

한국형 경량전철(K-AGT) 시스템의 추정/투입비용분석 Estimation/Investment Cost Analysis for K-AGT System

조홍식* 하천수** 이안호*** 정락교****
Cho, Hong Shik Ha, Chen Soo Lee, Ahn Ho Jeong, Rak Gyo

ABSTRACT

Korea Railroad Research Institute developed the driverless rubber-tired Korean-AGT(Automated Guideway Transit) system from 1999 to 2005 and has done its performance and reliability tests on the test line at Gyeongsan-city. In this paper, we have analyzed the investment cost of K-AGT system. The estimated cost data in planing phase to 6th year are collected and compared with the truth investment cost with respect to sub-systems, years, items. It is proved that the estimated cost related to R&D activity in planning phase is relatively correct.

1. 서론

한국형 경량전철시스템(Korean-Automated Guideway Transit, 이하 K-AGT)은 초기 도입 단계인 경량전철의 무분별한 외국기술 도입을 지양하고, 국내 경량전철 기반기술 개발·보급과 도시철도의 운용효율성 및 안전성을 제고하며, 기술의 해외 수출을 목표로 한국철도기술연구원을 총괄주관기관으로하여 1999년부터 2005년까지 7년동안 기술개발사업을 추진하여 성공적으로 완료하였다.

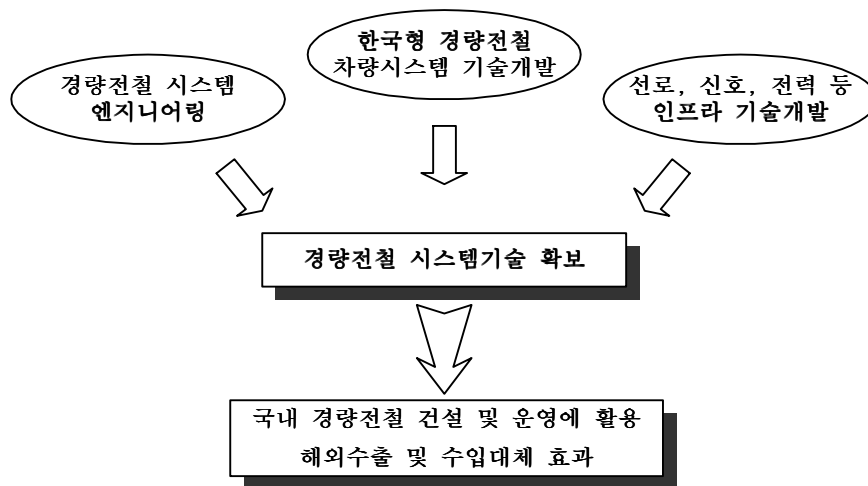


그림 1. 한국형경량전철개발사업의 목적

- * 한국철도기술연구원 경량전철연구팀, 선임연구원, 정회원
- ** 한국철도기술연구원 경량전철연구팀, Post-Doc., 비회원
- *** 한국철도기술연구원 경량전철연구팀, 책임연구원, 정회원
- **** 한국철도기술연구원 경량전철연구팀, 선임연구원, 정회원

한국형 경량전철시스템 기술개발사업은 크게 4년 동안의 연구 및 개발단계와 3년간의 제작 및 시험단계로 구분할 수 있으며, 종합시스템엔지니어링, 차량시스템, 전력공급시스템, 신호제어시스템, 선로구축물 다섯 개 분야로 구분되어 수행되었다. 현재 K-AGT는 안정화·신뢰성 확보 및 안전체계구축이라는 목표로 경량전철 RAMS 향상에 대한 후속연구가 진행되고 있다.

한국형 경량전철 시스템에는 사업관리, 시스템엔지니어링 기술, 해석 및 검증기술, 설계기술, 핵심부품 개발 및 제작기술 등이 포함된다. 이 각 분야별 활동에서 발생했던 비용을 분석하여 경량전철 시스템에 대한 비용모델을 개발한다면, 향후 철도시스템 개발시 소요비용을 추정할 수 있게 되어 저비용 고성능의 시스템을 개발할 수 있게 되어 비용절감 효과를 얻을 수 있게 된다.

본 논문에서는 1999년(1차년도)부터 2004년(6차년도)까지의 비용분석을 수행하였다. 비용데이터는 추정비용자료와 매년 연구종료와 함께 수행되는 정산시 산출되는 정산자료를 시스템별, 연도별, 비목별로 분류하여 필요한 처리를 하였다.

2. 비용데이터 수집 및 처리

기본적으로 연구비는 매년 연구사업의 종료와 함께 발생하는 정산자료에 PBS분류를 추가하여 입력하고 이를 분석하는 것으로 <그림 2>와 같은 흐름을 따른다. 경량전철기술개발사업의 추정비용은 과제별, 연도별추정비용, 비목별비용(인건비, 직접비, 간접비)으로 구성되어 있다. 이 비용데이터를 <그림 3>과 같이 경량전철 비용분석 프로그램을 이용하여 레코드를 생성하였다.

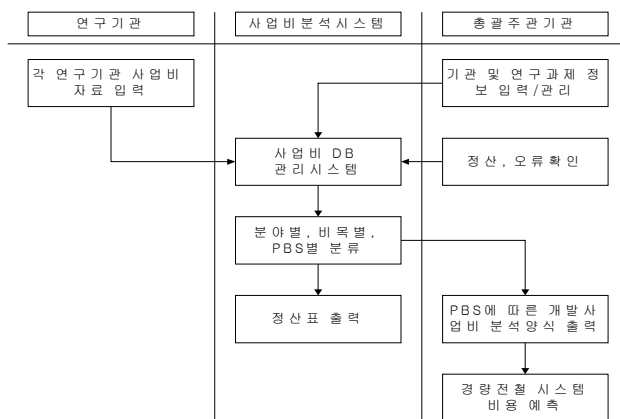


그림 2. 사업비 분석의 흐름

| 번호 | 입력일자 | 내역 | 금액 | 비고 | 발산종류 | 발산일시 | 등록일자 | 처리 |
|----|------------|---------|------------|------|---------|------|------------|--------|
| 1 | 2002.01.13 | 간접비 005 | 40,000,000 | 비고02 | 0 | | 2002-11-28 | delete |
| 2 | 2002.01.12 | 간접비 004 | 12,000,000 | | 100,000 | 0000 | 2002-11-28 | delete |
| 3 | 2002.01.13 | 간접비 003 | 21,000,000 | | 0 | | 2002-11-28 | delete |
| 4 | 2002.01.15 | 간접비 002 | 30,000,000 | | 300,000 | aaaa | 2002-11-28 | delete |
| 5 | 2002.01.02 | 간접비 001 | 20,000,000 | 비고01 | 0 | | 2002-11-28 | delete |

그림 3. 경량전철 비용분석 시스템

본 분석에서는 개별단계별 발생 비용의 분석을 추정하고 실제 발생한 연구·개발단계에서의 비용을 분석하였다. 연구개발 및 제작단계의 투입비용은 1차년도부터 6차년도까지의 정산자료를 참고하여 비용데이터를 생성하였다. 각 과제별 추정투입비용의 분석은 연구 협약서에서 제시한 예산액을, 실제투입비용분석은 연구비 정산서에서 제시된 최종 승인 정산금액을 기초로 하여 분석하였다. 비용데이터는 기획단계 추정비용자료와 매년 연구종료와 함께 수행되는 정산 시 산출되는 정산자료를 시스템별, 연도별, 비목별로 분류하여 분석하였다.

3. 경량전철시스템 추정/투입비용분석

3.1 경량전철 시스템의 비용분해구조

한국형 경량전철시스템의 비용분해구조는 다음 <표 1>과 같이 구성되어 있다. 이 비용분해구조는 수명주기에서 일어나는 각 활동과 그에 관련된 비용을 연결시키기 용이하도록 구성된 것이다. 운용 및 유지보수, 폐기단계의 비용은 추후에 발생하는 것이므로 비용분석에서 제외시켰다.

표 1. 비용분해구조

| | 단계 | 구분 |
|--------------|---------------|------------------|
| 종합시스템 비용 | 연구 및 개발단계 | 사업관리비용(Crm) |
| | | 상세연구 및 개발비용(Crr) |
| | | 공학적설계비용(Cre) |
| | | 기기개발 및 시험비용(Crt) |
| | | 공학적 자료비용(Crd) |
| | 제작 및 시험단계 | 제작비용(Cim) |
| | | 제작설비비용(Cic) |
| | | 초기 보급지원 비용(Cil) |
| | 운영 및 유지보수단계 | 운영비용(Coo) |
| | | 유지비용(Com) |
| | | 시스템/설비개량비용(Con) |
| 시스템구매 및 폐기단계 | 수명종료차량비용(Elc) | |

각 비용항목의 정의를 간단히 기술하면 다음과 같다.

- 사업관리비용(Crm): 개념설계, 타당성조사, 연구, 설계, 기기개발 및 시험, 관련된 자료 수집 및 문서화에 관련된 전반적인 활동에서 발생하는 비용
- 상세연구 및 개발비용(Crr): 특정 요구사항에 대한 필요성을 검증하고 결정하기 위해 수행되는 개념/타당성 조사에 관련되는 활동에서 발생하는 비용이며 여기에는 목표 시나리오, 시스템 운영 요구사항, 유지보수 개념을 정의하는 활동을 하게 되며 보통 사업의 초기에 수행된다.
- 공학적설계비용(Cre): 시스템 및 기기 정의와 개발에 관련된 초기 설계에 관련된 비용이며 시스템엔지니어링, 전기/기계 시스템 설계 및 도면작성, 신뢰성/유지보수성 공학, 인간공학, 거동분석 및 할당, 보급지원 분석, 부품, 생산성, 표준화 안전성 등이 포함된다.
- 기기개발 및 시험비용(Crt): 시작품 제작, 조립, 시험 및 평가에 관련된 활동에서 발생하는 비용이며 특히 제작, 조립, 기구설치, 품질관리 및 검사, 재료 구매 및 취급, 보급지원, 데이터 수집, 시작품 평가 등이 포함된다.
- 공학적 자료비용(Crd): 상기 Crm, Crr, Cre, Crt에 관련되는 데이터나 문서의 준비, 발간, 배포에 관련된 비용이며 사업계획, 보고서, 설계 데이터, 시험 계획과 보고서, 초기 운영 및 유지보수 절차 등이 포함된다.
- 제작비용(Cim): 주요 시스템/기기의 생산과 시험에 관련된 비용
- 제작설비비용(Cic): 제작, 시험, 운영 및 유지보수 설비(부동산, 시설, 기기), 설비(가스, 전기, 수도, 전화, 난방, 냉방 등)에 관련된 초기 획득비용
- 초기 보급지원 비용(Cil): 통합 보급지원 계획과 시스템 지원 요구사항 개발에 관련된 관리 기능에 대한 비용

3.2 경량전철시스템의 비용할당

비용분해 구조를 살펴보면 정산자료 비용데이터 항목과 상당히 차이가 나는 것을 알 수 있다. 비용분해구조는 활동과 그에 수반되는 비용을 기초로 하는 것이고 정산자료 비용데이터는 비용항목을 기준으로 하기 때문이다. 비용분석을 위해서는 이 두 가지 자료를 서로 연결시켜야 하는데 <표 2>는 비용분해구조에 비용데이터를 할당시킨 표이다.

표 2. 비용분해구조에 비용데이터를 할당

| 구분 | 연구 및 개발 | | | | 제작 및 시험 | |
|-------------------|---|------|------|------|---------|------|
| | 1차년도 | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 6차년도 |
| 사업관리비용(Crm) | 사업관리 과제 모든 비용(수용비 제외) | | | | | |
| 상세연구 및 개발비용(Crr) | SE 관련 비용(수용비 제외) | | | | | |
| 공학적설계비용(Cre) | 모든 시스템 과제 중 연구기자재/재료/시작품/수용비를 제외한 모든 비용 | | | | | |
| 기기 개발 및 시험비용(Crt) | 모든 시스템의 연구기자재비x50% | | | | | |
| 공학적 자료비용(Crd) | 모든 과제 수용비 | | | | | |
| 제작비용(Cim) | 모든 시스템 과제의 재료/시작품비 | | | | | |
| 제작설비비용(Cic) | 모든 시스템 과제의 연구기자재비x50% | | | | | |
| 초기 보급지원 비용(Cil) | 해당사항 없음 | | | | | |

3.3 경량전철시스템의 비용분석 결과

수집된 비용데이터를 비용분해구조에 할당시켜 추정비용과 투입비용에 대한 분석을 하였다. 다음 <그림 4>는 연구과제별 추정투입비용이다. 종합시스템엔지니어링이 전체투입비용 중 절반가량인 48%를 차지하며, 다음으로 신호제어시스템과 차량시스템이 각각 18%와 17%를 차지할 것으로 추정되었다. 종합시스템엔지니어링에 대한 투입비용의 비중이 높은 것은 연구투입비용이 많을 것으로 예상되는 시험선 건설이 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다. <그림 5>는 연차별 추정투입비용으로 1차년도와 2차년도는 주로 개발계획수립과 설계단계로 투입될 비용이 크지 않았으므로 추정비용의 할당도 많지 않았다. 3차년도에서 5차년도까지는 시작품제작이 본격적으로 진행된 단계로 시작품의 제작과 시험에 관련된 비용의 지출예산이 높아지고 있음을 알 수 있다. 마지막으로 6차년도는 시험선 구축과 관련된 예산의 집행이 증가한 것으로 추정된다.

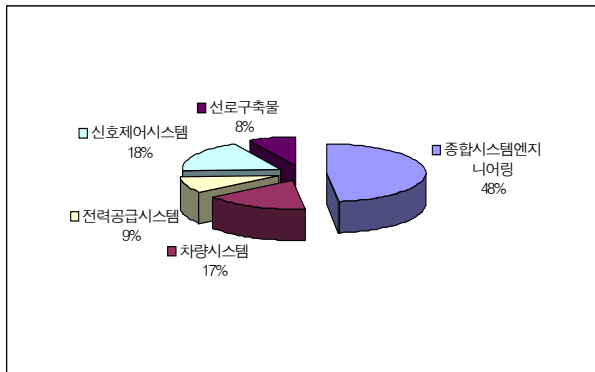


그림 4. 연구과제별 추정투입비용

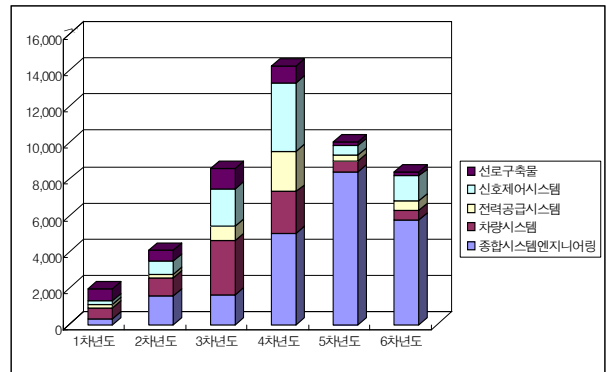


그림 5. 연차별 추정투입비용

<그림 6>은 추정투입비용의 비목별 비율을 보여주고 있다. 종합시스템엔지니어링과 신호제어시스템의 경우 직접비의 비중이 가장 높으며, 시작품제작과 관련된 비용의 지출이 가장 높은 것으로 나타났다. <그림 7>은 연구과제별 실제/추정 투입비용의 차이를 보여주고 있다. 종합시스템엔지니어링과 선로구축물의 경우는 추정투입비용보다 실제집행비용이 적었으나, 차량시스템과 전력공급시스템 및 신호제어시스템의 경우는 추정투입비용보다 실제집행비용이 컸다. 신호제어시스템의 경우 실제투입금액이 추정투입금액보다 가장 많이 증가한 것으로 판단된다. 이는 5차년도와 6차년도에 시작품제작비 및 기술정보활동비가 증가하였기 때문으로 추정된다.

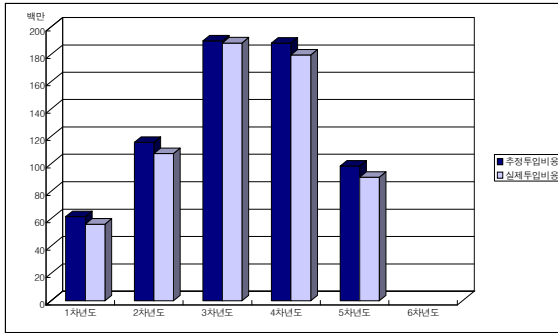


그림 11. Crm 실제/추정 투입비용 차이

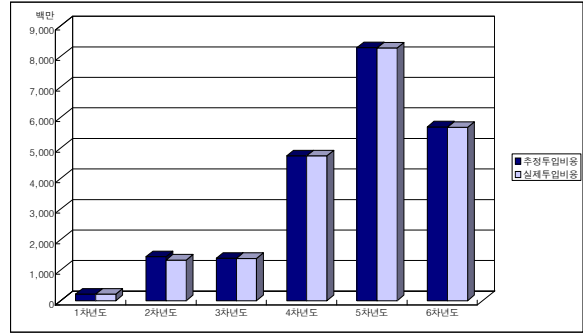


그림 12. Crr 실제/추정 투입비용 차이

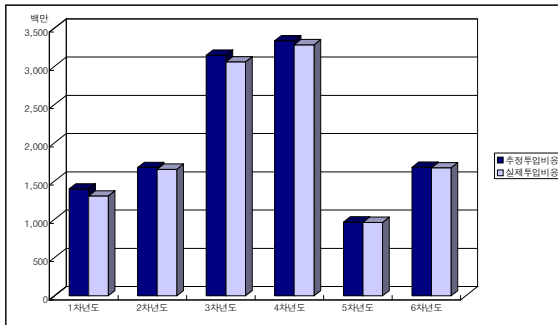


그림 13. Cre 실제/추정 투입비용 차이

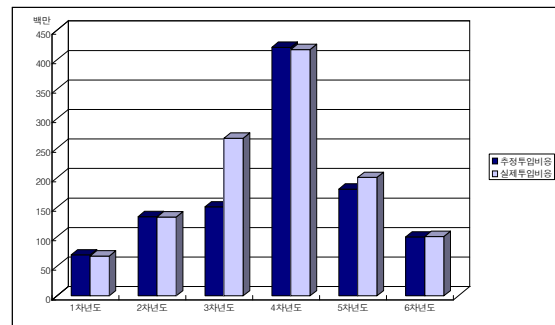


그림 14. Crt 실제/추정 투입비용 차이

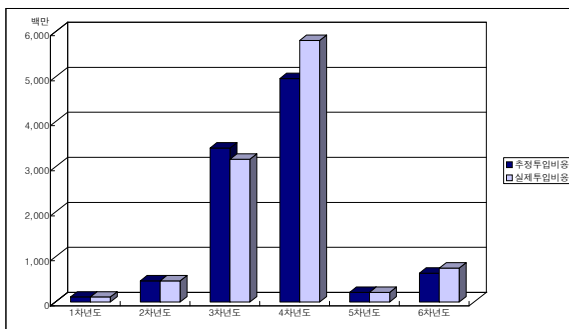


그림 15. Cim 실제/추정 투입비용 차이

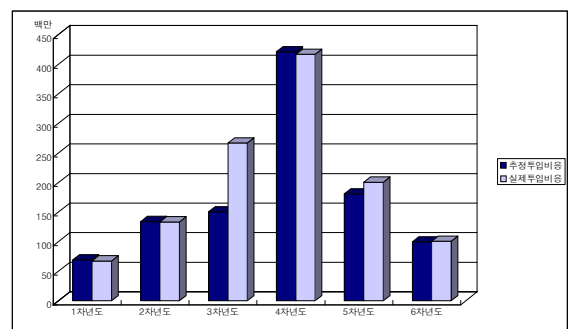


그림 16. Cic 실제/추정 투입비용 차이

4. 결론

경량전철기술개발사업의 추정비용 및 투입비용 데이터를 수집하여 시스템별, 연도별, 비목별 비용분석을 수행하였다. 분석한 결과를 요약하면, 사업초기에 추정된 비용이 수명주기에 발생하는 연구개발활동 및 이에 수반되는 비용을 비교적 정확하게 예측한 것으로 판단된다.

향후 구축된 비용분석 결과와 시험선에서 획득되는 유지보수비용의 정보를 활용하면 K-AGT의 영업선 투입시 소요비용을 상대적으로 정확하게 추정할 수 있게 되어 전체시스템의 수명주기비용 분석을 통한 의사결정에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 이태형 외 2, “고속철도사업의 비용분석 사례”, 제3회 국방비용분석세미나, 2005. 12.
- [2] 한국철도기술연구원, 경량전철시스템 기술개발사업 7차년도 연구결과보고서, 2005. 12
- [3] 한석운 외 2, “RAM을 고려한 도시철도시스템의 수명주기비용 분석”, IE Interfaces, Vol. 18, No. 4, pp.477 ~ 484, 2005.