화 기반 정보체계 기술	2008년 11월 국토해양부에서 수출입 내륙물류의 효율성향상을 위해 RFID 기반 물류거점 정보시스템 착수	일본의 JR-화물은 RFID/ Mobile 기술 기반 컨테이너 예약관련 시스템을 구축/운영
Wagon 및 CNTR YARD 최적 적하역계획 기술	항만 컨테이너에서 재처리를 최소화하기 위해 선박클러스터와 야드클러스터를 결정하고 적재순서를 SA 알고리즘을 이용하여 활용	GreenCargo 사는 화차의 조차/입환 야드 시스템에서 실시간 화차 위치추적/배치 시스템을 개발하여 대폭적인 인건비절감과 운영효율화를 도모
철도물류터미널 배치/설계 분석 및 처리성능 평가기술	컨테이너 항만의 철도운송터미널 설계변수 결정연구 수행	철도물류터미널의 배치/설계를 분석하고 처리성능을 평가할 수 있는 시뮬레이션 시스템을 구축하여 고효율 철도물류시스템을 구축/실용화 확산

4. 결론

최근 친환경 에너지 정책으로 인한 녹색철도의 역할이 강화됨에 따라 이에 대응하기 위한 철도 정책, 운영, 수송체계 구축기술, 물류 분야의 기술동향을 분석하였다.

철도산업 기술에서 우리나라의 표준산업분류코드에 따르면 철도산업은 표준산업으로 분류되어 있지 않아 산업 연관표에 적용되지 않기 때문에 현재의 산업 연관표를 이용해서는 동 모형의 적용이 어렵기 때문에 철도산업 경제 분석을 위해서는 우선적으로 산업 연관표에서 철도산업을 분류하는 연구가 진행되어야 하며, 이는 경제경영계열 연구소와의 협력을 통해 이루어질 수 있을 것이다. 운임/수익관리기술은 현장에서 활발히 적용되고 있는 기술로서 항공업계에서는 수익관리시스템의 운용을 통해 수입극대화를 이루고 있으며, 현재 철도공사에는 수익관리시스템이 구축되어 있기는 하나 아직 본격적인 가동이 이루어지지 않는 상태이며, 향후 본 시스템의 적극적인 활용이 이루어지면 운임/수익관리기술은 급진전할 수 있는 여건과 역량을 지니고 있을 것으로 기대한다.

수송체계 구축기술에서의 모형 및 측정방법 개발 측면에서는 수송체계구축을 위한 주요 변수간의 모형설정 및 변수 값의 측정방법 등 일부를 제외하고는 주요 선진국에서 개발된 모형을 우리 현실을 고려하여 응용하고 있는 수준이며 수송체계구축기술의 단계별 세부기술에 비하여 최종 산출물인 철도노선계획 및 연계수송계획을 중시하고 있는 풍토에서 새로운 모형 개발 및 DB구축 방안에 대한 연구가 절실하다. 경제성 및 재무성 분석기술에 있어서도 기존 투자타당성 분석과정이 도로 중심의 투자환경을 조성되어, 이를 극복할 수 있는 철도부문의 효율적 투자체계를 도모할 수 있도록 계량화 지표 및 철도부문의 추가편익에 대한 산정방식 마련이 필요하다.

운영효율화기술에서는 최근 철도선진국에서도 투자 대비 효과가 우수한 운영최적화, 첨단운영정보체계 등 운영효율화 분야에 투자 노력중이나, 국내에서의 철도기술개발은 첨단철도하드웨어시스템의 추종적 기술 습득을 위한 개발을 수행하였다. 그동안 운영효율화 기술개발 투자가 소외되어 왔으나, 최근 지속가능 교통기술개발 측면에서 정부 및 연구기관에서는 그 중요성을 인식하고 기술개발 확대 노력 중에 있다.

물류시스템 구축기술 철도물류기지의 처리능력 향상을 위해서는 터미널 인프라의 대폭적 확충 또는 시설/장비(게이트, 야드, 인입선, 작업선, 장비, 동선)의 효율적 계획 및 운영이 필요하다. 한국철도기술연구원은 2008년 기본사업인 “철도중심의 고효율 물류터미널 구축기술 개발”과제를 통해 철도물류시스템 구축기술 향상을 도모하고 있으나, 아직 요구사항 분석 및 터미널 핵심인자 도출 등의 기초적인 수준만을 기 달성한 상태이다.

참고문헌

1. 건설교통부, "국가기간교통망 계획(2006-2015), 2007.11.
2. 건설교통부, "건설교통 R&D 중장기 계획(2008~2012)", 2007.12
3. 한국철도기술연구원, "철도중심의 고효율 물류터미널 구축기반기술 개발", 2009.12.