

도시형 자기부상열차의 실용화에 대한 현황 분석 및 전망

Analysis of Status and Prospect for Practical Use of Urban Maglev train

정경렬*
Chung, Kyung Ryul

박철호**
Park, Chul Ho

윤세균***
Yoon, Se Kyun

최용훈****
Choi, Yong Hoon

ABSTRACT

To investigate the adequacy of maglev train system to future urban transport environments, first we derived minimum necessity requirements of the new-transit system by analyzing the issues in the urban transit management and new needs of transportation customers. Then the conformity of Maglev train to the requirements was examined. With respect to this adequacy analysis, policy directions and agenda of the making practical use of urban transit Maglev system' is proposed.

1. 서론

현대 도시생활에서 대중교통은 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 좁은 지역 내에 많은 교통수요가 집중될 수 밖에 없는 도시의 특성상 승용차만으로는 이와 같은 수요를 감당할 수 없기 때문이다. 대중교통의 발달은 도시 생활에 큰 영향을 주기 때문에 편리하고 우수한 대중교통 시스템을 구축하는 것은 지방자치단체의 주요 관심사이다.

우리나라 대도시의 대중교통은 오랫동안 버스와 중전철(지하철)에 의존해 왔다. 버스는 차량과 운전자, 그리고 차량기지가 있으면 운행이 가능하기 때문에 도심지나 변두리를 구분하지 않고 노선이 잘 발달해 있지만 중전철은 서울을 제외하고는 운영에 큰 어려움을 겪고 있다. 중전철은 초기투자비용이 막대하여 일정 수의 승객을 유지하지 못하면 추가적인 노선 건설이 어려운데, 반대로 승객들은 다양한 노선이 발달되어 있지 않으면 중전철을 이용하려 하지 않기 때문이다.

이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로 중전철보다 규모가 작고 초기투자비가 적은 경전철의 도입이 고려되고 있다. 본 연구에서는 미래의 교통시스템에 요구되는 특징을 분석하고 경전철 분야에서 새롭게 주목 받고 있는 도시형 자기부상열차를 중심으로 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

* 정회원, 한국생산기술연구원, 융합기술개발단
E-mail : chungkr@kitech.re.kr
TEL : (041)589-8251 FAX : (041)589-8230

** , **** 한국생산기술연구원 융합기술개발단

*** 재단법인 서울디자인센터 디자인개발지원팀

2. 국내 도시철도 활용 현황

2.1 국내 도심 교통환경 문제점

국내 대도시의 교통환경에서 가장 큰 문제를 차지하는 것은 자가용이다. 국내의 승용차 보유대수는 1천 5백만 대를 돌파했고, 승용차 1대 연간 평균 주행거리는 미국 프랑스의 1.5배, 일본 이탈리아의 2배 수준에 이른다.¹⁾

승용차 증가로 인한 가장 큰 피해는 대기오염이다. 2005년 연구결과에 따르면 2005년부터 향후 3년 동안 서울에서 대기오염으로 사망할 사람의 숫자는 5세 미만 아이들과 노약자 포함하여 10만 명 이상에 이를 것으로 추정되고 있다.

서울시정개발연구원과 인천발전연구원, 경기개발연구원이 2004년 발표한 수도권의 대기오염 피해액은 다음과 같다.²⁾

[표 1] 수도권 대기오염 피해액 (2004년 기준)

구 분	서울특별시	인천광역시	경기도
대기오염 피해액	2조 6246억원	2조 1462억원	5조 8668억원

공해 외에 자원낭비, 물류비용 증가 등의 문제가 발생하고 있다. 서울의 경우 시내 자동차도로는 계속 넓어지고 길어졌지만 전혀 교통 문화를 개선시키지 못하여 2003년 15.5km/h이던 자동차 운행 평균속도는 2005년 14.0km/h로 오히려 떨어졌다. 전국 교통혼잡비용 또한 2000년 19조원, 2001년 21조원, 2004년 23조원 등 해마다 증가 추세다. 교통사고 또한 감소 추세지만 여전히 적지 않은 숫자다. 2005년 국내 교통사고 발생 건수는 21만 4171건, 사망자는 6376명에 이르렀다. 대기오염으로 인한 사회 비용 또한 만만치 않다.

환경연합이 에너지관리공단과 공동으로 출근시간대에 서울과 인천, 대구 등 6대 광역시 차량 10만 7766대를 조사해 본 바에 의하면 운전자 한명만 탑승한 차량이 전체의 80.5%를 차지하는 것으로 밝혀졌다. 운전자만 탑승한 차량이 10% 감소할 때 절감되는 교통혼잡비용과 대기오염 피해액은 연간 5000억원 이상인 것으로 추정된다. 대중교통환경을 발전시켜 승용차 이용인구를 줄이게 된다면 승용차로 인한 환경오염 및 자원낭비를 크게 줄일 수 있다.³⁾

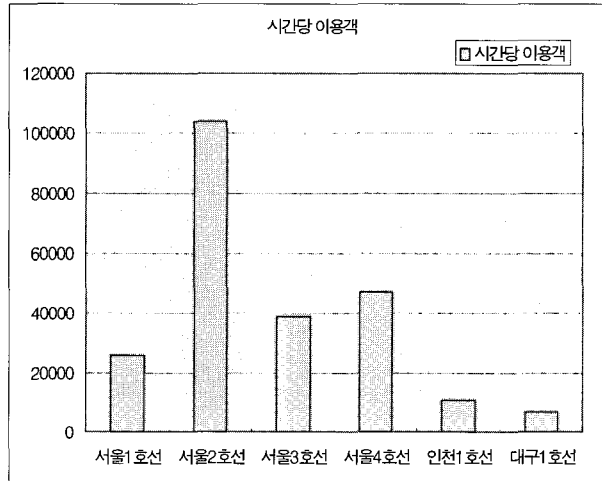
2.2 국내 도시철도 현황

도시의 대중교통환경은 버스와 도시철도로 분류할 수 있는데 환경보호 및 에너지절감 측면에서 도시철도가 버스보다 우수한 대중교통체계라고 볼 수 있다. 도로 위의 막히는 교통 사정과는 달리 막힘이 없는 교통 시스템과 전기를 이용하여 환경오염원을 절감시키며 노인복지 정책 등에도 지하철은 우수한 운송수단임에는 부정할 수 없으며, 편리성과 신속성, 정확성 또한 큰 장점이다. 도시철도는 규모에 따라 중전철과 경전철로 나뉘는데 지금까지 국내에 건설된 도시철도는 중전철에 속한다. 중전철과 경전철, 버스의 수송용량 및 표정속도는 다음과 같다.

1) 환경부 홈페이지 자료실, “우리나라 환경오염의 실상과 주요 환경정책”
 2) 2006 차없는 날 서울조직위원회, “2006 차없는날 행사기획안”
 3) 경향신문, “수도권 나홀로 차량 지방보다 크게 많아”, 2004. 10. 29

[표 5] 중랑전철, 경량전철, 버스의 주요 성능 비교

구 분	지하철(중랑전철)	경량전철	버스
수 송 용 량	3만명 이상/시간, 방향	5천~3만명/시간, 방향	1~5천명/시간, 방향
차 량 정 원	150~160명	40~80명	80명(입석포함)
운 행 간 격	2~3분	30초~2분	7~9분
표 정 속 도	시속 30~35km	시속 30~40km	시속 18km(서울시)



[그림 1] 서울, 인천, 대구 지하철의 시간당 이용객(2006년)

중전철은 차량이 크고 1편성의 길이가 길기 때문에 지상에서 고가구조를 이용하여 선로를 건설할 경우 건축물이 비대해진다. 따라서 도로 중앙분리대를 침범하거나 주위 미관에 영향을 줄 가능성이 높은 제약사항 때문에 지하로 건설하는 것이 일반적이다. 이러한 이유로 중전철은 막대한 초기 건설비용(약 1,000억원/km)이 소요되며 시간당 수송수요가 3만명 이상일 경우 건설하는 것이 적절하다.

그림 1은 서울의 1, 2, 3, 4호선 및 인천, 대구의 1호선 지하철을 이용하는 이용객의 수를 보여주고 있다. 서울 지하철은 시간당 평균 5만명 이상의 승객이 이용하는데 비해 인천 및 대구 지하철의 시간당 이용승객은 1만명 내외에 불과하다.¹⁾ 이와 같은 차이가 발생하는 것은 서울의 지하철 노선이 잘 발달되어 노선 간의 시너지 효과가 발생하는 이유도 있으나 근본적으로 지방 대도시의 인구밀도가 서울에 비해 낮기 때문이다. 서울을 제외한 지방 대도시에서 중전철의 신설은 위험한 투자일 수 밖에 없으며, 실제로 중전철을 건설한 지방 대도시는 하나 같이 극심한 적자난에 허덕이고 있다. 부산 지하철의 경우 적자로 인해 요금을 40% 인상하여 시민들의 강력한 저항에 시달린 사례가 있다.

위에서 보는 바와 같이 서울보다 작은 규모의 도시에서는 중전철이 대중교통수단으로서 적절한 해답인지는 고민해볼 필요가 있다. 중전철보다 규모도 적고 초기 투자비용과 운영비용이 저렴한 경전철 혹은 그에 상응하는 신교통시스템의 개발과 적용이 필요하다.

1) 서울메트로, 대구지하철공사, 인천지하철공사 홈페이지에 제공된 사업운영정보 기초

3. 미래의 교통시스템에 대한 전망

3.1 승객 요구의 변화

우리나라는 지난 1997년 IMF 이후 1인당 국민소득이 7천달러 수준으로 떨어진 후 지속적인 경제회복을 통해 2004년을 기준으로 볼 때 국내 총생산(GDP)은 약 6,800억 달러, 1인당 국민소득은 약 14,000달러를 기록하는 수준에 도달하였다. GDP 기준으로 이는 세계에서 10위의 경제 규모이다.¹⁾ 그리고 세계은행에서 1인당 국민소득 9천불을 부유 국가의 기준으로 하는 것을 기준으로 하면 우리나라는 부유국가의 범주에 들어섰다고 볼 수 있다.²⁾

경제가 성장하고 소득수준이 높아질수록 소비자의 소비 비중은 식료품이나 생필품에서 제조업 제품으로 그리고 서비스 부분으로 이동하는 경향이 있다. 실제로 미국이나 일본과 같은 선진국은 전체 소비의 60~70%가 서비스 소비에 해당하는 것으로 알려져 있다. 서비스 소비라 함은 교육, 교양, 오락, 교통, 통신 부분을 의미하는데 이러한 변화가 나타나는 이유는 삶의 질을 향상시키는데 관심이 높아지기 때문이다.³⁾

따라서 교통수단에 대한 승객의 심리도 이동할 수 있고, 저렴하면 된다는 기존의 단순한 패턴에서 좀 더 빠르고, 안락하며, 편리한 교통수단에 대한 요구로 변화하고 있다. 시스템의 안전에 대한 요구 또한 높아지고 있으며 향후 승객들의 요구사항은 이처럼 양보다 질적인 부분이 더 증가할 것으로 예상된다. 미래의 대중교통 시스템은 양보다 질을 요구하는 시대의 트렌드를 분석하고 시스템 설계와 서비스에 적극적으로 반영하여야만 버스와 자가용과 같은 경쟁 교통수단 속에서 살아남을 수 있으며, 나아가 해외 시장의 진출에도 성공할 수 있을 것이다.

3.2 미래 교통환경에 대한 새로운 제안 - 신교통시스템

1960년대 후반 미국에서는 도시 내 교통의 각종 고충에 직면하여 그 타개책을 시정당국자와 교통관련 산업계가 여러 방안을 모색하였다. 당시까지 미국은 자동차, 특히 자가용차가 도시생활자의 주된 교통수단으로 보급되었고, 정부도 석유와 자동차는 미국의 번영을 약속하는 산업으로 조성해 왔다. 그러나 교통체증·대기오염·교통사고에 의한 인명피해, 또한 자가용차의 밀실성에서 생기는 도시생활자의 연대감의 희박 등 도시의 장래성에 관해서 우려되는 여러 문제점에 대한 비판이 높아졌다. 한편 대중교통수단으로서 1930년대까지 주류를 이루었던 노면전차·버스는 자동차가 도로를 점유하자 비능률성·비채산성을 이유로 대부분 철거되었다.

이와 같은 상황 속에서 미국 정부는 기존의 철차륜에 비해 시민들에게 좀 더 진보된 감각으로 접근되기 위해 고무차륜으로 정해진 선로를 주행하는 시스템을 고안하였고 최초로 신교통시스템(新交通 - new transit system)이라는 단어를 사용하였다. 대중교통수단이 비채산적으로 된 또 다른 원인은 근교전기철도나 노면전차·버스 등은 운수경영체계에서 인건비가 차지하는 비율이 높아 노사분규가 잦았고 운임이 비싸 시민들이 멀리했기 때문인데 이를 해결하기 위해 전자기술과 자동운전·자동서비스설비를 도입하여 초기 투자는 조금 많아도 운전 경비가 적은 자동화된 교통기관을 계획했으며 이점은 신교통시스템의 주요 특징이 되었다. 또 효율적이고 고속으로 자주 운행할 수 있기 때문에 철도와 마찬가지로 전용 노선을 사용하는 형태로 추진되었다. 미국 최초의 신교통시스템은 웨스트버지니아주 모건타운의 PRT(Personal Rapid Transit)이다.

1) OECD, "Main Economic Indicators", 2005. 4

2) 재정경제부, "주요 경제 지표", 2005. 4

3) 한국무역협회 무역연구소, "203개 경제·사회·문화 지표로 본 대한민국", 2003

근래에는 신교통시스템을 새로운 도시교통수단으로 정의하고 경량전철, 모노레일, 자기부상열차와 같이 기존 규격의 레일과 철차륜을 이용하지 않고 목적에 적합한 고가구조물이나 전용주행로를 통해 이동하는 획기적인 교통수단을 의미한다. 또한 대도시 및 중소도시의 교통난 해소를 위해 효율적인 교통수단으로서 수송용량 및 건설, 운영 측면에서 투자의 효율성, 안전성, 정시성, 안정성 확보 및 환경보전에 있어 기존 교통수단의 한계를 극복할 수 있는 획기적인 교통시스템으로 인식되고 있다.¹⁾

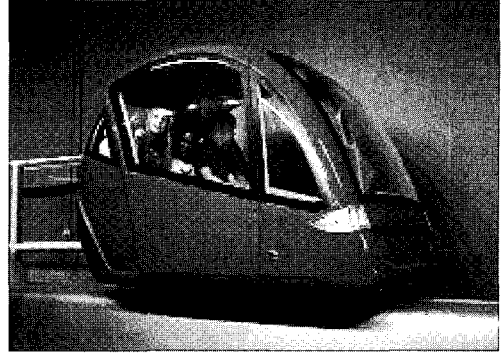


그림 2. PRT(Personal Rapid Transit)

3.3 신교통시스템의 요건

앞에서 도심교통환경의 문제점과 도시철도의 현황, 신교통시스템의 제안 배경을 살펴보았다. 이와 같은 배경을 고려할 때 신교통시스템은 도심교통환경을 개선하고 중전철의 취약점을 보완하며 승객의 미래지향적 수요에 부합해야 한다. 신교통시스템으로서 갖추어야 할 요건을 정리하면 다음과 같다.

- 친환경성

공해 뿐만 아니라, 분진, 소음, 진동, 외관과 같은 승객이나 주거지역에 영향을 미치는 모든 요소를 의미한다. 높은 친환경성은 대기오염 피해와 같은 사회간접비용을 줄여줄 뿐만 아니라, 주거 및 교통 밀집지역에 대한 접근성을 높여 편의성을 개선하는 효과도 있다.

- 편의성

승객이 이용하는데 편리하고 안락한 느낌을 갖게 해야 한다. 다른 교통수단과의 연계와 접근이 용이해야 하며, 무선 인터넷이나 TV 화면과 같이 시대의 트렌드에 맞추어 적절한 서비스를 제공해 줄 수 있어야 한다.

- 안전성

대중교통의 안전은 매우 중요하다. 안전성에 대한 관심과 요구는 예나 지금이나 변함이 없으며, 미래에도 그러할 것이다. 오랜 세월을 거쳐 다양한 안전장치가 개발되어 왔으며, 실제로 철도시스템의 1시간당 사망률은 2.9×10^{-8} 로 자동차의 2.6×10^{-6} 에 비해 약 9배 안전하다. 그러나 한 번의 실수가 자칫 대형사고로 연결될 수 있는 대중교통의 특징 때문에 안전은 신교통시스템의 중요한 요소가 될 것이다.²⁾

- 경제성

경제성은 도시전철을 구축할 때 가장 큰 문제가 되는 부분이다. 경제성이 확보된 노선을 선정하는 것도 중요하지만 구축과 운영/유지보수에 소요되는 비용이 적은 신교통시스템일수록 상업적으로 성공할 가능성이 높아진다. 경제성이 확보되기 위해서는 우선 건설비가 저렴해져야 하고, 운영 및 유지보수에 소요되는 자원/장비/인력이 줄어들어야 한다.

1) 인터넷 건설일보, "신교통은 최적 도시교통시스템...선진 교통문화 창출 앞장설 터", 송익영 한국신교통협회 회장, 2005. 9. 21
2) "철도사고 왜 일어나는가", 야마노우치 슈유이치로, 도서출판 논형, 2004

- 정시성

대중교통의 생명은 정시성이다. 신교통시스템이 버스나 자가용과 경쟁력을 확보하기 위해서는 목적지에 빠르고 정확한 시간에 도착해야만 한다. 표정속도를 향상시키기 위한 노력이 필요하며, 운행이 지연되지 않도록 시스템의 신뢰성이 확보되어야 한다.

신교통시스템으로서 가장 현실적이며 많이 고려되고 있는 대안은 경량전철(경전철) 시스템이다. 2006년 3월 현재 민간투자로 시행되는 용인경전철과 김해경전철이 착공된 상태이며 최초의 국가재정사업 경량전철 노선인 부산지하철3호선 반송선이 시공 중이다. 이 외에도 하남과 의정부 경전철이 착공을 준비하고 있으며, 그 외에도 경산, 부산, 대구 등 여러 지역에서 경전철 건설계획이 추진되고 있다. 지금 계획 중이거나 착공되고 있는 경전철은 철제 및 고무차륜 방식인데 최근 산업자원부의 중기거점기술개발 사업과 건설교통부의 도시형 자기부상열차 실용화 사업 타당성 조사 등으로 자기부상열차에 대한 관심이 급부상하고 있다. 자기부상열차는 자기력의 힘으로 부상하여 주행하는 교통수단으로 안락하고 조용하며 도시교통환경에 적합하며 차륜이 없기 때문에 유지보수비용이 저렴한 장점이 있다. 본 연구에서는 신교통시스템으로서 자기부상열차가 갖는 의의를 알아보고, 도시형 자기부상열차 실용화 사업이 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

4. 도시형 자기부상열차 실용화 사업의 기술적 배경 및 의의

4.1 자기부상열차 기술개발 현황

전 세계적으로 자기부상 기술을 연구하고 있는 국가는 미국, 영국, 일본, 독일, 한국, 중국 등 다수이지만 상용화에 성공한 국가는 일본과 독일뿐이다. 일본은 최고 100km/h의 속도로 운영할 수 있는 도시형 자기부상열차인 HSST를 자국 내에 상용화하였으며, 독일은 중국의 상하이-푸둥공항에 최고 430km/h로 운행할 수 있는 Transrapid를 상용화하였다.

국내의 자기부상열차 기술은 1985~1991년에는 구 현대정공 및 구 대우중공업에 의해 민간 주도로 개발되어 실제로 승객을 태우고 주행하는 수준을 달성하였으나, 실용화에 이르지 못했다. 1990년부터는 한국기계연구원 내에 국책연구사업단이 출발하여 그때까지 산발적으로 진행되어온 자기부상열차 관련 연구가 체계화되고 박차를 가하게 되었다. 1989년부터 1999년까지 국책 1, 2, 3단계를 거치며, 곡선궤도 및 분기기가 있는 시험선로가 건설되고 량당 60명이 탑승하는 규모의 시험차(UTM-01)가 제작/운행되었다. 또한 현재는 로템을 주관으로 차량의 실용화 모델을 제작하는 중기거점 사업이 진행되고 있다.

지금까지의 국내기술개발 사업에서 자기부상열차는 차량위주로 개발이 이루어졌고, 시스템 설계기술과 시험선에서의 성능시험을 통해 기술적인 검증이 마무리되고 있다. 앞으로 상업운전을 위해 전 시스템의 통합/운영에 대한 신뢰성 검증이 이루어진다면 도시형 자기부상열차의 독자 개발 및 상용화가 가능할 것으로 판단된다.

4.2 신교통시스템으로서의 적합성

자기부상열차는 차륜이 접촉/회전하기 않기 때문에 주행시 조용하며, 진동이 적기 때문에

승차감이 우수하다. 또한 차륜의 마모가 없기 때문에 분진이 발생하지 않아 쾌적한 운행 환경을 조성할 수 있다. 차륜이 없이 부상하여 주행하는 관계로 리니어모터를 사용하며 접촉저항이 없기 때문에 추력특성 및 등판능력이 우수하다. 이상과 같은 자기부상열차의 특징을 신교통시스템에 필요한 특징과 비교하면 표 3과 같다.¹⁾

표 6. 신교통시스템으로서 자기부상방식이 차륜방식에 비해 갖는 경쟁력

	도시형 자기부상열차	철제차륜 경전철	고무차륜 경전철
친환경성	<ul style="list-style-type: none"> • 분진이 발생하지 않음 • 외부소음이 적기 때문에 인 구밀집지역, 공원, 병원, 학교 등에 대한 접근성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 철 분진에 의한 오염 유발 • 레일과 철제차륜의 접촉에 의한 주행 소음 발생 • 역사진입 시 금속성 소음이 심하여 불쾌감을 유발 	<ul style="list-style-type: none"> • 철제차륜보다 소음과 분진 발생이 적으나 자기부상방 식보다는 소음이 큼 • 페타이어로 인한 환경오염 발생
편의성	<ul style="list-style-type: none"> • 소음과 진동이 매우 적음 	<ul style="list-style-type: none"> • 소음과 진동이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 소음과 진동이 적음
안전성	<ul style="list-style-type: none"> • 레일을 감싸는 구조로 인해 탈선의 위험이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 탈선의 위험이 존재 	<ul style="list-style-type: none"> • 탈선 위험 적음 (콘크리트 전용궤도)
경제성	<ul style="list-style-type: none"> • 차륜에 관련된 유지보수사 항이 없음 • 우수한 급구배 능력으로 인 해 노선적용이 쉬움 • 차량의 부상에 에너지가 소비되거나 인건비와 유지보수 비의 감소에 의해 운영비 절감(철제차륜 기준) 	<ul style="list-style-type: none"> • 정기적인 차륜의 교체 및 베어링 점검, 삭정작업이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 고무차륜의 마모에 따른 유지보수비용이 높음 • 접촉저항이 커서 에너지 소 모가 많음
정시성	<ul style="list-style-type: none"> • 접촉저항이 없고 리니어모 터의 출력 특성이 우수하여 가속/최고속도 능력이 모두 우수 	<ul style="list-style-type: none"> • 철차륜과 레일 간의 점착계수 한도내에서 추진이 이루어지므로 감/가속도가 제한적 	<ul style="list-style-type: none"> • 고무차륜의 저항으로 인한 낮은 최고속도로 인해 표정 속도 저하

표 3에서 보는 바와 같이 자기부상열차는 신교통시스템으로서 필요한 요건을 잘 만족하고 있다. 그 중에서 차륜형 열차에 비해 가장 우수한 특성을 보여주는 점은 친환경성과 편의성, 경제성인데 이는 바퀴없이 부상하여 주행하는 자기부상열차의 근본적인 특징에 기인한 것이다.

4.3 국가적 위상 측면의 실용화 사업

자기부상열차는 세계적으로 실용화 사례가 많지 않은 최첨단 산업으로 우리나라는 전 세계적으로 3번째의 자기부상철도 시스템을 실용화하는 것이며, 이는 단순한 경전철 수준의 대중교통 시스템 이상의 의미를 가지고 있다. 특히 고도의 부상제어능력이 필요한 첨단 기술임에도 불구하고 국내의 자기부상기술은 초기 연구개발 단계부터 독자적으로 수행되어 온 순수한 국산 기술이기 때문에 실용화 사업이 성공적으로 추진될 경우 국제 과학기술계에서 국가적 위상이 한층 높아질 것이며 국내 과학기술 수준에 대한 국민들의 자긍심을 고취할 수 있을 것이다.

1) 도시형 자기부상열차 실용화사업 기술분야 타당성조사 최종보고서, 2006. 8

5. 도시형 자기부상열차 실용화 사업의 나아갈 방향

5.1 사용자 요구에 부합하는 편의성, 정시성 구현

미래의 교통시스템은 단순히 승객을 달리는 기능뿐만 아니라 높아진 승객의 요구사항을 만족시켜야 하며 또한 동시에 운영과 유지보수에 대한 요구 역시 반영되어야 한다. 따라서 실용화 사업에서 구현되는 시스템은 더 이상 경쟁 시스템만을 비교하는 것이 아니라 실용화 사업의 결과물을 사용하고 관리하는 모든 이해관계자들의 의견이 고려되어야 한다. 이는 실용화 모델이 해외 경쟁 시스템과 차별성을 확보하는 방법이기도 하다.

5.2 시스템 안전 확보

대중교통 시스템은 안전성에 결함이 있을 경우 대형 사고로 연결되기 때문에 시스템 안전성을 확보하는 일은 매우 중요하다. 대구 지하철 참사와 독일 Transrapid 참사에서 볼 수 있듯이 대중교통의 사고는 실수나 오류가 사소하더라도 그 결과는 매우 참혹하다. 자기부상열차나 모노레일은 레일을 감싸는 구조로 인해 탈선의 위험이 없지만 이러한 점이 충돌 시 안전을 보장해주지는 못한다.

시스템 안전을 확보하는 활동은 크게 2가지로 나뉘어 볼 수 있는데 한 가지는 시스템 구성품의 신뢰성을 높여 안전성을 확보하는 것이고 다른 한 가지는 시스템 안전분석을 통해 안전성을 확보하는 것이다. 전자의 경우 RAMS 분석을 통해 달성가능하며 후자의 경우 시스템 안전분석 활동이 필요하다. 두 가지 활동은 상호보완적이기 때문에 시스템 안전을 성공적으로 확보하기 위해서는 양 측면에서 접근되어야 한다.

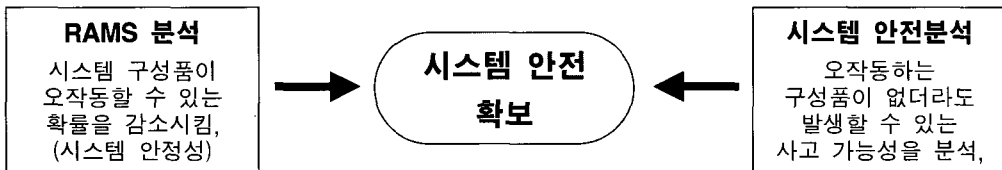


그림 3. 시스템 안전을 확보하기 위한 접근 방법

5.3 운영/유지보수비용의 절감

신교통시스템이 보다 많은 지역에서 경쟁력을 가질 수 있기 위해서는 운영/유지보수비용의 획기적인 절감노력이 뒤따라야 한다. 철도 시스템은 한번 제작하면 30년 이상을 사용하게 되므로 수명주기비용(Total Life-Cycle Cost)의 개념에서 시스템이 분석되고 설계되어야 한다. 이는 무인운전시스템, 무인발표시스템의 적용, 유지보수항목/활동의 모듈화/전산화/극소화를 통해 가능해질 수 있다.

예산의 집행 단계에 걸쳐 적용 가능한 비용분석 방법은 표 4 및 그림 4 같이 구분될 수 있다.

표 7. 예산의 집행 단계에 따른 비용분석 방법

방법론	설명
유사추정 방법 (Analogy 비용추정)	유사제품의 비용을 참고하여 추정하는 방법
Top-Down 분석 방법 (Parametric 비용추정)	과거자료를 기초로 통계적 방법을 적용하며 제품의 물리적 특성과 관련 기술 자료로부터 추정
Bottom-Up 분석 방법 (Engineering 비용추정)	시스템의 업무분할구조(WBS: Work Breakdown Structure)를 기초로 비목별로 비용산출

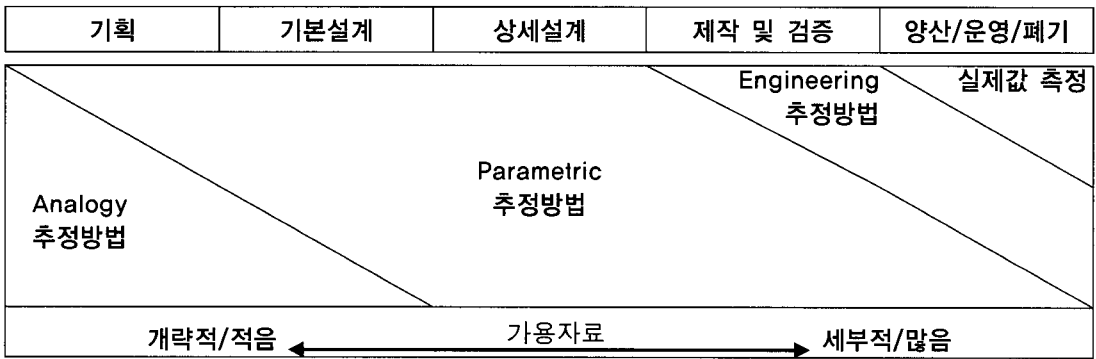


그림 4. 전주기(Life-Cycle) 단계별 비용추정 방법

5.4 해외 시장 개척

도시형 자기부상열차 실용화 사업은 세계에서 3번째로 자기부상열차를 실용화하는 사업이며, 중저속 도시형 모델로는 2번째이다. 이는 시기적으로 해외 시장을 개척하기에 적절할 기회이며 우리나라에 뒤이은 후발주자로서 중국이 자기부상기술개발에 박차를 가하고 있기 때문에 이번 실용화 사업은 해외 시장 개척 측면에서도 중요하다. 실용화 사업의 결과물이 국제적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 공신력이 있는 인증을 획득하거나 해외 인증 시스템에 버금가는 인증체계를 확보하는 것이 중요하다. 오늘날의 인증체계는 단순히 시스템의 성능이나 안전성을 확인하는 것뿐만 아니라 체계적인 개발이 되었음을 보증하는 시스템엔지니어링 관련 문서와 개발 체계의 확보를 요구하기 때문에 실용화 사업에서는 이를 고려한 사업 추진이 이루어져야 할 것이다.

6. 결론

국내 대도시의 교통환경은 공해 및 자원낭비 측면에서 매우 열악하다. 교통환경 문제의 원인은 승용차의 꾸준한 증가에 있기 때문에 대중교통시스템을 발전시켜 교통수요를 승용차에서 대중교통으로 이동시키는 것이 가장 효과적인 해결책이다. 도시의 대중교통수단 중 환경 및 에너지 절감 측면에서 더 우수한 것은 도시철도이며 국내에는 중전철이 운용되고 있다. 그러나 중전철은 건설비가 높아 서울을 제외한 광역시 이하 도시의 인구밀도에서는 적절치가 않

때문에 경전철이나 이에 상응하는 신교통시스템의 보급이 필요하다.

미래의 교통수단으로서 신교통시스템이 갖추어야할 요건으로 친환경성, 편의성, 안전성, 경제성, 정시성 등이 있으며 자기부상열차는 이와 같은 요건을 타 대중교통에 비해 우수하게 만족한다.

도시형 자기부상열차 실용화 사업이 성공적인 신교통시스템이 되기 위해서는 ① 사용자의 요구에 부합하는 성능 구현, ② 시스템의 안전성 획득에 대한 체계적인 노력, ③ 구축비용 및 운영/유지보수비용의 절감, ④ 해외 시장의 개척을 위한 인증에 의거한 시스템엔지니어링 활동 등이 핵심적인 추진방향이 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 도시형 자기부상열차 실용화사업 기술분야 타당성조사 최종보고서, 2006. 8
2. 재정경제부, "주요 경제 지표", 2005. 4
3. OECD, "Main Economic Indicators", 2005. 4
4. 한국무역협회 무역연구소, "203개 경제·사회·문화 지표로 본 대한민국", 2003
5. 환경부 홈페이지 자료실, "우리나라 환경오염의 실상과 주요 환경정책"
6. 2006 차없는 날 서울조직위원회, "2006 차없는날 행사기획안"
7. 경향신문, "수도권 나홀로 차량 지방보다 크게 많아", 2004. 10. 29
8. 인터넷 건설일보, "신교통은 최적 도시교통시스템...선진 교통문화 창출 앞장설 터", 송익영 한국신교통협회 회장, 2005. 9. 21
9. "철도사고 왜 일어나는가", 야마노우치 슈우이치로, 도서출판 논형, 2004
10. 서울메트로 홈페이지, 사업운영정보 (<http://www.seoulmetro.co.kr/>)
11. 대구광역시 지하철공사 홈페이지, 운영현황 (<http://www.daegusubway.co.kr/>)
12. 인천광역시 지하철공사 홈페이지, 경영성과 (<http://www.irtc.co.kr/>)