NASA의 비용추정기법 적용현황

The Application of NASA Cost Estimating Technique

서윤경*, 유일상(한국항공우주연구원)

1. 서 론

국방 분야나 우주 개발 등 시스템 개발 분야의 사업이 더욱 복잡해지고 거대화 될수록 과학적이고 분석적인 개발 비용 분석이 요구되고 있다. 현재 우리나라에서도 국가 우주개발 중장기 기본계획에 따라 우주발사체, 인공위성, 우주센터 등 우주분야의 여러 사업들을 진행 및 계획하고 있으며, 이외에도 항공기, 헬기 등 국방 분야 사업들도 진행되고 있다.

한국항공우주연구원에서는 2007년을 목표로 100kg급 지구 저궤도 소형위성발사체(KLSV-Ⅰ) 사업을 수행중에 있으며, 2015년에는 1.5톤급 지구 저궤도 실용위성발사체(KSLV-Ⅱ) 개발사업을 계획하고 있다. 비용추정은 이러한 거대 시스템 개발에 대해서 개발비용을 최적화시키고 사업 진행에 있어 위험 요소들을 분석함으로써 초기 단계부터 프로젝트 관리를 효율적으로 수행함을 목표로 한다.

본 논문은 2004년도 NASA Cost Estimating Handbook[1]과 2005년도 NASA's Exploration Systems Architecture Study[2]를 참고로 NASA에서 추진하고 있는 프로젝트들의 비용추정을 어떻게 하는지 적용 현황을 파악하였다.

2. 비용추정의 역할

프로젝트의 책임자는 프로젝트의 수명주기 관리가 통합/과정중심/숙련된 접근성을 가질 때 객관적이면서 확실한 이익을 추구할 수 있다. 특히 NASA와 같은 기관은 최대 성과를 달성하기 위하여 비용추정이 중요한 역할을 한다. 검증된 소프트웨어, 하드웨어 및 시스템 엔지니어링 원칙과 경험을 적용시킨 선행연구 및 비용-위험 분석은 일정 및 예산 범위 안에서 프로젝트를 수행하는 데에 있어서 위험을 최소화 시킨다. 비용추정은 프로젝트를 계획하는데 있어서 중요한 요소이며, 프로젝트를 수행하는 사람들은 비용추정을 준비하기 위해 상당한 노력을 기울인다. NASA가 수행하는 프로젝트들은 주로 새로운 기술들을 포함하고 수년이 요구되기 때문에 정확히 비용을 추정하는 일은 어려울 수 있다. 요구사항에 대한 정의, 기술적인 진보, 업무의 복잡성, 경제적 상황, 요구 일정, 프로젝트 지원 환경, 시스템 이용 개념들을 충분히 예상치 못하거나 정의하지 못했을 때, 비용추정은 부정확할 수밖에 없다. 게다가 잘못된 비용추정은 계획을 실행 불가능하게 할 수도 있으므로 비용추정이 잘못되었다고 판단되면 적절한 비용에 대한 새로운 계획을 세워야 할 것이다.

정확하고 신뢰성이 높은 비용추정은 NASA에 직접적으로 긍정적인 영향을 끼친다. 그러므로 NASA의 비용추정 위원회는 아래 사항에 대해 항상 유의하고 있다.

- 과다 추정된 프로젝트 수행비용은 프로그램상에서 적절하지 않은 가격으로 간주되어 예산을 지원받지 못할 위험이 있다.
- 낮게 어림잡은 비용추정은 프로젝트를 수행하는 데에 필요한 연구비를 충분히 제공받지 못하게 할 수도 있다.
- 적절하게 추정된 비용은 예산을 세우고 지원하는 데에 도움이 된다.
- 반복되고 문서화된 비용추정은 의사결정 을 지원하는 과정에서 발생할 수 있는 실질적인 비교를 가능하게 해 준다.

3. NASA의 비용추정 현황

3.1 비용추정의 필요성

NASA는 제한된 예산으로 최고의 결과를 도출하기 위하여 끊임없이 노력해오고 있으며, NASA 비용추정 위원회는 현재의 비용추정 기법을 부흥하고 강화하는 것에 대한 책임을 갖고 있다. 이러한 노력과 변화를 통해 NASA 비용 추정 위원회는 훨씬 더 많은 정보관리 지원, 더욱 정확하고 시기적절한 비용추정, 에이전시로서의 NASA의 신용도를 증가시키기 위한 완벽한 비용 위험 평가를 제공하고 있다.

NASA 비용추정 위원회는 NASA 전체의 정확하고 신뢰성 있고, 정당하다고 인정되는 비용 추정을 정책결정자에게 제공하는 데에 도움을 주는 역할을 하고 있다. 몇 년 전까지 만해도 비용추정은 단지 프로젝트

예산을 받기 위한 수단으로 사용되었다. 그러나 지금 그 유용성과 능력은 간과할 수가 없게 되었다. 이익과 위험을 관련시켜 비용을 도출하는 능력은 프로젝트에 필요한 예산을 지원받기 위해서 그 근거를 준비하는데 정책 결정자에게 기본적으로 가장 중요한 것이다.

3.2 비용분석 조직

NASA는 "One NASA" 라는 개념을 제도화 하였다. 이 개념은 업무수행에 있어 어떤 결정을 하고, 자산을 분배하고, 인적자원을 훈련시키고, 계약자와의 관계 등 모든 것을 NASA의 기준을 따르도록 하게하는, 모든 것이 통합된 NASA의 조직적 운영 모델이다. 이처럼 비용추정 결정 과정에 대한 일관된 접근 방법은 NASA 에이전시의 비용추정 능력을 향상시킨다.

NASA에는 많은 비용추정 조직이 있으며 이 조직들은 서로 연관되어 있다. 재정을 담당하는 부서장으로부터 프로젝트를 수행하는 엔지니어에 이르기까지 비용추정을 위한 정보를 제공한다. 그러나 비용추정은 앞에서 설명된 기관 밖에서도 가능한 경우가 있다. 어떤 기업들은 NASA 본부에 속해있는 평가자를 소유하고 있으며 많은 연구 센터들은 평가조직의 외부에 평가자나 엔지니어들을 팀으로 구성하고 있다. 대부분의 지역 센터들은 프로젝트 센터를 운영하고 있으며 종종 각각의 센터에서 비용추정 전문가는 디자인 개념 설계 작업에 참여하도록 요구된다.

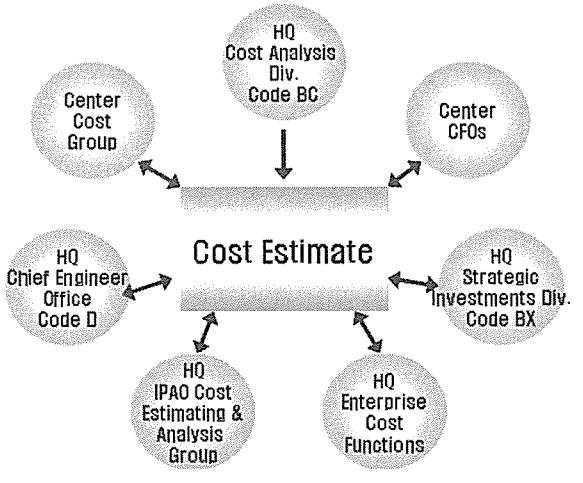

그림 1. NASA 비용추정 기관 및 인터페이스

3.3 비용추정 과정

NASA의 비용추정 과정은 크게 3가지로 분류 된다. 첫 번째로 프로젝트를 정의하고, 비용에 대한 분류를 하며 마지막으로 평가 작업을 수행한다. 결정적인 과정에 대해 무시하거나 피하게 되면 그 이전 단계부터 재평가가 필요할 수도 있으므로 각 과정은 단계별로 순차적으로 이루어진다. 1단계부터 3단계까지는 프로젝트를 정의하는 단계이며, 4단계부터 7단계까지는 비용에 대한 분류를 하며, 8단계부터 마지막 단계까지는 평가에 대한 내용이다. 다음은 각 단계에 대한 간략한 내용이다.

프로젝트의 정의
① 고객의 요구사항을 접수하고 프로젝트의 성격을 이해한다. ② 작업분류체계(WBS)를 준비하거나 확보한다. ③ 프로젝트의 기술적인 설명을 획득하거나, 개발에 참여한다.
비용 분류
④ 프로젝트의 외부 환경이나 발생할 수 있는 요인을 점검한다. ⑤ 비용추정 방법론을 개발한다. ⑥ 비용 모델을 선택하고 구성한다. ⑦ 데이터를 모으고 표준화한다.
평 가
⑧ 전 개발주기에 걸친 정확한 비용추정 방법을 개발한다. ⑨ 프로젝트의 기간에 걸쳐서 누적되어 나타나는 신뢰성 있는 비용을 산출한다. ⑩ 비용추정을 문서화한다. ⑪ 결과를 제출한다. ⑫ 비용추정 결과를 업데이트 한다.

4. 비용추정을 적용시킨 NASA 프로젝트 비교

4.1 아폴로 vs. ESAS

아폴로 프로젝트는 1960년대 미국이 구소련과의 우주경쟁에서 주목할 만한 성과를 이룬 것으로 잘 알려져 있다. 아폴로 프로젝트의 주요 목표는 유인 우주선을 달에 착륙시키고 임무를 수행한 후 무사히 지구로 귀환하는 것으로서 우주에 대한 미국민의 관심을 바탕으로 기술적인 발전을 확립하고 우주 개발에 대한 미국의 힘을 과시하며 과학적인 달 탐사 수행 및 달 환경에서 작업할 수 있는 인간의 적응력을 발전시키기 위함이었다.

ESAS는 2004년에 미국 부시대통령이 우주탐사에 대한 새로운 비전을 제시하면서 그중에 일부로 2010년에 스페이스 셔틀 프로그램을 중지하고 2014년 내에 새로운 유인 탐사 우주선을 개발하는 것을 제안하면서 수행된 프로젝트였다. ESAS는 Exploration Systems Architecture Study의 줄임말로써, 현재 NASA의 우주

탐사에 대한 비전을 위한 비용 계획은 ESAS에 그 기초를 두고 있다. 이 프로젝트는 2005년 5월에 시작하여 7월까지 약 3개월간 진행되었다.

4.2 ESAS와 아폴로 프로그램과의 비교

ESAS의 비용추정 평가들은 주로 비용 모델에 대한 변수와 NAFCOM(NASA/Air Force Cost Model)을 근거로 하고 있다. 이러한 비용 분석은 신중을 기해야 하므로, NAFCOM은 과거로부터 요구 조건들의 변화 정도, 예산 부족 문제, 일정의 연기 및 기술적인 문제들을 다루게 된다. 만약 그 비전 프로그램이 안정적인 요구사항을 유지하고 시기 적절히 예산을 지원받으며 기술적인 문제들이 거의 발생하지 않는다고 한다면, 비용은 그만큼 낮아질 것이다.

ESAS와 아폴로 프로그램을 비교 할 수 있는 요소에는 여러 가지가 있다. ESAS에서는 스페이스 셔틀에서 파생된 하드웨어들이 비용 평가에 사용되었으며, 이것은 아폴로 프로그램과 비교할 때 비용 절감이 뻔히 보이는 것이다. 그밖에 요소를 보면, 제안된 ESAS 시스템 구성은 확실히 아폴로의 시스템 구성보다 훌륭하다. 아폴로는 단지 두명의 인원이 최대 3일 동안 달 표면에서 임무를 수행하였으나, ESAS의 경우 최대 7일 동안 4명의 인원이 임무를 수행할 것이다. 또한 ESAS 유인 탐사선은 아폴로 Command 모듈의 세배나 된다. ESAS는 달의 전 영역에 걸쳐서 임무를 수행하게 된다. 그에 반해 아폴로는 달의 적도 부근 탐사만 한정되었다. 또한 ESAS는 자유로운 시간에 달의 어느 지점에서나 지구로의 귀환이 가능하나 아폴로는 그렇질 못했다. 그러나 이렇게 추가된 ESAS의 뛰어난 성능은 비용의 증가로 연결되진 않는다.

아폴로 프로그램이 수행되었던 1961년부터 1969년까지 투입되었던 개발비용은 210억 달러였지만 이것을 2005년도 기준으로 환산하면 1650억 달러에 이르고 이것을 2006년부터 2014년의 비용으로 전환하면 1860억 달러에 이른다. 이 수치는 프로그램 관계자와 관련된 모든 경비도 포함한다. 이에 반해 ESAS는 2006년부터 2018년까지 개발비용을 생각하면 첫 번째 달 착륙을 포함해서 1240억 달러의 비용이 소요되며, 2005년도 기준으로 계산하면 990억 달러이다. 아래 그림에서 보는 것처럼 위의 ESAS 비용은 유인 탐사선에 대한 국제우주정거장(ISS) 서비스 비용으로 약 200억 달러가 추가된 것으로 나타난다.

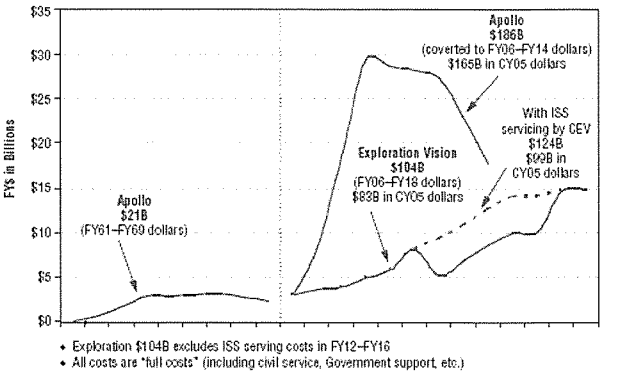

그림 2. 아폴로와 ESAS와의 비용 비교

5. NASA의 비용분석 도구

5.1 NAFCOM

비용추정은 파라미터와 엔지니어링 평가 접근법을 사용하여 평가된다. 대부분 파라미터 평가는 NAFCOM으로 수행된다. 이것은 기본적인 파라미터 비용-추정 툴로서 항공우주분야에 서 널리 사용된다.

NAFCOM은 현재 NASA 및 미공군에서 운영하는 모델로서 정부와 계약에 의해 운영되고 있다.

NAFCOM은 발사체, 인공위성, 유인 우주선, 스페이스 셔틀 등 그동안 수행되었던 약 122개 프로젝트들의 방대한 데이터베이스를 기초로 하고 있다. 이 비용모델에는 100개의 무인 우주선, 8개의 유인우주선, 11개의 우주 발사체의 단부, 3개의 액체 로켓엔진에 대한 구성요소, 서브시스템 및 시스템 레벨에 대한 비용/기술/프로그램 데이터를 포함한다. 또한 무인 및 유인우주선의 366개의 과학적으로 검증된 도구에 대한 척도를 제공한다. NAFCOM은 NASA 본부, MSFC(NASA Marshall Space Flight Center), IPAO (Independent Program Assessment Office) 및 다른 NASA의 센터들과 800여 공무원 및 정부 계약자들에 의해 사용되고 있다.

5.2 PRICE

PRICE는 비용 및 일정을 추정하고, 제품 생산 계획에 참여하고, 프로젝트 제어 능력을 향상시키는 역할을 한다. PRICE 시스템은 스페이스 셔틀을 대체할 NASA의 새로운 우주 운송수단인 차세대 재사용 발사

체(Reusable Launch Vehicle)를 연구하기 위한 개발 계획에서 사용되었다. 여기에서 PRICE 시스템은 RLV 개발의 비용추정에 대한 신뢰성을 확인하기 위한 NASA의 연구에 도움이 되었다. 이 연구에서는 1972년부터 1981년까지의 스페이스 셔틀에 대한 비용 및 기술적인 정보들이 사용되었다.

5.3 SEER

NASA의 MSFC 엔지니어들이 명왕성에 대한 우주탐사를 목적으로 비용추정 작업을 위해 파라미터화한 원가 계산을 시도하였다. 최근에 MSFC는 명왕성 탐사 프로그램에 대한 자세한 비용 모델을 만들기 위하여 상업적인 소프트웨어를 이용하기로 하였고, 이러한 시도는 현재 잘 알려지지 않은 행성 탐사에 대한 비용을 추정한다는 중요한 가치를 지니고 있었다. 원래 비용추정을 위하여 NAFCOM이 사용되었으나, NAFCOM은 그 기능상 서브시스템이나 구성 성분 수준 분석에 대한 제한이 있었기 때문에 이를 보완하기 위하여 SEER가 사용되었다[3].

6. 결론

국가의 여러 국책사업을 살펴보면 초기 계획보다 기간 및 비용이 증가된 사례가 심심치 않게 있다. 사업을 지연시키는 요인에는 기술적인 문제 이외에도 정치, 경제, 사회적인 여러 가지 원인들이 있을 수 있겠으나, 사업을 수행하기 위한 정확한 비용 및 위험 예측을 바탕에 둔 합리적인 계획은 이러한 요인들의 영향을 가능한 받지 않도록 할 것이다. 아직까지 우리나라에서 널리 보편화되지는 않았지만 우주개발의 선진국인 미국 NASA의 예를 보더라도 프로젝트의 비용추정은 꼭 필요한 것이다. 앞으로 수행되는 우주사업도 이와 같은 비용 추정기법을 적용하여 계획을 세우고 사업을 수행한다면 이제 막 우주분야 연구 개발을 시작하는 초기 입장에서 우주개발 선행국들이 했던 시행착오를 줄이는 데 많은 도움이 될 것이다.

참고문헌

[1] 2004 NASA Cost Estimating Handbook

[2] NASA's Exploration Systems Architecture Study Final Report, November 2005

[3] http://www.galorath.com