

중점연구개발과제 도출을 위한 기술기획 모델

- 공공부문의 정보통신기술개발계획을 중심으로 -

임 명 환*

〈 목 次 〉

1. 서 론
2. 바람직한 기술기획 체계의 모색
3. 중점연구개발과제 도출 및 선정 모델
4. 결 론

1. 서 론

1.1 배경 및 연구의 목적

세계 각국은 기술개발을 통한 상품화 시장전략을 모색하여 경쟁력을 확보하는 이른바 기술혁신 시대를 맞이하여 그 어느 때 보다도 연구개발을 통한 기술획득에 여념이 없다. 또한 국가마다 정부주도하에 초고속정보통신 하부구조를 구축하고 그에 필요한 장비와 단말기, 정보통신서비스, 응용소프트웨어를 개발하기 위하여 R&D투자를 강화하고 있다. 반면에 새로이 재편된 WTO체제는 국가 R&D체계를 폭 넓게 규제하여 연구개발의 경쟁도입과 투명성을 요구하고, 정부 간여 및 보조금지원을 제한시키고 있다. 또한 선진국은 기술부메랑효과를 의식하여 후진국에게 기술이전을 회피하고 상품화기술에 대해서는 로얄티 등의 기술료를 요구하여 기술마저 상품화시키고 있다.

이렇듯 최근의 기술환경은 양면성을 띠고 복잡하게 나타나고 있는 가운데, 각국은

* 한국전자통신연구원 선임연구원

기술시장 선점을 통한 국가 경쟁력향상에 초점을 맞추어 전략적 기술개발계획을 수립하여 추진하고 있다. 특히 '90년대 들어 와서는 시간요소에 기반을 둔 경쟁(Time-based Competition)이 의사결정의 핵심요소로 등장하고 있어서 개발기술의 조기 산업화는 경쟁력 결정에 가장 주요한 요인(Mitchel, 1992)으로 인식되고 있다. 한편, 이러한 전략적 기술기획이 잘 나타나고 있는 분야는 정보통신기술인데 정보통신은 국가의 하부구조로서 그리고 21세기 정보사회를 주도하는 전략산업으로서 경제·사회적으로 파급효과가 크기 때문에 국가차원의 기술개발계획이 수립되고 있는 것이다.¹⁾ 정보통신은 규모의 경제, 범위의 경제가 존재하는 특성 외에 기술개발주기가 짧고, 반면에 중장기적인 기술개발계획의 필요성은 증대하고 있어서 올바른 기술기획 체계의 정립과 활용은 곧 연구개발 효율성을 극대화시킬 수 있는 것이다.

오늘날 거의 모든 국가에서 어떠한 형태로든 공공분야에 대한 기술개발계획 수립시 우선순위를 설정하고 있으며, 이는 연구개발이 국가경쟁력에 결정적인 요인이라고 인식을 하고 있기 때문이다. 연구개발의 우선순위를 설정하는 것은 가용 재원을 우선적으로 할당하거나 추가적 재원이 확보될 경우 우선적으로 자금을 지원할 특정 분야의 연구개발과제를 선정하는 것을 의미한다. 그리고 지식영역의 확대에 의한 기술분야가 광범위 해짐에 따라 연구개발수요가 크게 증가한 반면 자원(재원, 인력, 장비 등)은 한정적이어서 필연적으로 연구개발과제의 우선순위 설정을 도입하고 있는 것이다.

따라서 이 연구는 세계적인 기술확보경쟁 시대를 맞이하여 공공부문(정부 및 출연 연구기관)에서 기술개발계획을 수립할 때 필요한 기술기획 체계를 정립하고 연구개발과제를 도출·선정하는 방법과 절차를 제시하는데 목적을 두고 있다. 특히 기술기획의 핵심인 중점 연구개발과제의 도출방법과 절차에 관한 본 모델은 공공부문의 연구개발 계획 수립시 실질적으로 적용될 수 있도록 정보통신분야를 예들들어 구체적으로 논의하고 있다.

1) 정보통신분야에 있어서 국가 단위의 대형 기술개발 프로젝트는 이미 '90년대 초반부터 추진하고 있는데, 미국은 정보기반구축계획(NII), 유럽은 EII, 일본은 신사회간접자본확충계획, 싱가폴은 IT2000 등 정보사회를 대비하여 각 가정에 까지 광케이블로 연결(FTH)하여 고도의 정보통신서비스를 제공한다는 목표하에 기술개발을 포함한 광범위한 기반구축계획을 수립하여 추진하고 있음.

1.2 연구의 범위

체계적인 기술기획에 관한 연구는 '60년대부터 선진국을 중심으로 많은 연구(Pappas and Maclaren, 1961; Baker and Pound, 1964; Rosen and Souder, 1965 등)가 있었으나, Bilich(1989)의 접근방법에서 보는 바와 같이 문제점 인식, 기술예측 및 전망, 기술개발계획 수립, R&D 수행, 조정, 개발평가에 이르는 기술기획 전과정을 다루고 있다. 또한 실제 사례분석으로 General Motors사의 기술기획 과정을 분석한 Koerner(1989)²⁾와 AT&T의 기술기획 모형을 분석한 Boar(1993)³⁾의 경우도 마찬가지로 광의의 기술기획을 논의하고 있으며, 사후평가에 초점을 맞춘 EIRMA(1995)⁴⁾ 보고서에서도 기술기획 체계를 광의의 개념으로 보고 있다.

그러나 본 연구는 협의의 기술기획 즉, 기술개발계획 수립 과정중 연구개발 수행 이전까지의 절차를 주로 다루고자 하며, 이에 따른 기술기획 체계를 개략적으로 설명하고 중점 연구개발과제 도출·선정 절차에 초점을 맞추어 논의하고자 한다. 왜냐하면 기술분류, 기술수요조사 및 기술예측 등의 기술기획 탐색과정은 이미 여러 문헌들(Freeman, 1992; Twiss, 1995; Martino, 1993; Porter et al., 1991 등)에 의하여 체계화되어 있고, 또한 저마다 기술환경 차이가 있어서 전과정을 모델화하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 보인다. 마찬가지로 실제 기술개발계획의 작성도 경제주체의 정책목표가 상이하고 가용자원의 활용정보가 경직적이거나 제한적이어서 모델화하기에는 어려움이 따른다. 또한 연구개발결과의 사후평가도 여기서 논의하기에는 그 범위가 너무 확대되기 때문에 제외한다. 한편 기술기획 체계를 효율적으로 설명하고 최근 정보통신의 중요성을 고려하여 사례분석 대상은 과학기술 전분야가 아닌 정보통신기술 분야에 국한하여 분석하기로 한다.

-
- 2) Koerner는 기술기획 과정을 “1단계 : 경영목표의 설정, 2단계 : 사용자 만족과 기술적 대안을 고려한 기술전략의 수립, 3단계 : 전략에 따른 자원의 배분, 4단계 : 기술개발 및 생산”으로 구분하여 분석함.
 - 3) Boar는 기술기획 모형을 “1단계(평가) : 현재의 사업이나 기술에 대한 상황을 분석하는 것, 2단계(전략) : 미래 사업 및 미래에 달성되어야 할 목표를 설정하는 것, 3단계(수행) : 설정된 목표를 달성하기 위하여 실행계획을 수립하는 것”으로 분석함.
 - 4) EIRMA 보고서에는 기술기획 체계를 “1단계 : 기획단계(Input Weighting, Balancing, Communication), 2단계 : 프로젝트선정(Decision), 3단계 : 실행(Execution) 및 과정관리(Monitoring), 4단계 : 사후평가(Post-evaluation) 및 피드백(Feedback)”으로 정립함.(자료 : EIRMA, 1995, pp.14~17)

요약하면, 이 연구는 “어떤 기술을 왜 개발해야 하는지”에 대해 초점이 맞추어진 협의의 기술기획(R&D Planning)으로서, “누가 개발하고, 어떻게 개발하는지”에 대해서는 가볍게 다루고 있다. 구체적인 연구의 범위는 바람직한 기술기획 체계의 모색과 중점 연구개발과제 도출·선정에 필요한 소요기술 도출, 공공 연구개발과제 발굴을 위한 평가, 목표달성도 추정 및 기대효과 평가, 기술수요 반영, 기술확보 시급성 평가 등의 내용들이다.

2. 바람직한 기술기획 체계의 모색

기술기획이란 일반적으로 기술개발계획 수립시 연구개발실행 이전까지의 절차와 의사결정 행위를 말하며, 정부 또는 기업 등 경제주체가 기술개발활동을 통해 목표를 달성하기 위하여 R&D전략을 체계적으로 수립하는 행위를 말한다. 즉 기술기획은 특정 분야의 기술을 효율적으로 획득할 목적으로 규범적인 계획을 수립하는 과정으로서, “기술발전 및 환경에 대한 분석과 달성하고자 하는 바람직한 기술기획로서의 기술개발 목표를 설정하고, 이 목표를 달성하기 위하여 중점 연구개발과제를 선정하고 자원을 분배하는 등의 추진체계를 수립하여 최적의 획득전략을 모색하는 일련의 의사결정 과정”으로 정의할 수 있다. 이러한 기술기획은 기술혁신의 가속성, 기술상품의 시장성, 자원의 한정 등의 요인에 의해서 경제주체들이 R&D투자 효율성을 극대화하기 위한 전략의 일환으로 활용되고 있는 것이다.

이와같은 정의를 토대로 기존 기술기획 체계의 한계와 문제점을 몇가지 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 기존의 기술기획 체계 모델은 기술기획 전과정을 논의하기 때문에 그 범위가 지나치게 확대되어 각각의 단계가 어떻게 연계되는지를 파악하기가 곤란하며, 실행계획(Action Plan)을 수립하고 적용하기에도 세부절차가 미약하다.

둘째, 기존 모델은 기획 초기단계에서 목표를 설정할 때 단지 연구개발목표 또는 기술개발목표를 제시하고 있으며, 상위 목표인 기술진흥목표(국가목표, 기관/기업목표, 사업목표) 등의 정책목표를 반영하는데 소홀히 하고 있다. 이것은 기술을 위한 기술개발이 될 수가 있기 때문에 주의해야 한다.

세째, 연구개발을 통해 기술이 진화되어 상품화되는 과정인 기술축적 경로를 파악할 수가 있어야 하는데, 기존 기술기획은 기술수준 분석과 개발할 기술의 연구개발단계 분석이 다소 결여 되었으며, 있더라도 기술동향 분석에 지나지 않는다. 이것은 기술확보 시차문제로서 어떤 등급의 기술을 어디까지 개발해야 하는 질문에 답을 주는 것이기 때문에 중요하다.

넷째, 기술혁신 이론측면에서 대부분 기술주도설(Technology push) 또는 수요견인설(Demand pull)을 상호 배타적으로 인식하고 있다. '90년대 들어 두 모델을 조화롭게 활용하는 상호작용설(Interactive model)을 사용하고 있지만, 아직까지 기술적 시즈(Seeds)와 시장적 니즈(Needs)를 적절히 반영하지 못하고 있다.

한편, 연구개발을 효율적으로 수행하기 위한 의사결정 과정을 기술기획이라고 하는데에는 기획과정의 규범과 절차가 중요하기 때문이다. Fahey(1981)는 규범적 측면에서 ①조직내의 다양한 단계에서 의사결정이 내려질 수 있도록 규범되어야 하며, ②경직된 모형보다는 유연성을 포함한 모형이 선호되어야 하며, ③종래의 형식적인 연구개발계획에서 좀더 비형식적인 요소를 포괄하고, ④미시적 수준에서의 계획 뿐만 아니라 조직의 위계적 수준에서도 투입될 수 있도록 만들어져야 하며, ⑤연구책임자, 연구관리자의 각각의 기능을 명확히 명시해야 한다고 하였다. 또한, 성공적인 기술기획 모형을 설정하기 위해서는 절차적인 요소도 중요하게 고려되어야 하는데, 즉 ①정치적, 행위적 관계라는 측면에서 기술기획 모형은 충분한 토론과 타협이 기획 입안자들에 이루어 질 수 있도록 하고, ②기술기획 모형은 기획자들간에 명백, 완벽하고 개방된 의사전달이 이루어 질 수 있도록 만들어 져야 한다고 주장한 바 있다.⁵⁾

그리고 기술기획 모델이 가져야 할 세가지 전제조건⁶⁾에는 유효성, 효율성, 그리고 활용성이 있다. 유효성이란 목표기술을 성공적으로, 정해진 기간내에, 다른 분야와의 기술적 특성에 맞추어 개발하였느냐이다. 효율성은 구체적인 사업이 주어진 자원조건을 최대한 활용했느냐와 기술기획에서 제시한 연구개발수행 원칙과 절차를 얼마나 잘 지켰느냐이고, 활용성은 기술기획이란 일회성이 아니라 지속적인 과정이기 때문에 수

5) 기술기획의 규범과 절차에 관한 자세한 내용은 "Fahey, L.(1981), "On strategic management decision process", *Strategic Management Journal*, pp.43-60."을 참고로 하면 좋을 것임.

6) Cabinet Office(1989), *R&D Assessment: A Guide for Customers and Managers of Research and Development*, HMSO, pp.58-61.

행경험을 차기 기술개발계획에 얼마나 효율적으로 연계시킬 수 있는가의 기준이 된다. 따라서 이러한 전제조건도 일반론으로 그치지 말고 바람직한 기술기획 체계 모델에 반영되어야 할 것이다.

기술기획 체계 분석의 접근방법은 하향방식(Top-down)과 상향방식(Bottom-up), 그리고 혼합방식(Mix)이 있다. 하향방식은 대부분의 기술기획 의사결정이 상부에서 이루어지고 연구책임자 또는 연구원에게로 의사전달이 되는 것을 의미하며, 상향방식은 그 반대이고 혼합방식은 양자를 적절히 혼합하여 기술기획을 실시하는 것을 말한다. 이제까지의 기술기획 활동은 연구개발사업(Program)을 중심으로한 하향방식이 가장 널리 사용되고 있으며, 다음에 혼합방식, 상향방식 순으로 선호되고 있다. 특히 공공부분의 기술개발계획에는 하향방식이 가장 빈번하게 사용되고 있는데, 이것은 연구개발 대상이 공공분야이기 때문이기도 하지만, 기술기획 추진시 역할분담이 명백하고 상위 기획자들간에 의사소통이 원활하게 이루어 질 수 있기 때문이다. 그러나 이 방식은 내부 기술환경을 정확히 파악하지 못한채 경직적이고 지나친 형식논리로 인하여 효율성을 발휘하지 못하는 경향이 있다.

따라서, 바람직한 기술기획은 명확한 정책목표하에 규범적인 요소와 절차가 체계적으로 이루어지고 기획단계별 연계성이 강화되어야 하며, 연구개발 효율성을 달성하기 위해 전략수립시 유연성을 보이는 모델이 되어야 한다. 또한 기술혁신 이론은 상호작용설(Interactive model)을 사용하고, 기술기획 체계의 접근방식은 연구개발사업의 특성 및 기술의 성격에 따라 하향방식, 상향방식을 택할 수도 있지만 공급과 수요, 시즈(Seeds)와 니즈(Needs)를 조화롭게 반영한다는 측면에서 혼합형이 더욱 효과적일 것이다.

3. 중점연구개발과제 도출 및 선정 모델

3.1 모델의 개요

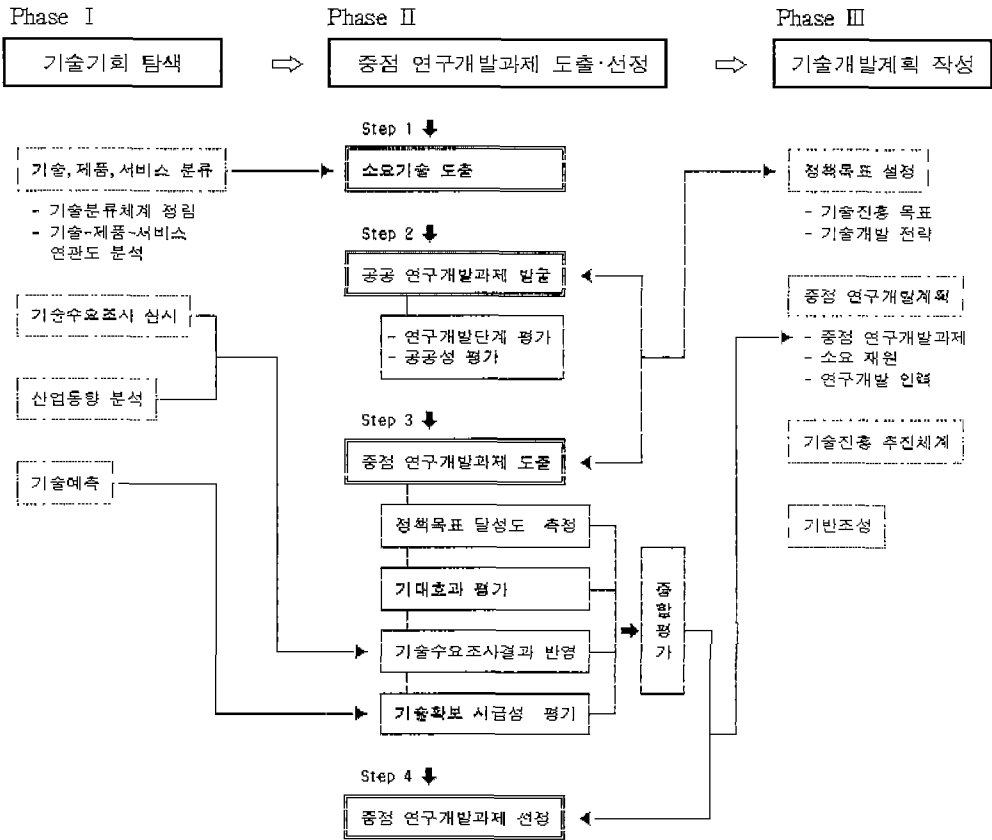
연구개발과제 선정에 관한 이론은 기술기획에 관한 연구와 더불어 여러 가지 문헌들에 의해 체계적으로 정리되어 있다. 그러나 정보통신분야처럼 최첨단 기술이면서

단위기술에서 System기술에 이르기 까지 광범위하게 퍼져 있는 기술기획의 경우는 몇가지 검토할 사항들이 있다. 예컨대, Fahrni와 Spätig(1990)는 5가지 검토사항(①적절한 프로젝트의 선택기준, ②사용 가능한 자원들의 확인, ③결정변수의 계량화 방법, ④프로젝트간의 상호 의존성, ⑤프로젝트 수행의 위험성)이 중요하다고 논의한 바 있다. 그러나 실무적으로 적용하기 위해서는 무엇보다도 Aaker와 Tyebjee(1978)가 제안한 바 있는 프로젝트간의 상호 의존성을 가장 유의하여야 할 것이다. 왜냐하면, 공공연구개발계획 특히 국책 연구개발사업은 주로 시스템 단위의 거대한 프로젝트들을 추진하는 것으로서 각각의 단위 프로젝트간의 연계성으로 인해 기술적 상호의존성이 많이 나타나기 때문이다.

우선순위에 따른 연구개발과제 선정 이론중 서로 대비되는 이론 두가지만 살펴보면, Johnston(1989)은 경제성분석 모형에서 ①신기술의 연구, 개발, 평가에 소요되는 자원의 비용, ②산업에서의 실제 적용시 절감 가능한 내용, ③기술의 국제적 이전 가능성, ④성공확률, ⑤기술의 예상수명, ⑥산업에의 활용도, ⑦경제적 변수와의 관계, ⑧기타 효과와 관련한 비용 등을 계량화하고 이를 고려해야 한다고 주장하였다. 반면에, Stewart(1995)는 공공분야 우선순위결정 논문에서 사용자모형, 제도적모형, 정치적모형을 제시하여, 제한적인 경제성 분석보다는 연구개발동기와 의사결정 대안들의 상호관계에 의해서 결정되는 시스템이론을 강조하였다. 두 모델다 나름대로 장단점을 갖고 있지만 이와같은 변수들을 모두 반영한다는 것은 복잡한 의사결정기구와 끊임없는 상황변동하에서 매우 어려울 것이다. 또한 이들 지표중 일부는 계량화되어야 함에도 불구하고 그렇지 못하거나, 계량화 되더라도 정확성에 문제가 되는 항목들이 있어서 중점 연구개발과제 선정을 곧바로 적용시키기에는 한계가 있으며, 별도의 구체적인 절차가 필요하다.

본 모델은 Williams(1969)와 Souder(1972)의 의사결정이론(decision theory) 분석방법과 같이 기술전문가 및 연구관리자들로 구성된 의사결정자가 연구개발과제별로 평가항목에 따라 점수를 부여하는 이른바 점수모델(scoring model)을 택하고 있다. 그리고 기술기획 체계의 접근방법은 전반적으로 하향방식이나 니즈(Needs) 측면에서 기술 수요조사 결과의 반영 등은 상향방식이므로 하향-혼합방식을 취하고 있다고 볼 수 있다.

<그림 1> 기술기획 체계 모형



이제 본 고에서 논의하고 있는 기술기획 모델을 살펴보면, 기술기획 이론과 과제 선정 이론의 상호 연계성을 강화하기 위하여 기존의 이론과는 달리 협의의 기술기획 체계내에서 연구개발과제 도출·선정 절차를 제시하고 있다. 즉 전체적인 기술기획 체계는 <그림 1>과 같이 기술기획 탐색, 중점 연구개발과제 도출·선정, 기술개발계획 작성 등 Phase별로 정립시킬 수가 있으며, 이와 연계된 중점 연구개발과제 도출·선정은 다시 세부 절차에 의한 평가과정을 거쳐 Step별로 체계화된다.

먼저 Phase I인 기술기획 탐색과정은 중점 연구개발과제를 도출하기에 앞서 사전에 조사분석하는 단계로서, 연구개발 대상이 되는 해당 분야에 대한 기술분류체계 정립 및 기술-제품-서비스 연관도 분석, 분류기준에 따른 기술수요조사 실시, 산업 및 시장동향 분석, 기술동향 분석 및 기술수준 평가, 기술예측 등을 수행하는 것을 말한다

다. 이들 항목들의 분석은 해당 기술의 전체를 개관하는 측면에서 독립적으로 활용되기도 하지만 대개는 다음 단계(Phase)의 분석에 중요한 기초자료로 활용된다.

본 고의 주요 연구대상인 Phase II의 중점 연구개발과제 도출·선정 절차는 Phase I에서 획득된 분석결과 및 Phase III의 정책목표 등 정보를 토대로 소요기술 도출, 공공 연구개발과제 발굴, 중점 연구개발과제 도출 등의 과정을 거쳐 최종적으로 공공 부문에서 중점 수행할 연구개발과제를 평가하고 우선순위에 입각하여 과제를 선정하는 것이다. 한편 이 단계의 내부 항목들은 서로 종속적으로 영향을 받고 있으므로 매우 주의를 기하여야 한다. 즉 Phase II는 각각의 기술에 대한 평가⁷⁾단계로써 평가항목 및 평가자그룹의 전문성에 따라 선정결과가 크게 달라질 수가 있기 때문이다.

마지막으로 Phase III는 기술적(technical)으로 순위가 매겨진 중점 연구개발과제를 공공부문의 정책목표와 가용한 소요자원 및 연구개발인력의 공급능력에 맞추어 우선순위를 적용하여 실제 기술개발계획을 수립하는 단계이다. 이 단계에서는 실행계획(Action Plan)의 중점 연구개발과제 확정 뿐만 아니라 추진방법, 역할분담 등의 연구개발 추진체계를 설정하고 기술개발 환경에 해당하는 기반조성계획도 병행하여 작성된다.

3.2 중점 연구개발과제 도출과정 및 선정절차

기술기획 체계내에서 중점 연구개발과제의 도출·선정 모델은 앞에서 논의한 바와 같이 Phase II에서 소요기술 도출, 공공 연구개발과제 발굴, 중점 연구개발과제 도출, 그리고 종합평가에 의한 중점 연구개발과제 선정 등 4개의 단계(Step)로 나누어 설명된다.

모델 분석의 예시대상인 정보통신분야의 기술분류는 기존의 분류체계(정보통신연구관리단, 1996)인 통신기술(Telecommunications Technology), 전파·방송기술(Radio·Broadcasting Technology), 정보기술(Information Technology), 반도체·부품기술(Part·Semiconductor Technology), 기초기술(Basic Technology) 등을 이용하고 있다.

7) 연구개발 평가에는 사전평가(Assessment)와 사후평가(Evaluation)로 구분되는데, 기획단계의 평가는 전자로, 연구개발 완료후 성과에 대한 평가는 후자를 말하며, 이러한 측면에서 본 고의 평가는 사전평가를 의미한다.

Step 1. 소요기술 도출

먼저 1단계(Step 1)인 소요기술 도출은 Phase II의 첫단계로 Phase I의 기술-제품-서비스 분류에서 시즈(Seeds) 측면을 반영한 것으로서, 기술을 평가하여 필요기술과 확보기술을 선정후 소요기술을 도출하는 것을 말한다. 여기서 필요기술이란 연구개발수행 주체가 어떤 제품이나 서비스의 경쟁력 확대 등의 목적을 위하여 필요로 하는 기술을 말하며, 확보기술이란 원천기술 측면에서 아직 확보되지 못한 기술로서 개발 등의 방법으로 획득해야 할 기술을 말한다. 따라서 소요기술은 필요기술 일부와 필요기술중 확보기술로 체크된 것들이 채택되어 도출된다.(〈표 1〉에서 소요기술로 도출되면 “√” 표시함)

이때 소요기술은 Phase I에서 분석된 기초자료를 토대로 분야별 전문가가 평가하여 도출하며, 여기서 도출된 소요기술은 다음 단계의 공공 연구개발과제 발굴에 활용된다.

〈표 1〉 소요기술 도출

기술분야	기술분류	필요기술	확보기술	소요기술 도출	비고
통신기술(T)	T1010101	# # # # #	b b b b b	√ √ √ √ √	
	T1010102				
	T1010103				
	T1010104				
	⋮				
⋮	T10n0n0n				
전파·방송기술(R)	R2000001~n				
정보기술(I)	I 2000001~n				
반도체·부품기술(P)	P 2000001~n				
기초기술(B)	B2000001~n				

주: 필요기술(#), 확보기술(b), 소요기술(√) 도출에 표시된 특수문자는 예시임.

Step 2. 공공 연구개발과제 발굴

기술기획 모델에 관한 본 논문은 정부나 출연연구기관 등 공공분야에서 수행할 연구개발과제를 선정하는데 주안점을 두고 있다. 민간부문은 전적으로 시장경제원리에 입각한 자체 의사결정기구에 의존하고 있으나 공공부문에 대한 연구개발과제의 선정

은 민간부문의 연구개발과제 선정과 다른 특징을 가지고 있다. 첫째, 경제이론측면에서 정부가 시장에 개입하는 동기인 “market failure”에 따라 연구개발할 분야도 통상적인 기초기술, 응용연구와 특정 분야의 제품개발을 포함시킬 수가 있다. 둘째, 민간이 연구개발하기에는 너무 많은 시간이 소요되는 즉 투자회수기간이 긴 연구개발과제에 대해서 공공연구기관이 참여하게 된다. 셋째, 기술개발 성공에 대한 위험성이 내포되어 있고 민간이 수행하기에는 비용적 부담이 큰 대형 연구개발과제를 공공기관이 담당할 수 있다. 넷째, 아직 시장이 형성되지 않은 분야로서 장래 시장이 불투명하고 상업성이 적을 때에도 공공부문의 연구기관은 이 분야에 대해 연구개발을 수행할 수 있다.

이러한 특징들은 연구개발사업 목적에 따라 <표 2>의 공공성 기준으로 변형되어 과제선정에 적용시킬 수가 있다. 그리고 공공분야의 연구개발은 Stewart(1995)가 우선 순위결정 모형에서 지적했듯이 공공부문에서 자금을 지원받기 때문에 사회적 또는 국가적 이익과 편익을 창출해 내야 그 목적을 달성할 수 있는 것이다.

<표 2> 공공 연구개발과제 발굴

소요기술	연구개발 단계(RL)						공공성 기준(NP)					개발기술	
	순수 기초	목적 기초	응용 연구	선행 개발	제품 개발	개량 개선	기준1	기준2	기준3	·	기준n		
T1010101													
T1010102	○	◎	●				*	*		·	*	**	**
T1010103	○		●		□	■	*	*	*	·	*	**	**
T1010104							*			·	*	**	**
·			●			■	*		*	·	*	**	**
·													
T10n0n0n													
R2000001~n													
I 3000001~n													
P4000001~n													
B5000001~n													

주 : 1) 연구개발 단계에 표시된 특수문자는 순수기초:○, 목적기초:◎, 응용연구:●, 선행개발:□, 제품개발:■, 개량개선:■ 을 나타냄.

2) 연구개발 단계 및 공공성기준 표시는 예시이며, 기술의 특성과 성격에 따라 복수로 선택될 수 있음.

즉, 표에서 통신기술 T1010102는 연구개발단계로 볼 때 목적기초와 응용연구가 혼재된 기술이며, 공공성 기준으로는 기준1, 기준2 둘 다 부합되는 기술임.

따라서 2단계(Step 2)의 공공 연구개발과제의 발굴은 이와같은 공공성 기준을 설정하여 1단계(Step 1)에서 도출된 소요기술중 개발기술을 발굴하는 것이다. 방법은 먼저 연구개발주체간 역할분담 측면에서 각각의 소요기술에 대해 적합한 연구개발단계⁸⁾를 표시하고, 이를 고려하여 공공성 기준에 부합되는 항목에 표시한후 최종적으로 공공 부문이 개발할 기술을 선정하면 된다.(〈표 2〉에서 개발기술로 채택되면 “**” 표시함)

Step 3. 중점 연구개발과제 도출

이제 3번째 단계(Step 3)인 중점 연구개발과제 도출은 연구개발과제 선정에 필요한 사전 평가과정이라고 말할 수 있다. 본 고에서는 정책목표 달성도, 기대효과, 기술수요조사 결과, 기술확보 시급성 등의 항목을 설정하였으나, 기술개발계획 추진 목적과 사업특성에 따라 기타 항목을 추가할 수도 있다. 그리고 중점 연구개발과제 도출에 적용되는 기술은 Step 1, 2에서 기술발굴 과정을 거쳤기 때문에 개발기술만을 대상으로 한다.

Step 3-1. 정책목표 달성도 측정

중점 연구개발과제 도출을 위한 3단계(Step 3-1~3-4) 절차중 가장 먼저 다루어야 할 사항은 정책목표 달성도의 측정이다. 이것은 어떤 기술을 왜 개발해야 하는지에 대한 질문에 근본적인 답변이 되는 항목으로, 공공재원을 통해 연구개발을 수행하고자 하는 기술개발계획 일수록 더욱 중요하며, 기술적 성취는 물론 사회적 만족까지 충족시키는 연구개발 목표의 설정이 필요하다.

8) 연구개발 단계는 연구에 해당하는 순수기초연구, 목적기초연구, 응용연구와 개발에 해당하는 선행개발, 제품개발, 그리고 상용화에 해당하는 개량개선 등으로 구분된다. 각 단계의 연구개발 정의는 다음과 같다.

- ① 순수기초 : 과학적 지식탐구나 이해를 목적으로 수행하는 이론연구(여러분야에 적용 가능한 기초연구)
- ② 목적기초 : 특정분야 기술적 한계를 극복하기 위한 지식 탐구활동(특정분야에 적용되는 기초연구)
- ③ 응용연구 : 새로운 지식을 이용하여 신기술의 창출 또는 기존기술의 획기적 개선을 목적으로 수행하는 탐구 활동
- ④ 선행개발 : 응용연구 기술을 이용하여 제품의 기본기능 구현, 설계 및 First Prototype의 개발활동
- ⑤ 제품개발 : 제품이나 서비스의 상품화를 목적으로 수행하는 개발활동
- ⑥ 개량개선 : 개발의 결과 획득한 제품 및 서비스의 개량 및 개선활동

(자료 : ETRI, “기초·기반기술연구의 개념정의”, 『주간기술동향』, 95-16, 1995, pp.1~18)

〈표 3〉 정책목표 달성도 측정

개발기술	정책목표(G)					달성도 측정 (5점척도)
	목표1	목표2	목표3	•	목표n	
T1010101						(G ₁ +G ₂ +...+G _n)/n
T1010102 **	4	3	4	•	5	
T1010103 **	5	5	5	•	5	
T1010104						
•						
• **	5	4	4	•	3	•
T10n0n0n						
R2000001 ~n						
I 3000001 ~n						
C4000001 ~n						
B5000001 ~n						

주 : 1) 정책목표 달성도의 수치는 예시이며, 측정기준은 달성도 매우 높음(5), 달성도 높음(4), 달성도 보통(3), 달성도 약함(2), 달성도 매우 약함(1), 달성도 없음(0) 등임.

2) 달성도 측정은 5점척도를 기준으로 각각의 평가치를 더한후 평가항목수로 나눈것임.

즉,
$$\frac{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n G_i}{n}$$
, 이 때 G_i는 각각의 정책목표(Goal)을 말함.

정보통신 기술혁신을 주도하고 있는 미국의 예를 들면, NSTC/CIC(1995)는 국가 전략기술을 도출하는 기술기획 체계에서 기본 프레임을 미국이 추구하고 있는 사회적 목표와 국방성이나 NASA와 같은 연방정부 차원의 목표가 무엇인지를 찾아내는 것에서 부터 시작하고 있다. 즉 1단계로 국가사회 목표를 설정하여 이용자 중심의 응용서비스 분야를 도출하고, 2단계에 중점 연구개발분야를 설정하여 전략 기술개발 분야를 도출하는 방식을 택하고 있는데, 이것은 정책목표의 중요성과 연구개발과제와의 연계성을 강조하고 있는 것을 의미한다.

본 모델에서 정책목표 달성도를 측정하기 위한 정보통신 기술개발의 정책목표는 정보화 기반조성, 정보통신산업 육성, 멀티미디어서비스 확산 등의 개념적 정책목표와 기술적 측면에서 전송속도, 용량, 통신처리 능력 등을 나타내는 수치화된 정책목표들을 설정할 수 있다.(예, ○○GHz, △△μm, ××Gbps 등) 지표로 사용되는 이러한 정책목표들은 기술개발계획 수립시(Phase III에서) 별도로 작성할 수도 있지만, 기획단계에서 정책목표를 설정하는 것이 일관성을 유지시켜 주고 연구개발과제 선정에 신뢰도를 높여 준다.

그리고 수십가지의 정책목표를 일일이 나열하여 평가단위의 항목을 많이 제시하는 것보다 유사한 목표들을 그룹화 또는 계층화하여 단순화시키며, 목표간 중요도 차이를 최소화 되도록 하여야 한다. 즉 각각의 상위 정책목표(기술진흥 목표, <표 3>에서 목표1, 목표2, ..., 목표n을 나타냄)에 관련된 하위 정책목표(연구개발 목표)들을 포함하는 형태로 작성하는 것이다. 이 때 상위 정책목표는 대략 10개 이내가 적당하며 목표간 중복성을 가능한 배제시키고, 구체화된 하위목표는 5개 내외로 하는 것이 좋다.

Step 3-2. 기대효과 평가

기대효과 평가는 순수한 기술적(technology)측면 외에 경제적 측면, 사회적 측면 등 종합적으로 활용성과 영향을 평가하는 단계로서, 평가자그룹에는 다수의 사회과학 전문가가 참여하게 된다.

여기서 경제적 측면은 해당 기술의 연구개발이 성공적으로 이루어 졌을 경우 산업 또는 시장에서 예상되는 성과로서 생산확대, 수출증대, 수입대체 등의 효과정도를 말하며, 사회적 측면은 복지향상 또는 분배구조 개선이나 고용창출, 사회효용 증대 등의 효과정도를, 그리고 기술적 측면은 연구개발을 통해 기술노하우를 습득하여 기술이 축적되고 그 기술이 확산되어 기술능력을 향상시키는 기대효과 정도를 나타내는데, 각각 5점 척도로 평가한다.

한편, 기대효과 평가는 각 항목내에서 등간척도를 유지하지만 연구개발사업 목적과 기술의 특성에 따라 평가결과를 차별화하여 적용시킬 수 있다. 예를들면, 산업육성과 시장확대 등 경제적 측면의 기대효과를 강조하는 기술개발계획이라면 경제적 측면에 가중치를 더 부여하여 총 기대효과를 재평가할 수 있는 것이다.

〈표 4〉 기대효과 평가

개발기술	기대효과(E)			기대효과 평가 (5점척도)
	경제적측면 (산업,시장)	사회적측면 (복지,분배)	기술적측면 (축적,확산)	
T1010101				$(E_1+E_2+\dots+E_n)/n$
T1010102 **	4	3	5	
T1010103 **	3	1	2	
T1010104				
⋮ **	5	3	4	
T10n0n0n				
R2000001~n				
I 3000001~n				
C4000001~n				
B5000001~n				

주 : 기대효과 평가의 수치는 예시이며, 평가기준은 매우 높음(5), 높음(4), 보통(3), 약함(2), 매우 약함(1), 기대효과 없음(0) 등임.

Step 3-3. 기술수요조사 결과 반영

기술수요조사 결과의 반영은 Phase I의 기술기회 탐색과정에서 실시한 공공부문 기술개발에 대한 기술수요조사 결과를 연구개발과제 선정에 반영시키는 단계로서, 연구개발 주체별 니즈(Needs) 측면에서 기술수요 정도를 평가한다.

〈표 5〉 기술수요조사 결과 반영

개발기술	연구개발 주체별 기술수요(D)					기술수요 평가 (5점척도)
	출연연구기관	산업체	사업자	대학	기타	
T1010101						$(D_1+D_2+\dots+D_n)/n$
T1010102 **	4	3	3	3	2	
T1010103 **	4	4	5	4	3	
T1010104						
⋮ **	3	2	3	1	1	
T10n0n0n						
R2000001~n						
I 3000001~n						
C4000001~n						
B5000001~n						

주 : 기술수요 평가지표는 예시이며, 측정기준은 기술수요 매우높음(5), 높음(4), 보통(3), 약함(2), 기술수요 매우약함(1), 기대효과 없음(0) 등임.

이 때 주의할 점은 기술수요조사시 공공부문에서 수행할 연구개발과제를 발굴한다는 취지를 분명히 하여 혼돈이 없도록 해야할 것이다. 예를 들면, 기술수요조사표에서 통신기술분야의 교환기술중 PCS연동기술의 경우 산업체로 체크된 기술수요는 산업체가 직접 개발할 수도 있지만, 산업체가 개발하는 것이 아니라 공공 연구기관에서 개발할 산업체의 공통 핵심기술에 대한 수요를 의미한다.

한편, 기술수요를 효율적으로 반영하기 위해서는 기술수요조사를 주기적으로 철저히 시행함은 물론이고, 연구개발 주체별 상이한 표본수로 조사된 기술수요조사 결과를 통계기법을 활용해 평준화시키는 작업이 필수적이다. 이렇게 조정된 결과표를 가지고 다시 개발기술별로 <표 5>에 기술수요 정도를 별도의 전문가그룹이 평가하면 된다.

Step 3-4. 기술확보 시급성 평가

다음에 기술확보 시급성 평가는 개발기술이 얼마만큼 기간내에 확보되어야 하는지를 보여 주는 단계로서 연구개발과제 선정 우선순위 결정에 영향을 많이 미치므로 적용시 많은 고려를 해야 한다. 왜냐하면, 단기 기술개발계획인 경우 2~3년내에 개발할 과제들 위주로 도출해야 하고, 중장기계획의 경우에는 7~8년 후에 개발해야 할 과제도 도출해야 되므로 기술개발계획 기간에 따라 우선순위가 변동될 수 있기 때문이다. 즉 전자의 경우 극단적인 예로서, 연구개발과제 우선순위가 아주 높다고 해도 10년이 후 확보기술을 현재에 선정해서 개발할 수는 없기 때문이다.

그리고 이 기술확보 시기도 기술수요조사 때에 함께 파악 되어야 하며, 평가에 앞서 분야별 전문가들은 Phase I 에서 분석한 기술동향 및 기술수준, 기술예측 등의 기초자료를 면밀히 검토한 후 작성하여야 한다.

〈표 6〉 기술확보 시급성 평가

개발기술	기술확보 시기(A)					기술확보 시급성 평가 (5점척도)
	1~2년 (5점)	3~4년 (4점)	5~7년 (3점)	8~10년 (2점)	10년이상 (1점)	
T1010101 T1010102 T1010103 T1010104 ⋮ ⋮ ⋮ T101010n	5	4	3			4 5 3
R2000001~n						
I 3000001~n						
C4000001~n						
B5000001~n						

주 : 기술확보 시기의 평가수치는 예시이며, 평가기준은 매우 시급함(5), 시급함(4), 보통(3), 약함(2), 시급성 매우약함(1), 시급성 없음(0) 등임.

Step 4. 중점 연구개발과제 선정

3단계까지의 분석을 통해 본 논문의 중점 연구개발과제 도출과정을 기존의 이론과 결부시켜 보면, 기술기획 체계 및 PhaseⅡ의 각 Step에서 Stewart(1995)가 시스템이론에서 언급한 고객위주의 사용자모형, Johnston(1989)이 경제성모형에서 제시한 산업 활용도, 경제적변수 등 여러 가지 평가항목을 상당부분 반영하여 제량화시키고, Koerner(1989)와 Boar(1993)가 기술기획 과정에 포함시킨 경영목표 및 미래목표 등도 반영하여 공급측면에서 정책목표 달성도와 수요측면에서 기술수요 및 기술확보 시기를 수용하였다고 말할 수 있다.

이제 마지막 단계(Step 4)인 중점 연구개발과제 선정은 Step 3에서 평가한 점수를 이용해 공공부문이 수행할 연구개발과제의 우선순위를 매기는 과정이다. 이 때 선정 기준 평가점수는 항목별로 비중을 달리하여 평가점수를 산출하여야 한다. 왜냐하면 각 항목별로 똑같이 5점 척도를 실시하였으나 실제 중요도는 다르므로 그에 맞는 가중치가 부여되어야 올바른 평가가 되기 때문이다. 그리고 평가점수 합계는 곧바로 우선순위로 적용되는데 이 때의 우선순위는 개발기술 분야별로 순위가 매겨진다.(〈표

7>에서 개발기술중 중점 연구개발과제로 선정된 것은 “★” 표시함)

〈표 7〉 중점 연구개발과제 선정

개발기술	선정기준 평가점수				평가점수 합계	우선순위 (분야별)	중점 연구개발 과제 선정
	정책목표 달성도(G) W ₁ (3)	기대효과 (E) W ₂ (2)	기술수요 (D) W ₃ (2)	기술확보 시급성(A) W ₄ (3)			
T1010101							
T1010102	4	4	3	4	38	2/n	★
T1010103	5	2	4	5	42	1/n	★
T1010104							
⋮							
⋮	3	4	2	3	30	3/n	
T101010n							
R2000001~n							
I 3000001~n							
C1000001~n							
B5000001~n							

주 : 1) 선정기준 평가점수 각 항목의 ()내는 각각의 가중치(W)로서, 정책목표달성(30%), 기대효과(20%), 기술수요(20%), 기술확보시기(30%)의 가중치 합계는 100%이며, 평가점수 합계의 최고점수는 50점임.

2) 평가점수 합계 = $G_i \cdot W_1(3) + E_i \cdot W_2(2) + D_i \cdot W_3(2) + A_i \cdot W_4(3)$

결국 우선순위 문제는 자원배분과 직접적으로 관련을 맺게되므로 이 Step 4의 중점 연구개발과제 선정과정은 Phase III의 기술개발계획에 의거 가용재원의 범위내에서 또 는 기술분야별 할당된 자원범위내에서 채택하면 되기 때문에 그다지 어려운 것은 아닙니다. 다만, 기술적으로 선정된 과제를 그대로 적용하기 보다는 선정된 과제들의 상호 연계성, 중복성, 실현가능성 등을 연구개발자원(연구인력, 자원)과 결부시켜 몇차례 더 검증하여야 할 것이다.

4. 결 론

기술기획 체계 방법론의 연구는 기술정책(Technology Policy)에서 연구개발계획을

수립하고 추진체계와 전략을 설정하는데 필수적인 사항이다. 특히 국가가 연구개발방향을 설정하고 재원을 부담하는 국책사업(National R&D Program)과 같은 공공부문의 연구개발에의 적용은 더욱 중요하게 여겨진다. 그리고 바람직한 기술기획체계의 정립은 연구자원(예산, 인력, 장비 등)을 효율적으로 사용할 수 있는 기틀을 마련할 뿐만 아니라, 연구개발수행 결과의 사후평가(Evaluation)시 경로를 파악할 수가 있어서 사전평가(Assessment)와의 피드백이 원활히 작용할 수 있는 것이다.

본 논문은 기술개발계획 수립시 공공부문이 주도적으로 개발해야 할 연구과제를 도출하고 선정하는 방법론을 제시한 것으로, 각각의 단계와 절차를 모델화하였다. 즉 1단계로 소요기술을 도출하고, 2단계에는 연구개발단계 및 공공성 평가에 의한 공공 연구개발과제를 발굴하고, 3단계에서는 정책목표 달성도, 기대효과, 기술수요조사 결과, 기술확보 시급성 등을 평가하여 중점 연구개발과제를 도출하고, 마지막 4단계에서는 우선순위에 의한 중점 연구개발과제를 선정하는 등 세부 절차를 제안하였다. 따라서 본 모델은 국가단위의 중장기 기술개발계획의 기술기획 수립시 활용하면 유용할 것으로 생각된다. 저자는 이 모델에서 제시한 중점 연구개발과제 도출방법과 절차의 일부 단계를 이미 실무에 적용한 바 있으며, 이 논문은 이론과 경험을 바탕으로 새롭게 보완한 것이다.

그러나 이 기술기획 모델은 객관적이고 합리적인 방법론을 활용했음에도 불구하고 각 Phase별, Step별로 실무에 적용하는 데에는 아직도 해결해야 할 문제점이 많이 있다. 예를 들면 기술수요조사와의 연계성, 평가기준의 개발 및 평가자의 선정, 기술분야별 재원할당, 연구개발주체의 역할분담 등을 들 수 있다. 따라서 향후에는 이러한 문제점들을 포함하여 과제발굴을 위한 기술수요조사, 연구개발전략, R&D 사후평가 등에도 관심을 갖어야 할 것이다. 또한, 이 모델을 개량하여 과학기술 전분야에 적용되고, 기술기획 일반이론이 되도록 많은 연구가 지속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 朴漢奎, 「2010年을 向한 科學技術發展 長期計劃 - 情報·電子技術 部門 -」, 科學技術政策管理研究所, 1994. 11.
2. 설성수와 4인, 「해외 정보통신 연구개발/기술기획체계 연구 - 한국형 기술기획체계의 모색 -」, 정보통신연구관리단, 1995. 12.
3. 정보통신연구관리단, 「정보통신 기술진흥 중장기계획」, 1996. 12.
4. 한국전자통신연구원, “기초·기반기술연구의 개념정의”, 「주간기술동향」, 95-16, 1995, pp. 1~18.
5. —————, 「전략기술기획체계」, 1996. 6.
6. 日本能率協會, 「中長期計劃：研究開發戰略策定 マニュアル」, 1992. 4.
7. 電氣通信技術審議會, 「未來創造型技術立國に向けて情報通信先端技術開發プログラム」, 諮問第73號, 1995. 6.
8. Aaker, B.R. and T. Tyebjee, “A model for the selection of interdependent R&D projects”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. EM-25, 1978, pp. 30~36.
9. Baker, N.R., “R&D Project Selection Models: An Assessment”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-21, Nov., 1974, pp. 165~171.
10. Baker, N.R. and W.H. Pound, “R&D Project: Where We Stand,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-11, Dec., 1964, pp. 124~134.
11. Betz, F., *Strategic Technology Management*, McGraw-Hill Inc., 1994.
12. Bilich, F., *Science and Technology Planning and Policy*, Elsevier Science Publishers B.V., 1989.
13. Boar, B.H., *The Art of Strategic Planning for Information Technology*, AT&T, John Wiley & Sons Inc., 1993.
14. Cabinet Office, *R&D Assessment: A Guide for Customers and Managers of Research and Development*, HMSO, 1989.
15. Clayton, R., “A Convergent Approach to R&D Planning and Project Selection”,

- Research Management*, September, 1971, pp. 68~74.
16. Costello, D., "A Practical Approach to R&D Project Selection", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 23, 4, 1983, pp. 353~368.
 17. EIRMA, *Evaluation of R&D Projects*, Working Group Reports, No. 47, European Industrial Research Management Association, Paris, 1995.
 18. Fahey, L., "On strategic management decision process", *Strategic Management Journal*, 1981, pp. 43~60.
 19. Fahrni, P. and M. Spätig, "An application-oriented guide to R&D project selection and evaluation methods", *R&D Management*, Vol. 20, 2, April, 1990, pp. 155~171.
 20. Freeman, C., *The Economics of Hope, Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, 1992.
 21. Johnston, B., Economic Criteria and Procedures for Allocating Resources to Research, *SCA Workshop on Research Priorities and Resource Allocation for Rural R&D*, Bureau of Rural Resources, Department of Primary Industries and Energy, Proceedings No. 7, Nov., 1989, p. 32.
 22. Kastrinos, N., "Technology Assessment: a concept for Europe?", *IJTM, Special Publication on Technology Assessment*, 1996, pp. 523~538.
 23. Koerner, E., "Technology Planning at General Motors", *Long Range Planning*, Vol. 22, No. 2, 1989, pp. 9~19.
 24. Leyten, J. and R. Smits, "The role of technology assessment in technology policy", *IJTM, Special Publication on Technology Assessment*, 1996, pp. 303~320.
 25. Lovelace, F., "R&D Planning Techniques", *R&D Management*, Vol. 17, 1987, pp. 241~251.
 26. Martin, B.R. and J. Irvine, *Research Foresight: Priority-Setting in Science*, London, 1989.
 27. Martino, J.P., *Technological Forecasting for Decision Making*, McGraw-Hill, N.Y., 1993.

28. Mitchel, G.R., "The Changing Agenda for Research Management", *Research · Technology Management*, Vol. 35, No. 2, Sep.-Oct., 1992.
29. NSTC/CIC, *Strategic Implementation Plan, America in the Age of Information*, National Science and Technology Council, Committee on Information and Communications, 1995. 3.
30. Pappas, G.F. and D.D. Maclaren, "An Approach to Research Planning," *Engineering Progress*, Vol. 57, May, 1961, pp. 65~69.
31. Porter, A.L., et al., *Forecasting and Management of Technology*, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., 1991.
32. Rosen, E.M. and W.E. Souder, "A Method for Allocating R&D Expenditures," *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-12, Sep., 1965, pp. 87~93.
33. Roussel, P.A., K.N. Saad, and T.J. Erickson, *Third Generation R&D, Managing the Link to Corporate Strategy*, Arthur D. Little, Inc., Harvard Business School Press, 1991.
34. Sell, A., *Project Evaluation, An integrated financial and economic analysis*, Avebury Academic Publishing Group, Athenaeum Press Ltd., Newcastle upon Tyne, 1991.
35. Souder, W.E., "A Scoring Methodology for Assessing the Suitability of Management Science Models", *Management Science*, 18 (10), June, 1972, pp. B526~B543.
36. Stewart, J., "Models of priority-setting for public sector research", *Research Policy*, Vol. 24, 1995, pp. 115-126.
37. Twiss, B., *Managing Technological Innovation*, Pitman Publishing, 1995.
38. Venkatraman, R. and S. Venkatraman, "R&D project selection and scheduling for organizations facing product obsolescence", *R&D Management*, Vol. 25, 1995, pp. 57-70.
39. Williams, D.J., 'A study of a Decision Model for R&D Project Election', *Operational Research Quarterly*, 20 (3), 1969, pp. 361-373.