

도시철도 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

Economic Analysis for Standardization R&D of Urban Rail System

정충식*

Choong-Sik Chung

<Abstract>

This study is to estimate economic benefits of Standardization R&D of Urban Rail System. Benefit was to be realized through standardization of main areas such as train vehicle, railway, power system, and signal system. To derive and calculate the quantitative benefit, the sources of economic impact was divided into three dimensions -operational cost savings, import substitution, and safety effects. Economic effect of the standardization was categorized based on a modified BSC model. Economic benefits from time and labor savings are converted into cost savings. Import substitution and investment multiplier effect have a positive impact in addition to cost savings. The estimation of the standardization R&D of Urban Rail System was conservatively estimated 370 billion Won. Cost effectiveness of standardized safety system was conservatively translated into economic benefit in this analysis. This study provides a practical guide to economic evaluation of the various railway R&D projects.

Keywords : Standardization, Economic Analysis, Cost Benefit Analysis, Balanced Scorecard(BSC)

I. 서론

도시의 광역화와 생활권의 확장으로 도시철도가 분담하는 교통수요 및 수송량이 증가하고 있다. 최근에는 수도권은 물론 광역시에서도 도시철도를 건설하고 있는 상황이다.¹⁾ 따라서 기술적인 측면과 경제성 그리고 안전성의 측면에서 검증된 방식의 시스템을 도입하여 운영하는 것이 더욱 중요해지고 있다. 또한 철도는 국가의 중요한 산업 구성요소이므로 표준화를 통하여 핵심 분야의 국산화 활동 등 비용측면을 고려하여야 한다. 이에 대응하여 한국철도기술연구원에서는 11년 5개월에 걸쳐서 ‘도시철도 표준화 연구 개발사업’(기간 : 1995. 8 ~ 2006. 12)을 수행하였다.

이러한 도시철도 표준화 연구개발 사업은 차량 등 도시철도 주요 구성요소의 표준화를

* 책임저자, 정회원, 경성대학교 행정학과 교수

E-mail : cschung@ks.ac.kr

TEL : (051)620-4528 FAX : (051)625-0657

1) 우리나라는 세계에서 가장 방대한 도시철도 시스템을 구축하여 운영하고 있는 나라들 가운데 하나이다. 현재 서울을 포함하는 6개 대도시에서 하루에 5,000여대의 차량이 480km의 노선에서 운행되고 있다. 특히 서울시 지하철의 경우, 1-4호선까지는 서울메트로에 의하여 운행되고, 5-9호선까지는 서울특별시도시철도공사에 의하여 운행되고 있다.

지원하기 위한 사업으로서 철도분야에만 한정되지 않고 국가 전반의 경제·산업적인 측면에서도 큰 의의가 있는 사업이다. 이 연구는 한국철도기술연구원의 위탁을 받아 외부의 전문기관에서 도시철도 표준화 연구개발사업의 경제성을 평가하고자 시도되었다. 연구의 기간은 2006년 8월부터 12월말까지의 6개월이었으며, 한국철도기술연구원의 담당자들과의 면담을 통하여 수행되었다.

철도분야 중에서도 표준화와 관련된 연구개발에의 투자는 효과가 나타나기까지 오랜 시간이 걸리고 가지적으로 나타나는 부문이 적기 때문에 그 효과가 적절하게 평가받지 못하는 경향이 크다(Entrue Consulting, 2004). 특히 예산의 제약 등으로 예산배분의 선택문제가 있을 때 단기적으로 가지적 효과나 나타나는 분야에 우선순위가 밀리는 경우가 많다. 그러나 네트워크 산업의 특징이 강하고 안전의 중요성이 커서 기술과 안전에 대한 검증이 반드시 필요한 철도분야의 경우, 표준화에 대한 연구는 국가적으로 필요한 사업일 뿐만 아니라 국제적인 선도역할을 위해 국가 전략적으로 추진할 가치가 있는 사업이다.

그러나 국가적으로 전략적인 중요성이 있다 하더라도 예산배정이나 집행에 대한 사후 평가는 매우 중요하다. 일반적으로 기술적이고 산업적인 측면에서의 연구개발 효과는 각 분야의 전문가들과 조직에서의 평가가 가능하다. 그러나 기술과 산업 전문 집단에서 고유의 분야 간 상호효과를 통하여 나타나는 전체 철도 시스템의 운영효과성, 안전성 제고, 국산화 등의 경제적 효과를 파악하기는 쉽지 않다.

도시철도 표준화 연구개발사업은 차량, 선로, 전력, 신호 등의 영역에서 상호 연관성이 높으며, 단순하게 승객을 운송하는 것을 넘어 안전과 기술개발 등의 각 분야가 복잡하게 연계되어 있다. 따라서 정확한 성과 측정보다는 적극적 혹은 보수적인 계산에 의한 상한선과 하한선을 설정하여 성과를 제시하는 것이 현실적인 방안일 수 있을 것이다. 따라서 이 연구는 도시철도 표준화 연구개발사업의 경제성 파악에 필요한 기초자료를 제공하는 측면에서 진행되었다. 본 연구에서는 도시철도 표준화사업의 다양한 효과를 경제적 효과로 전환시켜 계량화된 수치로 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경 및 연구의 접근방법

1. 이론적 배경

(1) 국내의 선행연구 검토

우선 일본의 동일본철도회사는 1996년부터 도시철도에 표준화의 개념을 도입하여 신간선 차량의 설계, 제작, 유지보수 및 폐기에 대한 모든 정보를 DB화 하였고 이에 대한 경제성을 평가하여 10% 향상의 결과를 도출하였다(한국철도기술연구원, 2005a). 또한 뉴욕의 지하철은 1990년대까지 CEIS(Car Equipment Information System)을 사용하였으나 2000

년부터 작업지시 중심의 RSMIS(Rolling Stock Maintenance Information System)을 사용하여 업무표준화를 통한 경제성을 확보하였다. 국내에서는 2004년 초에 개발이 완료되어 활용되고 있는 고속철도 업무표준화 및 정보시스템에 대한 경제성 분석이 시도되었다. 이 결과 150억의 투자비가 소요되어 5년간 최소 660억원에서 최대 900억원의 투자성과가 예측되었다(Entrue Consulting, 2004). 그러나 이러한 선행연구들은 연구개발에 대한 표준화 보다는 조직내에 정보시스템의 활용이나 업무처리 절차의 혁신에 대한 투자효과를 측정한 것이다.

본 연구에서 평가하고자 하는 표준화 연구개발 사업에 대한 경제성은 철도분야의 연구에서는 거의 찾아보기 힘든 측면이 있다. 다만 영국, 독일 및 프랑스 등 도시철도 역사가 오래된 유럽 국가들에서는 표준화 전담기구 또는 표준화위원회에서 표준화와 관련된 각종 기준을 제정하고 수정보완을 통해 표준화체계를 지속적으로 유지발전 시키고 있다. 독일의 연방정부에서는 승객운송법과 “근거리 운송체계의 운영 및 건설에 대한 독일연방규칙”을 제정 공포하고, 이 규칙에 의거하여 독일교통협회(VDV)에서 530명의 상근 인원이 근거리교통시스템(지하철, 경전철, 노면전차, 버스 등) 및 화물에 관한 각종 규격 및 기준을 VDV추천서(Recommendations)로 제정하여 관련기관에 배포하고 있다. 또한 도시철도분야에 대해서는 도시철도차량 뿐만 아니라 전기/신호, 선로구축물 등 전 분야에 대한 각종 추천서를 제정하고 이를 지속적으로 유지발전 시키고 있다(한국철도기술연구원, 2005a).

(2) 표준화 연구개발 사업의 경제성 평가유형

표준화 연구개발 사업의 경제성에 대한 평가 유형은 일반적으로 평가영역, 평가주체, 평가시기, 평가범위, 평가방법 등 다섯 가지의 관점에서 분류될 수 있을 것이다(한국전산원, 2002). 우선 평가의 영역과 주체에서는 외부연구기관이 표준화 연구개발 사업에 따르는 편익에 초점을 두어 경제성만을 평가하고자 하였다. 따라서 비용의 경우, 고정되어 있는 것으로 계산하고 나머지 효과의 부분만으로 경제성을 평가하였다. 평가의 시기 측면은, 표준화 연구개발 사업이 11년에 걸쳐서 장기적으로 수행되었기 때문에 사후평가에 해당한다. 평가의 범위는 기존의 도시철도의 모든 업무시스템을 대상으로 하는 것이 아니라 표준화 연구개발 사업만을 대상으로 하므로 중범위의 성격을 지니고 있다고 볼 수 있다.

경제성 평가의 방법은 다양하게 구분될 수 있다. 연구의 체계적인 수행을 위해서 고려되어야 할 기법들을 정리하면 회계적인 방법과 계량적인 방법, 그리고 정성적인 방법 등으로 구분될 수 있다(한국전산원, 1999). 회계학적인 방법으로는 회수기간법(PPM), 투자수익율법(ROI), 현가법(NPV), 내부수익율법(IRR) 등이 있다. 계량적인 방법으로는 정보이론에 근거한 방법, 시뮬레이션, 통계적 의사결정방법 등이 있다. 따라서 이러한 다양한 접근방법을 고려하여, 도시철도 표준화 연구개발 사업의 경제성을 평가하기 위해서 편익분석을 통한 계

량적인 접근과 함께 정성적인 평가도 함께 수행되었다.

(3) 자료의 제약

일반적으로 비용편익분석이 수반하는 공통적인 문제의 하나는 바로 자료의 제약이다. 우선 비용편익분석에 필요한 통계가 아예 존재하지 않는 경우가 허다하다. 보통의 경우 비용편익분석에서 중요시되는 비가시적인 비용·편익(intangible costs and benefits)이나 간접적인 비용·편익(indirect costs and benefits) 또는 파급효과 및 연관효과(spillover and linkage effects)에 대한 통계치는 거의 모든 경우에 현실적으로 존재하지 않는다.²⁾ 도시철도의 표준화 연구개발 사업의 경우에도 예외는 아니다. 특히 편익산정을 객관적으로 산출할 수 있는 자료가 부족하여, 담당자와의 면담에 과다하게 의존하였다. 그러므로 국산화의 파급효과 보다는 운영비의 절감에 초점을 두어 경제성을 평가하였다.

2. 연구분석을 위한 프레임워크

(1) 균형성과적인 접근

우선 표준화·정보화 투자를 포함한 모든 투자에 대한 효과는 투자목적이나 유형, 투자효과 경로 및 투자규모에 따라 다양하게 나타나며, 어느 시점에서 효과를 평가하느냐에 따라 효과의 규모나 형태가 다양하다. 또한 정량적인 성과와 정성적인 효과, 객관적인 성과와 주관적인 효과가 혼합되어 있는 경우가 많으므로 성과를 분석하기 위한 프레임워크 설정이 어렵지만 매우 중요하다. 표준화·정보화사업은 특히 최종 이용자의 표준에 대한 순응도나 숙련도에 따라 궁극적인 효과가 나타나기 때문이다.

표준화 사업이 특정한 목적을 위해 수행된 경우에는 특정한 목적을 얼마나 달성했느냐에 따라 효과를 평가하기가 상대적으로 용이하지만, 도시철도 표준화 연구개발사업과 같이 다양한 연계관계를 갖는 영역을 대상으로 수행한 사업의 경우, 성과를 세분화하여 평가하면 성과가 과소평가될 가능성이 많다. 반대로 기관수준에서 성과분석을 할 경우, 다양한 부서와 업무의 연계관계를 고려하여 각 주체별로 성과를 평가하면서 이중 계산의 가능성을 제거하지 못하면 성과가 과대평가될 가능성이 높다(김동진, 2004).

일반적으로 이용되는 성과분석의 틀로서 균형성과표(Balanced Scorecard: 이하 BSC) 접근방법을 적용할 수 있다. BSC 접근방법은 일회성의 프로젝트에 대한 분석을 하기에는 적합하지 않으나, 암묵적인 연속성을 전제로 하는 기관단위 성과를 분석하기에 적합한 체계화된 접근방법이다. 그러나 BSC는 재무적 성과, 외부적인 관점, 과거지향적인 관점들을 보정

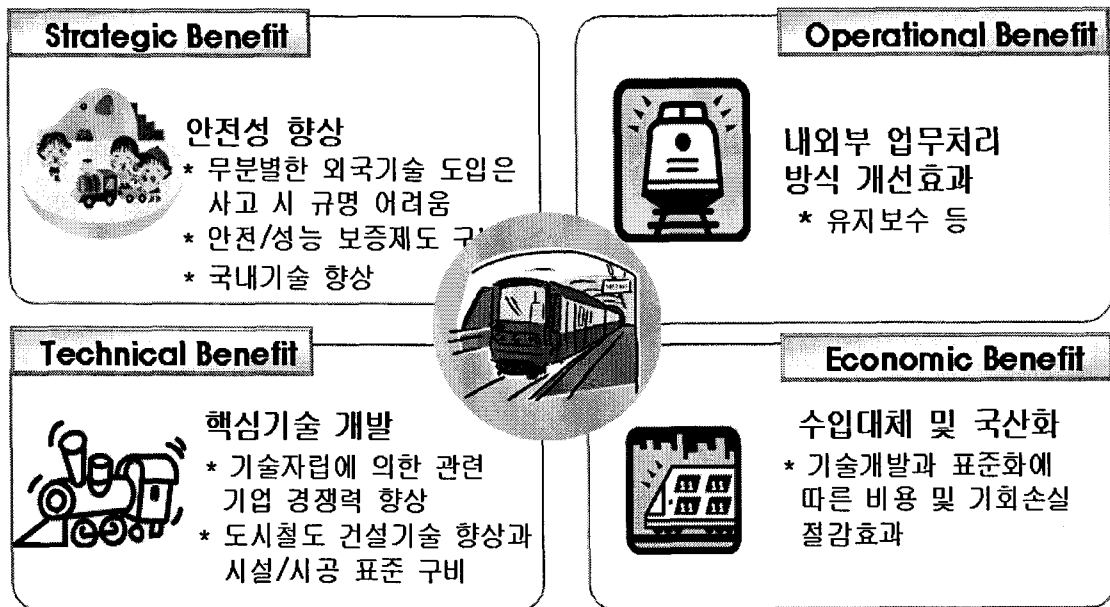
2) 본 연구는 도시철도 표준화 연구개발 사업의 활용에 따라서 발생하게 될 편익을 추정하는 것을 목적으로 삼고 있다. 여기에서 표준화 사업 결과의 활용에 따른 편익은 표준화 결과물의 도입과 활용에 따른 비용절감액(cost savings)으로 정의한다. 예를 들어 차량의 정비 시에 표준화의 도입 이전에는 정비 소요시간이 100시간이 걸렸으나 이의 도입으로 평균 정비시간이 50시간으로 줄어든다면 그 절약된 50시간이 표준화의 도입에 따른 편익으로 정의된다.

하기 위한 틀로서 제시되어 이론적으로는 우수하지만 현실 적용에는 많은 어려움이 있다. 특히 공공재적인 요소가 있는 부문에서 재무적인 결과가 재무제표 상에 나타나지 않는 경우나 도시철도 표준화 연구개발 사업과 같이 재무제표상의 성과로 명확히 나타내기 어려운 사업의 경우에 적용하기에는 어려움이 더욱 크다. 따라서 균형적인 관점의 중요성을 유지하면서 표준화 연구개발 사업의 경제적 성과 적용성이 큰 유사한 접근방법 적용을 고려해볼 수 있다(김태윤·김상봉, 2004).

(2) 전략, 운영, 경제적 및 기술적 관점(SOFT)

도시철도 표준화 연구개발의 경우에도 이해관계조직에 대한 투자(organizational investments)가 표준화 연구개발사업의 효과에 큰 영향을 미친다. 자원의 최적배분, 재고수준 감소, 시간절약, 국산화를 통한 연구능력 배양 등은 '눈앞의 효과를 계량화하기 어려운' 대표적인 분야이다. 따라서 본 과제에서는 도시철도 표준화 연구개발사업의 분야인 차량, 선로, 역사, 전력, 통신 및 신호 분야에서 도시철도 표준화가 미치는 경제적 효과를 추출하여 가능한 논리로 다양한 가정 하에 화폐금액으로 나타내는 과정을 거친다.

구체적인 접근 방법으로는 도시철도 표준화사업을 전략적 (Strategic)관점의 성과, 운영 (Operational)관점의 성과, 경제적(Financial/Economic) 관점의 성과, 기술적(Technical) 관점의 성과로 구분하여 편익을 제시하고 정량화가 가능하거나 경제적 성과로 변형이 가능한 경우에는 경제적 성과로 계산하여 제시하고자 한다. 이를 간단히 SOFT 프레임워크로 표시하기로 한다. 도시철도 표준화 연구개발의 경제적 효과는 직접적으로 운영비의 절감을 통하여 나타나는 효과와 표준화를 통한 안전성의 향상을 통하여 궁극적으로 사회경제적으로 나타나는 효과가 있으며 핵심기술 개발로 나타나는 수입대체와 국산화의 효과를 배가시키는 표준화의 기여효과로 구분하여 파악할 수 있다. 도시철도 표준화 연구개발사업의 성과분석에 SOFT를 적용해보면 다음 (그림1)과 같다.



(그림 1) 도시철도의 경제성 분석 접근법 : SOFT

전략적 관점의 성과는 한국철도기술연구원이 지향하는 비전과 미션을 달성하는데 본 사업이 기여하는 측면을 의미한다. 사업목적에는 도시철도 안전성 향상과 건설비 및 운영비 절감이 사업목표로 되어 있다. 운영측면의 성과는 도시철도 운영 관련 기관이나 부문별 운영방식 변화는 물론 기관 간 업무방식의 변화에 의한 성과를 크게 향상시킨 것으로 계상할 수 있다. 운영측면의 성과는 주요업무와 각 업무의 프로세스에서 더욱 세분화되어 성과발생 요인이 추출될 수도 있고, 향후 운영방식 개선을 위해 프로세스 단위까지 분석이 이루어 질 수도 있다. 표준화에 따라 나타나는 가시적인 현상은 대부분 운영측면에서 발생하는데 특히 각 관련 기관이나 관련 분야별 업무 담당자에게 직접 영향을 미쳐 나타나는 효과이다.

3. 경제성 평가의 분야 및 세부 내용

표준화 연구개발사업의 경제적 성과는 대부분 직접 나타나는 효과보다는 프로세스의 변화, 조직의 변화, 업무방식의 변화 등을 통하여 나타나는 경우가 많다. 기업에서는 공공부문 보다는 시장점유율 확대, 서비스 비용의 절감, 경쟁우위 등 구체적이고 정량화 할 수 있는 요소를 재무제표와 연계시켜 경제적 효과를 파악할 여지가 크다. 그러나 공공분야의 경우에는 경제적 효과를 직접 계산하기 보다는 운영개선효과를 경제적 효과로 변형시키거나 직접적인 비용절감효과를 계산하여야 한다(Keen & Digrius, 2002).

이러한 관점에서 도시철도 표준화 연구개발 사업의 경제성 평가의 분야는 다음 <표 1> 과 같이 운영비절감, 국산화분야 및 안전성 분야로 크게 나누어 볼 수 있다.

<표 1> 경제성 평가의 분야 및 세부 내용

분야	세부자료	포함내용 등
운영비 절감	분야별 설비 가격	설비 가격 및 감가상각에 의한 잔존가격 등
	확장 가능성	지역적 확산 가능성
	수송능력증대	사업으로 인한 기대효과
	인건비 절감	인력의 수 및 업무처리의 줄어든 시간
	유지보수 비용	유지보수 비용 추세 및 변화
	부품의 호환성	표준화 사업의 결과로 인한 부품관련 자료
	설비 수명자료	설비 수명의 연장 가능성
국산화 분야	새로운 운영방식 도입	신호체계 변화에 따라서 Fast Train 도입 가능성 지원 등
	수입 대체자료	국산화율 변화 및 품목들
	Subsystem 가격하락	이전과 이후의 가격 변화 자료
안전성 분야	부품 표준화 유도	표준화에 의한 조달 단가 하락 등
	운전장애 감소	횃수나 비율 및 산출가격 자료
	Failure 횃수	관련된 손실비용 자료
	안전성 자료	MTBF: Mean Time Between Failure MTTR: Mean Time To Repair
기타	장애발견	신속한 장애발견으로 유지보수 비용 감소 고장원인에 대하여 신속하게 대응
	특수성	사업의 특수성으로 인한 기대효과 부분

도시철도의 경우는 공공성이 있는 기업운영 방식을 통하여 승객에게 서비스를 하므로 주요 기관별 각 주체의 편익을 더하여 경제적 효과를 파악할 수 있다. 그러나 본 연구는 차량, 선로 등 도시철도 표준화 영역별 경제적 효과를 파악해야 하므로, 객관적인 운영데이터나 시간절감 효과를 파악하기 어려워 편익을 추정하는 방법이 현실적인 방법이 될 수 있을 것이다.

전략적 효과나 기술적 효과도 궁극적으로는 경제적 효과로 전환될 수 있다. 따라서 도시철도 표준화 연구개발사업의 경우, 경제적 효과를 파악하기 위해서는 전략적, 기술적 효과를 운영효과와 함께 경제적 효과로 전환하는 논리적 절차와 데이터를 통하여 계량화 하여야 한다. 예를 들면, 성과의 요소인 유지보수 비용절감, 시격 축소, 표준화로 인한 교육 및 인건비, 국산화 및 수입대체 등의 효과를 경제적 효과로 귀착시키는 노력을 하게 된다.

도시철도 표준화 연구개발사업의 경제적 효과는 단순히 현재까지 절약한 비용금액을 합산하는 방법에서 나아가 업무단위당 평균비용이 감소하거나 한계비용이 감소하므로, 향후 철도관련 투자나 업무량이 증가하면 증가할수록 단위업무비용이 감소하여 경제적 성과가 크게 나타나는 미래지향적인 성과에 주목하여 전략적인 투자와 관련지어야 한다. 따라서 도시철도 표준화 연구개발 사업을 통하여 현재까지 나타난 경제적 성과를 계산하는 것보다 향후 도시철도 증가에 따른 경제적 성과를 감안하면 경제성과는 항상 과소평가될 가능성이 크다.

기술적 성과는 도시철도와 관련된 각종 기술이 계속 진화하므로 다양한 기술 중에서 특정한 기술을 선택하여 적용한 측면을 의미하는데 새로운 기술개발은 물론 새로운 기술이나 성능 및 안전에 대한 표준화가 필요하고, 구체적으로는 각종 기준의 개발과 고시를 통하여 현실적 구속력이 있어야 한다.

III. 도시철도 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

1. 도시철도 표준화 연구개발사업의 현황

도시철도 표준화 연구개발 사업은 1994년에 개통된 과천선이 초기에 빈번한 운전 장애를 일으키고, 그 근본원인이 차량 부품의 표준화 미비와 국내 기술력의 부족때문인 것으로 드러나면서 시작되었다. 당시 도시철도의 주요 핵심장치는 다국적·다품종의 외국제품을 사용하여 노선별로 상이한 규격을 가지고 있었다. 이에 정부는 1995년 12월에 도시철도법을 개정하여 표준화 근거조항을 추가하고 표준화 연구개발 사업을 지원하였다.

이에 따라서 1995년 8월부터 2006년 12월까지 총사업비 606억원(국고 543억원, 민간 63억원)을 투입하여, 도시철도 차량, 전력, 신호 및 선로시스템의 표준화 및 핵심장치의 국산화개발이 추진되었다. 이처럼 도시철도 표준화 연구개발 사업의 목적은 도시철도의 안전성을 확보하고 효율적인 도시철도 건설 및 운영을 위한 도시철도 표준화 및 관련 핵심기술을 개발하는 것이다. 또한 도시철도시스템(차량/인프라)의 표준사양, 안전기준, 성능시험기준 및 품질인증기준 등 표준화기준을 제정 및 고시하며, 신호, 전력 및 선로시스템의 핵심장치를 국산화 개발하여 도시철도의 기술 향상 및 도시철도 실용화를 목적으로 추진되었다(한국철도기술연구원, 2005b).

이러한 도시철도 표준화 연구개발 사업의 기대효과는 다음과 같이 정리된다. 우선 전동차 국산화율을 58%에서 95%로 상승시키는 것이다. 또한 도시철도차량 핵심장치(추진제어장치, 견인전동기, 종합제어장치)의 표준설계 및 제작 기술을 확보하는 것이다. 이어서 도시철도(중량전철) 시스템엔지니어링 기술 확보, 도시철도 유지보수체계 표준화/정보화 엔지니어링 기술 확보, 정보화 기반의 새로운 환경변화에 대한 기술 구축, 도시철도 신호제어시스템의 성능향상 기술기반 확보 등이다. 그리고 경제성 평가와 관련하여 중요하게 다루어지는 기대효과는 기존 차량운행 시격이 150초에서 90초로 단축이 가능하며, 이에 따라서 승객 편의성 및 경제적 활용성이 향상될 수 있는 기반을 마련하였다는 점이다. 이러한 기대효과를 중심으로 표준화 연구개발 사업의 분야별 경제성을 분석하면 다음과 같이 정리해 볼 수 있다.

2. 차량분야 표준화 연구개발사업

차량표준화 사업은 '도시철도 표준화 연구 개발사업'의 주요 사업내용에 포함된 사업으로서, 차량표준화체계 연구, 차량 핵심장치 국산화 개발, 표준전동차 성능시험 수행 등이 주요 내용이다. 차량표준화 체계 구축 과제는 도시철도차량의 발주에서 폐기에 이르기까지 전 생애주기(life cycle)에 걸쳐 관리를 하기 위한 표준화체계를 구축하는 과제로서 1995

년~2001에 걸쳐 추진되었다. 차량분야 표준화 연구개발사업의 경제성은 다음 <표 2>로 요약될 수 있다.

<표 2> 차량분야 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

표준화 사업명	차량분야 표준화 연구개발사업
운영비절감 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차량표준화를 통한 유지보수비용 절감의 경제적 효과는 연간 약 937억원 <ul style="list-style-type: none"> - 추진제어장치 표준화 절감 628억원 - 대차 장치 표준화 절감 171억원 - TCMS 표준화 절감 137억원 ○ 운영 및 교육관련 인건비 절감효과는 연간 약 469억원 <ul style="list-style-type: none"> - 추진제어장치 표준화 절감 314억원 - 대차 장치 표준화 절감 86억원 - TCMS 표준화 절감 69억원
국산화 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차량 국산화 분야의 경제적 파급효과는 연간 약 368억원으로 추정됨 <ul style="list-style-type: none"> - 차량 당 초기투자액 10억 및 10년간 7,000대 - 연 평균 7,000억의 투자액 - 표준화를 통한 대체효과 5% (연간 350억) - 투자승수를 1.052정도로 추정하면 368억 산출
안전성 분야	○ 운전장애 감소를 통하여 산출할 수 있으나 다른 분야와의 중복에 따르는 과대 추정을 방지하기 위하여 생략함
추정치 합계	연간 약 1,774억원

도시철도 차량 표준화를 통하여 운영비절감 측면에서의 경제적 효과는 유지보수 비용절감효과 연간 약 937억원, 인건비 절감효과 연간 약 469억원으로 보수적인 추정만으로 연간 약 1,406억원 정도로 추산된다(서울특별시지하철공사, 2005a).

도시철도 분야의 국산화는 국내 산업에 미치는 후방 연관효과(backward linkage effect)가 매우 큰 산업이다. 따라서 표준화를 통하여 약간의 국산화 혹은 수입대체효과를 발생시켜도 그 국가 경제적 파급효과는 매우 크게 나타날 수 있다. 따라서 차량 당 초기 투자액 10억에 대하여 향후 10년간 7,000량을 가정하면 연간 평균 7,000 억 정도 투자가 된다. 표준화를 통한 대체효과로 5%만 경제적 효과에 기여한다고 설정하여도 연간 350억 정도의 효과를 나타내지만, 그 효과는 한번으로 그치지 않는다. 관련업계가 70억에 의하여 관련 기업들이 투자액 단위당 5% 투자 증가효과 정도를 발생시켜 파급효과가 1년간에 나타난다고 가정하면 투자승수는 연쇄적인 파급효과까지 고려하면 투자승수 1.052 정도가 되어 350억의 경제적 파급효과는 368억원 정도가 된다. 이러한 추정치는 매우 보수적인 추정치이므로 국산화와 수입대체효과가 조금만 향상되어도 매우 큰 파급효과를 나타내게 될 것이다.

도시철도 표준화 사업을 통하여 차량분야에서 나타나는 경제적 효과는 운영비 측면에서 연간 약 1,406억원, 국산화 효과 측면에서 연간 약 368억으로 연간 약 1,774억원 정도로 추정된다. 차량에 대한 경제적 효과는 차량에 대한 수요형태가 부정기적이므로 매년 측정되기는 어렵지만 이미 장기적으로 계획된 도시철도 건설을 기초로 추정해 낼 수 있다.

3. 신호분야 표준화 연구개발사업

신호분야 표준화를 통한 수송능력 증대 분야를 상세하게 살펴보면 다음과 같다. 우선 기존 3분 시격을 2분 30초 시격으로 20% 감소함에 따른 수송 증대 효과는 3분 시격(10량 편성)시 450명 x10량 x 20열차/시 = 90,000명/방향/시간으로 산출된다. 이어서 2분 30초 시격(10량 편성) 450명 x10량 x24열차/시 = 108,000명/방향/시간으로 나타난다.

이는 수송능력이 하나의 차량 및 시간당 1,800명 증대되는 효과를 창출하는 것을 의미한다. 수송능력의 증대는 수익증대효과 혹은 자산 활용성 증대효과이나 본 연구에서는 운영 측면의 경제적 효과에 포함시키기로 한다. 그러므로 향후 확산될 7,000 차량 수송능력 20% 증대(140차량)효과를 경제적 가치로 환산하면, - 차량 당 450명이 이용하고, - 일일 운행 시간을 12시간으로 보수적으로 계산하고 (유지보수 등 정지시간 고려), - 차량에 대한 일일 평균 승객 이용률을 50%로 최대한 보수적으로 가정(세벽이나 심야 및 휴가철 등 비수기를 고려한 discounting factor 고려)하고, - 운임을 1인당 800원으로 보수적으로 가정하면, - 7,000량의 20% 인 140량에 대한 효과는 $450 \times 12 \times 0.5 \times 800 \times 365 \times 140 = 110,376,000,000$ (연간 약 1,100억)으로 산출된다.

이와 같은 액수는 실제 운행 상황이나 평균 요금 등에 따라 변화할 수 있으나 보수적인 가정 하에 실제 수송능력 증대의 경제적 효과를 계산한 것이므로 오히려 과소평가의 가능성이 있다. 그러나 이러한 신호분야의 표준화는 앞에서 살펴본 차량분야의 표준화와 중복의 가능성이 있다. 따라서 차량분야에서는 수송능력의 증대를 고려하지 않았다. 이러한 신호분야 표준화의 경제성은 다음 <표 3>으로 정리될 수 있다.

<표 3> 신호분야 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

표준화 사업명	신호분야 표준화 연구개발사업
운영비절감 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 3분 시격을 2분 30초로 시격으로 20% 감소함에 따르는 수송 증대 효과 (7,000대 수송능력의 20% 증대, 140차량 효과) <ul style="list-style-type: none"> - 차량 당 450명 이용 - 일일 운행시간 12시간 - 차량에 대한 일일 평균 승객이용율 50% - 일인당 800원의 보수적 이요금액 산정 (450X12X0.5X800X365X140=연간 약 1,100억원) ○ 무선통신기반열차제어(CBTC)시스템 도입의 유지보수비 절감 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 도시철도 1-4호선 총연장 123Km - 1 Km당 유지보수비용 7백만원 절감 시 1년간 약 8억원의 경제적 절감 효과
국산화 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무선통신기반열차제어(CBTC)시스템 도입의 대체효과 <ul style="list-style-type: none"> - 우리나라 Km당 건설비 2백만달러 - 미국은 7백만달러, 말레이시아도 240만달러 (4억원X480Km/10년 = 연간 약 192억원)
확장성 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2005년까지 신호시스템 표준화사업이 이루어지지 않았을 경우, 아래 사업에서 중복투자 발생 <ul style="list-style-type: none"> - 대구지하철 3,4호선 건설: 46Km X13억/Km X 0.3 = 179억원 - 서울 1호선 개량: 8KmX13억/KmX0.3=31.2억원 - 서울 3호선 개량: 35KmX13억/KmX0.3=136.5억원 - 서울 4호선 개량: 31KmX13억/KmX0.3=120.9억원 - 부산 1호선 개량: 32KmX13억/KmX0.3=124.8억원 (합계 : 592.4억원이나 추정치에서 제외함)
추정치 합계	연간 약 1,300억원

신호분야 표준화 연구개발 사업에서 국산화 분야는 무선통신기반열차제어(CBTC)시스템의 도입에 의한 대체효과를 측정하는 것으로 환산해 볼 수 있을 것이다(서울특별시도시철도공사, 2002). 우선 최근 건설된 서울지하철 7호선의 1단계 구간의 1Km당 설계 시 건설단가는 약 14.9억원으로 계상해 볼 수 있다. 이것은 17.7Km의 선로에 총 265억원의 건설비(공사비 36.8억원, 외자재 192.6억원, 내자재 35.7억원 등)가 투입된 결과이다.

CBTC 사업에 소요되는 사업비를 산출한다는 것은 대상노선 및 적용기술이 결정되지 않은 단계에서는 매우 어려운 일이며, 정확하게 예측하는 것이 가능하지 않을 수가 있다(박중용·박영원, 2003). 미국 NYCT의 자료에 의하면 기존시스템과 CBTC 시스템의 자본투자비용 및 개발/설치 비용이 비슷한 금액으로 조사되었다. 우리나라의 경우, 기존 노선을 이용하여 CBTC 시스템을 설치하여야 하기 때문에 신규노선을 적용할 때 더 많은 사업비가 예상되나, 기존시스템과 상호작용이 가장 적은 시스템을 선정한다면 이러한 문제를 해결할 수 있을 것으로 보인다. 또한 시설비를 제외한 설계, 자문 및 부대비용을 국내에서 해결함으로써 전체 사업비 절감을 이룰 수 있을 것이다.

그러므로 우리나라 CBTC 시스템 시설비용을 해외의 신규노선의 CBTC 비용과 동일하다고 가정하면, km당 2.5M X 0.7 = 1.75백만달러 정도로 예측되며, 설계 등 기타비용을 절감하여 프로젝트 비용의 10% 정도로 예상하면 기타비용은 0.25백만달러 정도가 될 것임

로, km당 건설비는 2백만달러 정도로 예상할 수 있을 것이다.

향후 CBTC 시스템의 경제성은 시설비용에서 결국 기존 시스템 및 새로운 시스템의 대체 비용으로 산출할 수밖에 없다. CBTC의 사업비는 시설비, 자문 및 설계비, 부대사업비 등으로 구성되는데, NYCT의 CBTC 비용은 7백만달러를 상회하고 있다. 따라서 NYCT 대비 Km당 5백만달러 이상의 대체효과를 기대할 수 있을 것이다. 하지만 쿠알라룸푸르 프로젝트의 경우, 244만달러의 시설비를 나타내고 있다. 따라서 보수적으로 접근하여 쿠알라룸푸르 프로젝트와 비교하여 차익을 계산하면 (4억원X480KM/10년=192억)을 산출해 볼 수 있다(한국개발연구원, 2002).

4. 전력분야 표준화 연구개발사업

국내 도시철도 전력시스템은 설계에 대한 기반기술이 취약하여 외국의 기술에 전적으로 의존하거나, 외국의 시스템을 그대로 도입하여 왔다. 또한 도시철도를 건설하는 광역시마다 독자적인 도시철도 전력시스템을 설계하여 건설을 시행함으로써 설계/건설 시 중요 고려사항이 누락될 가능성이 있었다. 더 나아가 부설공사의 위험성이 상존할 뿐만 아니라 전력시스템의 다양화로 인해 유지보수에 있어 지자체마다 상호호환성이 매우 부족하여 유지보수비용이 증가할 수밖에 없는 실정이다.

따라서 도시철도에서 전력시스템 역지도 막대한 시설비 투자가 필요한 분야의 하나이다. 기본적으로 Km당 약 10억원 정도의 전차선로 설비가 필요하며, 또한 4-5Km마다 변전소당 40억원의 설비투자가 필요하다. 또한 송전선로, 배전선로 및 전기실 비용을 포함하여 20Km 선로의 경우, 전반적으로 500억원 이상의 투자비용이 발생한다. 이러한 전력분야 표준화의 경제성은 다음 <표 4>와 같이 정리될 수 있다.

특히 국산화 분야에서의 경제성은 전력시스템의 국내설계기술 확보를 통한 수입대체효과 측면에서 살펴볼 수 있다. 직류 보호계전기, 직류 고속도차단기(반)와 같은 핵심장치의 국산화 개발은 지난 2004년에 완료되었다.

이제까지 국내에 적용중인 직류 고속도차단기는 일본의 Hitachi, 독일의 Siemens, 영국의 Balfour beatty, 스위스의 Secheron 등의 제품이 주종을 이루고 있었다. 구체적으로 스위스의 Secheron 제품은 서울2기, 대구, 인천 및 광주지하철에 사용되고 있다. 또한 영국의 Balfour beatty 제품은 대전 및 부산3호선에 활용되고 있는 실정이다(한국철도기술연구원, 2005a).

<표 4> 전력분야 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

표준화 사업명	전력분야 표준화 연구개발사업
운영비 절감 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 설계비 및 공사비 절감효과 <ul style="list-style-type: none"> - 신규건설 투자비 절감액(전력설비 내용연수 20년) Km당 직류 전력시스템 건설투자비 X 신규건설거리 X 예상절감율/20년 (25억원X90KmX20%/20년= 연간 약 23억원) - 노후 전력시스템 유지보수 투자비 절감(20년) Km당 직류 전력시스템 건설투자비 X 유지보수거리 X 예상절감율/20년 (25억원X480KmX10%/20년= 연간 약 60억원) - 설계검증 프로그램의 임대 및 분석의뢰비 수입 임대료X예상임대건수 + 분석료X예상분석 건수 (2천만원X3회/년+5백만원X8회/년 = 연간 약1억원)
국산화 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심장치 국산화개발에 의한 수입대체효과 (전력설비 내용연수 20년) <ul style="list-style-type: none"> - 연간 균등화투자비 X 수입대체율 (10억원/년) X 50% = 5억원/년 ○ 변전소 수입대체효과 <ul style="list-style-type: none"> - 신규건설용 변전소 개소 X 변전소 1개소당 배전반 비용 X 예상 수주율/20년 (48개소X8면X0.4억원X40%/20년 = 연간 약3억원) - 노후 변전소 개소 X 변전소 1개소당 배전반 비용 X 예상 수주율/20년 (155개소X8면X0.4억원X60%/20년=연간 약15억원) ○ 시스템 부품가격 하락효과 <ul style="list-style-type: none"> - 신규건설용 변전소 개소 X 변전소 1개소당 배전반 비용/20년 (48개소X8면X0.5억원/20년 = 연간 약10억원) - 노후 변전소 개소 X 변전소 1개소당 배전반 비용/20년 (155개소X8면X0.5억원/20년=연간 약31억원) ○ 전력분야 시설물관련 경제성 <ul style="list-style-type: none"> - 선택형 지락보호시스템 개발 2억원(변전소 당) X 145개소(변전소 수량) = 290억원 (연간 2개 변전소 설치 시: 4억원/년) - 전차선로 주요설비 개발 20억원/Km(건설비용)X3% (수입대체효과)X450Km(총연장) = 270억원 (연간 20Km 전차선로 적용 시: 약 1억원/년)
안전성 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 상시점검 비용절감 <ul style="list-style-type: none"> - 0.5억원/년간(분소 당)X 50개소 = 2.5억원/년 ○ 정밀진단 비용절감 <ul style="list-style-type: none"> - 0.5억원/년간(변전소 당)X 145개소 = 70억원/15년 (연간 약 4.5억원)
추정치 합계	연간 약 160억원

외산 제품들의 가격은 배전반 1면당 스위스 제품은 약 1억원, 영국 제품은 약 7-8천만원에 이르고 있는 실정이다. 변전소 1개당 배전반 8면이 필요하므로 스위스 제품은 8억원, 영국 제품은 6억원에 납품되고 있다. 하지만 국산 제품의 경우, 면당 4천만원에 공급할 수 있으므로 면당 3-6천만원 정도가 절약되어, 변전소별로 2억4천에서 4억8천만원까지의 비용이 절감될 수 있다.

전력 분야 표준화의 경우, 변전소를 중심으로 하여 운영비 및 국산화 분야에서 다양한 경제성을 추출해 낼 수 있다. 특히 안전성의 분야에서 점검 및 진단 비용을 연간 7억원 정도 절감할 수 있을 것으로 추정되었다. 따라서 이러한 추정 금액을 모두 합산할 경우, 전력 분야에서는 연간 약 160억원의 경제성을 추론해 낼 수 있을 것이다.

5. 선로분야 표준화 연구개발사업

국내 도시철도 선로시스템의 설계기준과 제반 품질규격은 대부분 국외의 기준을 충분한 기술적 검토 없이 도입하여 적용해 온 것이다. 따라서 국내의 철도환경을 고려할 때, 설계기준의 명확한 이론적 근거를 확보하기 어려울 뿐 아니라 국외의 기술에 점차 의존할 수밖에 없는 상황에 직면하게 되었다. 뿐만 아니라, 각 지자체 별로 서로 다른 기준을 도입, 적용하는 경우도 있어서 향후 도시철도의 체계적 관리·운영에 큰 걸림돌이 될 우려도 제기되고 있다. 또한 최근의 도시철도는 유지관리의 어려움 때문에 대부분 자갈도상 궤도 대신 슬래브 궤도를 채택하고 있는 데 반해 국내에서는 슬래브 궤도에 대한 설계기준이 전혀 없을 뿐 아니라 슬래브 궤도의 설계와 시공에 대한 기술적 토대도 매우 부족한 실정이다.

또 다른 도시철도의 주요 문제점의 하나로 철도의 소음과 진동문제를 들 수 있다. 주로 인구밀집지역을 통과하는 도시철도의 특성상 철도의 소음·진동은 도시철도 건설에 있어서 매우 심각하고 중요한 기술적 문제로 부각될 수밖에 없다. 특히 최근 들어 환경소음에 대한 사회적 관심이 점점 커지면서 소음관련 민원과 도시철도 건설에 대한 부정적인 여론이 늘어나고 있으므로 이에 대한 효과적인 대처방안이 요구되고 있다. 따라서 철도 소음 및 진동의 저감을 위한 기준을 제시함으로써 도시철도 건설 및 운영기관이 소음 및 진동에 대한 대책을 설계단계에서부터 체계적으로 강구할 수 있도록 하는 것이 중요하게 부각되었다.

현재 각 도시철도 운영처별로 소요되는 유지관리 비용 중 선로시스템에 투여되는 유지관리 비용을 구분하는 작업이 쉽지 않으며, 또한 선로시스템 유지관리 비용 중에서도 자갈도상 궤도 및 콘크리트 슬래브 궤도에 대한 유지관리 비용만을 별도로 구분하는 것은 더욱 어려운 상황이다. 그러나 기존의 연구자료(부산지하철 1호선 궤도구조개량 타당성 조사)를 토대로 다음과 같은 대략적인 추정이 가능하다. 이러한 선로분야 표준화의 경제성은 다음 <표 5>와 같이 정리될 수 있다.

선로시스템 표준화(제반기술의 표준화, 핵심기술의 국산화)의 경제적인 효과를 요약하면 크게 운영비용 절감 및 국산화 효과로 구분되며 상세한 내용은 다음과 같다. 우선 제반기준 표준화 정립에 따른 운영처의 운영비용 절감 효과는 연간 14억원이다. 이어서 국산화 기술 확보에 따른 자갈도상 유지보수 비용 절감 효과는 연간 약30억원으로 추정된다.

국산화분야에서는 국산화 기술 확보에 따른 수입대체 효과가 연간 약 97-162억원으로 추정되며, 국산화 기술 확보에 따른 Subsystem 가격하락 효과가 연간 약 16-32.4억원으로 추정된다. 따라서 선로분야 표준화 연구개발 사업의 경제성은 연간 약 157-238억원으로 추정해 볼 수 있다. 선로시스템 분야의 경우, 현재 경제적 효과 추정이 어려운 안정성 분야를 제외한 상태에서 운영비용 절감 효과와 국산화 효과만을 고려하면 향후 10년을 기준으로 최대 총 2382억 정도의 경제적 효과를 가져올 것으로 판단된다. 특히 현재 추정된 경제적 효과가 대략적인 추정이며, 궤도/시설물의 경우, 막대한 규모의 유지보수 비용이 매년 투

여되며, 또한 연간 증대되고 있는 점을 고려한다면, 선로시스템 표준화를 통해 도출되는 제반 기준의 표준화와 핵심 기술의 국산화를 통한 실질적인 경제적 효과는 본 연구를 통해 추정된 효과를 훨씬 더 상회하는 수준으로 구체화될 것으로 기대된다.

<표 5> 선로분야 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

표준화 사업명	선로분야 표준화 연구개발사업
운영비절감 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7개 운영처 운영비용 절감효과 <ul style="list-style-type: none"> - 운영처 수 X 연간 발주 건수 X 건당 소요비용 (7X4건X0.5억 = 연간 14억원) ○ 자갈도상 궤도대비 연간 유지보수 비용 감소 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 총 선로거리 X 연간 유지보수 비용 감소액 (공사비+유지관리 인건비) (720.2Km X 0.414억원/Km = 약 298억원/10년) 연간 약 30억원
국산화 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수입대체 효과 <ul style="list-style-type: none"> - 총 선로거리 X 궤도 시공비/Km X 자재비율 X 표준화에 의한 수입대체를 (720.2Km X 1,500만원/Km X 30% X (Min-Max: 30%-50% = 972-1620억원/10년) 연간 약 97-162억원 ○ 로얄티 지급 절감에 의한 Subsystem 가격 하락 <ul style="list-style-type: none"> - 총 선로거리 X 궤도 시공비/Km X 자재비율 X 표준화에 의한 로얄티 절감율 (720.2Km X 1,500만원/Km X 30% X (Min-Max: 5%-10% = 162-324억원/10년) 연간 약 16-32.4억원
안전성 분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중복효과를 피하기 위하여 생략
추정치 합계	연간 약 157-238억원

6. 정보화분야 표준화 연구개발사업

정보화분야의 연구개발 사업은 크게 서울메트로의 차량 유지보수체계 분야와 도시철도의 시설물 유지보수체계 분야로 나누어서 진행되었다.³⁾ 이 분야는 표준화 연구개발 사업에서 가장 먼저 경제성 평가가 진행되었다(박기준 외 3인, 2002; 정충식, 2006). 각각의 내용을 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 차량의 유지보수체계 정보화시스템의 경제성은 연간 약 202억원 정도로 추정되었다. 유지보수 작업시스템의 경우, 사용자의 수가 2,351명이다. 따라서 사용자의 수에서 다른 분야의 시스템들 보다 월등하게 많았기 때문에 높은 경제성 평가 금액을 보여주고 있다. 유지보수 응용시스템의 경우, 전문가시스템의 도입으로 인하여 전체 약 1조원에 달하는 차량가격에 대한 유지보수 효율성으로 인하여 역시 높은 경제성 평가 금액을 나타내었다(서울특별시지하철공사, 2005b).

시설물 유지보수체계 정보화시스템의 경제성은 차량 분야에 비하여 추정하기가 더욱 곤란한 측면을 지니고 있다(이호용 외 4인, 2003). 그 이유는 기존의 시설물관련 업무의 상당

3) 정보화분야의 연구개발 사업에 대한 경제성 평가는 2005년에 (사)경제분석연구원에 의하여 수행되었다. 한국 철도기술연구원이 발주하여 수행된 이 당시의 연구는 원가분석에 초점을 두었다(경제분석연구원, 2005).

부분을 종이문서에 의존하고 있으며, 다른 정보시스템과의 연계도 미흡하여 시설물의 파악이 어렵고 통계정보를 산출하기 곤란한 단점을 지니고 있기 때문이다. 따라서 이러한 문제점들을 극복하고 보수적으로 산출했을 경우, 50억원 정도의 경제성이 추정될 수 있다. 하지만 평가 금액을 극대화시켜 산정할 경우 106억에 달한다고 추정할 수 있을 것이다(한국철도기술연구원, 2005c). 이러한 정보화분야 표준화의 경제성은 다음 <표 6>과 같이 정리될 수 있다.

<표 6> 정보화분야 표준화 연구개발사업의 경제성 분석

표준화 사업명	정보화분야 표준화 연구개발사업
차량 유지보수 체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유지보수 작업시스템 (약 53.5억원) ○ 유지보수 자재시스템 (약 25.7억원) ○ 유지보수 지원시스템 (약 1.8억원) ○ 유지보수 응용시스템 (약 64.3억원) ○ 기술자료 지원시스템 (약 12.9억원) ○ 운행정보 자동수집시스템 (약 37억원) ○ 유지보수 공통시스템 (약 6.9억원) (합계 연간 약 202억원)
시설물 유지보수 체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업-장비관리시스템 (약 17.1억원-50억원) ○ 토목시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 보선시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 건축시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 전기시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 설비시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 신호시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 통신시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) ○ 전자시설관리시스템 (약 2.3억원-6.9억원) (합계 연간 약 49.7억원 -106.2억원)
추정치 합계	년간 약 252억원부터 308억원까지

IV. 경제성 평가 종합

1. 정성적 측면의 고려

도시철도 표준화 연구개발사업에 대한 경제성의 평가에서는 정량적인 편익의 산출보다 정성적인 측면이 보다 중요하게 부각될 수 있다. 즉 하루에 수 백만명 이상의 시민들이 활용하는 대중교통 수단을 운영하는 시스템과 관련한 분야의 표준화 연구개발사업을 평가하면서 기관 내부의 업무효율에만 국한시켜서 분석하는 것은 무리가 따를 수 있다. 2006년 12월 현재 서울메트로는 하루에 400만명 이상의 시민들을 수송하고 있다. 여기에 5-9호선의 도시철도까지 합하면 하루에 700만명 이상의 시민들이 서울에서 지하철을 이용하고 있는 실정이다(건설교통부, 2007).

민간부문의 영역에서는 영리를 목적으로 하는 기업이라면 당연히 고객의 편익보다는 수

익성 창출을 위하여 노력하게 된다. 그러나 대중교통 수단으로서의 도시철도는 이익의 창출보다는 고객인 시민의 편의성 및 안전성에 보다 초점을 맞추어야 하는 실정이다. 실제로 도시철도 시설물의 65% 정도가 이용객의 안전과 관련한 장비들이다(이호용 외 4인, 2004). 따라서 이러한 관점에서 볼 때, 도시철도의 표준화 연구개발에 대한 경제성은 단순한 화폐 가치로서의 편익보다는 안전성의 측면이 중요하게 다루어져야 한다.

그러나 문제는 이러한 시민들의 만족도나 안전성의 증가는 분명히 발생하였음에도 불구하고 그 효과의 가치는 기존의 편익분석을 통하여 추정하기 곤란하다는 점이다. 일반적인 의미에서 편익분석은 조직의 내부에서 발생하는 효율성의 개선을 통하여 정량적으로 나타나는 효과만을 대상으로 이루어지기 때문에 조직의 외부에서 시민들에게 발생하는 정성적인 효과는 추정이 곤란할 수 있다. 이 때문에 편익분석을 통해서 조직내부에서 발생하는 정량적인 분석이 주로 이루어져 왔고, 정성적인 효과에 대해서는 거의 고려하지 못하고 있는 것이 현실이다(한국전산원, 2006).

이러한 편익분석의 한계는 표준화 연구개발의 분야에서 더욱 크게 나타난다. 연구개발에 대한 투자는 내부 프로세스의 개선과 효율성의 증대를 목적으로 수행되지만 조직의 외부 고객인 시민들의 만족을 증대시키는 효과로 나타나는 경우도 존재한다(Augustine & Clark, 1990). 따라서 연구개발에 대한 경제성을 평가하면서 이러한 외부 요인들에 대한 가치를 고려하지 않으면 연구개발에 대한 효과가 과소평가되고 투자의 당위성도 손상될 우려가 있다.

그러므로 본 연구의 대상인 도시철도 표준화 연구개발에 대한 경제성 평가는 단순히 차량과 시설물만을 정량적으로 분석하는 것에서 그치는 것이 아니라 도시철도 전반의 시스템과 고객인 시민들의 안전성을 고려한 정성적 평가가 병행되어야 한다.

2. 안전성을 포함한 평가 종합

이제까지의 논의를 종합해 볼 때, 도시철도 표준화 연구개발 사업에 대한 경제성 평가는 다음의 <표 7>과 같이 정리될 수 있다.

이러한 종합평가에서는 안전성 측면에서의 경제성 분야에서 150억원을 추가하였다. 교통개발연구원에 따르면 서울의 지하철 수송분담률이 80년 2.17%, 90년 15.62%, 95년 22.71%, 2000년에는 34%에 이르렀다(교통개발연구원, 2004). 지하철이 중요한 대중교통 수단으로 자리잡은 것이다. 그런데 이런 지하철이 '사고철'이라는 오명을 들어서는 곤란하다. 지하철 사고는 특히 한번 발생하면 대형 사고로 이어지기 때문에 주의에 주의를 기울여도 부족함이 없다. 그런데도 잦은 사고가 연거푸 일어나다 보면 또 언제 대형 참사가 빚어질지 예측하기 어려운 것이다. 특히 지난 2003년 2월의 대구지하철 사고를 겪으면서 지하철 운행에 있어서 안전성의 측면이 가장 중요하게 부각되고 있다.

<표 7> 도시철도 표준화 연구개발사업의 경제성 종합평가

분야	사업	차량	신호	전력	선로	정보화
						(차량, 시설물)
운영비 절감	수송능력 증대		1,100			202 (차량) 50-106 (시설물)
	유지보수비절감	937	8	83	44	
	인건비 측면	469				
	기타			1		
국산화 분야	수입대체			23	97-162	
	시스템 가격하락	368	192	41	16-32	
	부품 표준화					
	기타			5		
장애평화						
안전성 분야	유지보수	다른 분야와 통합	다른 분야와 통합	7	다른 분야와 통합	
	기타					
	향후 확장가능성					(592)
안전성의 측면				150		
기타			운행시격단축			
합계		1,774	1,300	160	157-238	252-308

교통개발연구원은 '2003년 교통사고비용 추정' 보고서에서 도로, 철도, 해운, 항공 전 분야에서 발생한 교통사고 피해를 화폐가치로 환산하면 15조5천억원에 이른다고 밝혔다(교통개발연구원, 2004). 이는 우리나라 연간 GDP의 2.15% 수준으로 행정중심복합도시 건설비(8조5천억원)의 1.8배, 인천국제공항 건설비(7조9천억원)의 2배 규모다.

부문별로는 도로 교통사고비용이 15조1천억원으로 전체의 97.5%를 차지했다. 다음으로 철도 교통사고비용이 2천8백억원, 해운 1천1백억원, 항공 사고비용 56억원 순이었다. 물론 2003년은 그해 2월 발생한 대구지하철 화재참사 사고비용(1천4백80억원)이 전체 철도 사고비용의 절반을 차지해 금액이 과대 계상되었을 가능성이 있다. 그러나 최근 지하철 사고가 빈발하고 있고 피해금액이 커지고 있음을 감안한다면, 안전시설 설비 투자액의 1%, 또는 대구지하철 사고금액의 1/10(10년 주기) 정도를 연간 사고 예방비용으로 추정하는데 무리가 없을 것이다. 이에 따라서 도시철도 표준화 연구개발 사업의 안전성 측면에서의 경제성을 연간 1백50억원으로 추정하고자 한다.

이에 따라서 도시철도 표준화 연구개발 사업의 경제성은 연간 약 3,700억원 정도로 추정된다. 부문별로는 7,000량의 차량 잔존가액으로 인하여 차량 부문이 가장 많은 금액을 나타내었다. 이어서 운행시격 단축에 따른 효과로 인하여 신호분야가 큰 금액을 보여주고 있다. 이러한 추정치는 안전성 및 향후의 확장가능성을 고려하면 더욱 늘어날 것으로 전망된다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 도시철도 표준화 연구개발 사업의 경제성을 편익을 추정하여 평가하였다. 본 연구는 경제성의 개념으로 정량적으로는 좁은 의미에서의 생산성 향상을 통한 비용절감효과와 정성적 측면에서 확산 및 안전성에 초점을 두면서 평가를 진행하였다. 결론적으로 본 연구에 의하면 도시철도 표준화 연구개발 사업은 상당한 경제성을 지니고 있는 것으로 나타났다.

도시철도 표준화 연구개발 사업은 지난 10여년간 총 606억원의 사업비를 투입하여 도시철도의 차량, 전력, 신호 및 선로시스템의 표준화와 핵심장치의 국산화 개발을 위하여 노력하였다. 그 결과 연간 약 3,700억원 이상의 경제성을 거둘 수 있는 것으로 평가할 수 있다. 특히 국산화를 통한 원가절감 및 향후 6대 도시로의 확산 가능성을 고려해 볼 때, 경제성은 보다 높아질 것으로 판단된다.

이 연구의 시사점은 다음과 같이 정리해 볼 수 있다. 첫째, 도시철도와 같은 막대한 차량과 시설물을 대상으로 표준화 연구개발 사업을 진행하는 경우, 이것은 비용의 관점이 아니라 투자라는 개념으로 접근하여야 한다는 것이다. 일반적으로 경제성을 비용-편익분석으로 인식하고 있으나 연구 대상의 규모나 공공재적인 성격을 고려할 때, 표준화 연구개발 사업은 비용이 아닌 투자의 관점에서 경제성을 평가하여야 한다.

둘째, 정량적인 평가보다는 정성적인 관점이 부각될 필요성이 있다. 도시철도 표준화 연구개발 사업을 평가하는데 있어서 비용절감 등도 중요하지만 표준화를 통한 안전사고 예방 등의 관점이 중요하게 다루어져야 한다. 이것은 대구지하철 참사 이후에 지하철의 안전관리 분야에 1조원 이상의 자금이 투입되고 있는 것에서도 잘 나타나 있다(김영우·이희성, 2007). 따라서 이 연구는 도시철도의 안전성 측면을 통하여 경제성을 평가하였다는 점에서 의의가 있다고 볼 수 있을 것이다.

그러나 다음과 같은 점에서 연구의 한계가 존재한다. 첫째는 11년 이상 추진되어 온 표준화 사업에 대한 사후평가 시점에 대한 문제이다. 즉 부분적으로 표준화가 막 도입된 현재의 시점에서 실제 상황에서 잘 활용되고 있지 않은 시스템을 대상으로 하여 표준화의 기대효과를 측정하는데 따르는 어려움이다. 따라서 대대수의 기대효과를 실제로 측정할 수 없어 담당자와의 인터뷰를 통하여 추정치에 의존하였다. 따라서 경제성 분석의 기간도 1년간에 한정하여 연구를 수행하였다. 이것은 앞에서 언급한 바와 같이 표준화 연구개발 사업의 평가에 필요한 기초자료를 제공하는 측면에서 진행되었기 때문에 기간적 한계를 지니고 있다.

둘째는 경제성 분석에 대한 이론적 부재의 문제이다. 즉 비용-편익분석에 기초하지 않은 상태에서 표준화 연구개발 사업의 경제성을 업무 처리시간 단축에 의한 비용절감이나 국산화 수입대체 등으로 지나치게 단순화하여 평가함으로써 인하여 새로운 표준화의 활용성과

과급효과를 충분히 고려하지 못하는 상황이 발생하였다.

셋째는 공공기관의 특성에 따르는 자료수집의 어려움이다. 특히 고객인 시민의 만족도나 서비스 향상 정도를 측정할 수 없는 상태에서 내부의 업무처리 과정만을 파악하여 경제성을 분석해야 하는 한계를 지니고 있다.

그러므로 향후 후속연구는 공공부문의 특성에 따르는 새로운 경제성의 지표를 산출하여, 표준화 연구개발 사업의 과급효과를 실제로 측정하는데 초점을 두어야 할 것이다. 이를 위해서는 표준화 연구개발 사업의 결과, 적용된 새로운 시스템 사용자들을 대상으로 적용업무 별로 설문조사 및 현장조사를 병행하여야 한다. 이러한 방식을 통하여 비용절감 효과 및 생산성 향상의 측면을 함께 도출하고, 정량적이고 정성적인 측면을 모두 고려한 종합적인 분석 작업이 필요할 것이다.

참고문헌

- 건설교통부(2007). 『우리나라 교통물류의 과거, 현재 그리고 미래』. 2007년 3월.
- 경제분석연구원(2005). 『정보화시스템 구축 원가분석·산정 및 경제성평가 연구보고서』. 2005년 12월.
- 교통개발연구원(2004). 『2003년 교통사고비용 추정보고서』.
- 김동건(2004). 『비용·편익분석』. 서울: 박영사.
- 김영우·이희성(2007). “철도시스템의 종합시험운행을 통한 철도안전 확보 방안”. 『한국철도학회논문집』. 제10권 제2호 PP.34-38
- 김태윤·김상봉(2004). 『비용·편익분석의 이론과 실제』. 서울: 박영사.
- 박기준 외 3명(2002). “도시철도 유지보수체계 정보화시스템 구축에 관한 연구”. 『추계학술대회논문집』. 한국철도학회, pp.922-928.
- 박중용·박영원(2003). “CBTC 시스템 개발을 위한 시스템엔지니어링과 안전성의 통합”. 『한국철도학회논문집』. 제6권 제1호 PP.1-9.
- 서울특별시도시철도공사(2002). 『신호분야 업무자료집』. 2002년 5월.
- 서울특별시지하철공사(2005a). 『차량분야 정보화시스템 시범운영 결과보고서』. 2005년 10월.
- 서울특별시지하철공사(2005b). 『차량분야 유지보수 정보화시스템』. 2005년 11월.
- 이호용·박기준·안태기·김길동·한석윤(2003). “도시철도 유지보수체계 시스템의 예방정비체계 시스템에 대한 연구”. 『한국철도학회논문집』. 제6권 제2호 PP.108-113.
- 이호용·한석윤·박기준·배철호·서명원(2004). “도시철도 유지보수 예방정비체계 구축방법론에 관한 연구”. 『한국철도학회논문집』. 제7권 제3호 PP.245-250.

- 정충식(2006). “서울메트로 차량 유지보수체계 정보시스템의 경제성 분석”. 『한국철도학회논문집』, 제9권 제4호 PP.473-481.
- 한국개발연구원(2002). 『차상신호(ATP)시스템 도입사업 예비타당성조사 보고서』, 2002년 12월.
- 한국전산원(1999). 『정보공동 활용의 경제성 분석 모델 개발』, 1999년 12월.
- 한국전산원(2002). 『정보화의 정성적 가치평가 방법론 고찰』, 2002년 12월.
- 한국전산원(2006). 『정보화효과 분석 방법론』, 2006년 12월.
- 한국철도기술연구원(2005a). 『도시철도 표준화 연구개발사업 - 국내외기술개발동향』.
- 한국철도기술연구원(2005b). 『도시철도 표준화 연구개발사업 계획서』.
- 한국철도기술연구원(2005c). 『도시철도 시설물 유지보수체계 정보화시스템』.
- Augustine, Fred K. and T. D. Clark(1990). “The use of system dynamics to measure the value of information in the business firm.” *Proceedings of International System Dynamics Conference*. Boston, MA.
- Entrue Consulting(2004). 『철도정보시스템 투자성과 평가 보고서』, 2004년 12월.
- Keen, Jack and Digrius, Bonnie(2005) *Making Technology Investments Profitable*, John Wiley Sons, Inc. 서한준, 김태균, 구본재(2005) 역, 『효과적인 IT 투자성과 분석』. Nemo Books.
- <http://www.smrt.co.kr/index.jsp>(서울특별시 도시철도공사 홈페이지)
- <http://www.seoulmetro.co.kr> (서울메트로 홈페이지)