

기술로드맵을 통한 기술개발 실행계획 수립



이 공 래

과학기술정책연구원
선임연구위원
leekr@stepi.re.kr

영국 Sussex대학교 과학기술정책학 박사
기술경영경제학회 회장 역임
과학기술처장관 자문관 역임
IBC (Cambridge) 선정 과학기술정책 및
혁신부문 "2008 세계100대 과학자"
(현) 한국과학기술한림원 정회원 및 정책학부장
(현) 과학기술정책연구원 선임연구위원

1. 들어가면서

기술혁신은 불확실하여 예측이 불가능한 것이라고 여겨졌으나, 기술혁신의 규칙성이 하나 하나 밝혀지면서 기술혁신을 과학적으로 예측하기 시작했다. 기술혁신이 예측됨과 동시에 기술을 계획적으로 개발하는 것이 기업이나 연구개발 조직의 루틴한 업무로 자리잡았다. 기술개발을 계획적으로 추진하기 위한 수단으로서 "기술로드맵" 작성도 기업이나 국가 단위에서 모두 일반화되고 있다.

기술혁신을 예측하고 기술로드맵을 작성하는 일은 모두 미래를 준비하는 일이기 때문에 당연히 불확실성이 뒤따른다. 금융, 고용, 생산 등 경제현상의 전망과 마찬가지로 기술혁신도 사회 제도, 산업구조, 기업 간의 경쟁, 연구자의 창의성 등 많은 변수에 의해 영향받기 때문에 쉽게 예측하기 어렵다.

그러나 기술혁신은 단기간에 일어나는 경제현상과는 달리 장기간에 걸쳐 서서히 일어나기 때문에 비교적 예측이 가능한 일로 여겨진다. 기술예측이 가능하다면 미래의 기술혁신도 그 궤적을 추적할 수 있다. 기술로드맵을 작성하는 일은 곧 혁신궤적을 추적하는 일이라 할 수 있다.

기술로드맵 작성이 중요한 이유는 연구개발비를 절약하고, 연구자의 연구시간 낭비를 감소시키며, 불필요한 시행착오를 줄임으로써 연구개발 성과를 높일 수 있기 때문이다. 미래에 일어날 기술개발 업무를 임기응변식으로 수행한다면 많은 시행착오가 발생할 것이다. 시행착오는 시간, 비용 등 자원낭비를 수반하므로 계획적인 개발업무 수행을 통하여 가능한 한 회피해야 한다. 기술로드맵을 미리 작성하고 이를 추적해가면서 연구개발을 수행한다면 연구목표의 달성이 용이하고, 비록 목표 달성에 실패한다 하더라도 그 원인이 무엇인가를 쉽게 파악할 수 있을 것이다.

기술개발 방식이 다양한만큼이나 기술로드맵 작성의 방법도 사용 용도, 작성 대상 기술, 분석 기간, 기술개발 사업의 규모, 로드맵 작성에 고려하는 영향 요인 등에 따라 다양하다. 이 글은 기술로드맵의 개념을 간단하게 정의한 후 정부 연구개발사업이나 기업의 연구개발사업을 수행하기 위해 세부 실행계획을 수립할 때 사용할 수 있는 TIPM 모델 기술로드맵 작성 방식을 소개한다. 그리고 기술로드맵 내용 구성을 어떻게 해야 하는가에 대하여 필자가 수행한 철도기술로드맵 작성 사례를 들어 설명하고자 한다.

2. 기술 로드맵의 개념과 작성 목적

기술로드맵 (Technology Road Map: TRM)은 기술의 변화 또는 개발목표 등을 나타내는 기술문서의 한 형태이며, 각종 전망에 근거하여 희망하는 제품 및 기술의 개발 내용을 파악하기 위한 기술기획 방법의 하나이다. 통상 기술개발 관련 중요한 의사결정을 내리거나 기술개발 계획을 수립하는데 유익한 정보를 획득하기 위하여 작성한다(과학기술정책연구원, 2003).

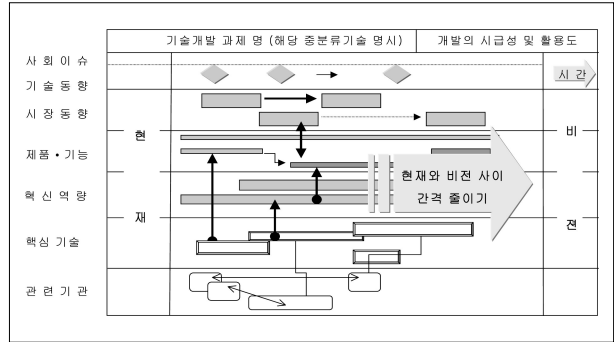
기술로드맵 작성의 목적은 기술개발 수요를 충족시킬 수 있는 기술 대안들을 규명하여 평가하고 최적대안을 제 공함으로써 궁극적으로 기술개발 관련 의사결정의 질을 높이고 기술개발 투자 위험을 최소화하는데 있다. 기술로드맵은 어떠한 기준으로 어떠한 시간대에 어떠한 기술을 개발할 것인가를 선택할 수 있는 수단으로 활용된다.

또한 기술로드맵은 특정 분야 기술개발에 과도하게 투자하거나 다른 중요한 기술요소를 누락시킬 가능성을 피할 수 있으며, 핵심기술을 개발할 수 있는 기초 자료를 제공한다(기초기술연구회, 2001). 기술로드맵은 사용 목적에 따라 다양한 변수를 선택하여 해당 정보를 수집하고 이를 기초로 작성한다. 기술로드맵을 작성하기 전에 먼저 관련 기술을 종합적으로 분류하여 체계화 하는 것이 필요하다. 기술을 분류한 다음에는 기술의 수요를 파악하고 이를 충족시킬 수 있는 기술 대안들, 즉 연구개발과제를 기간대별로 선택하여 제시한다.

3. 기술 로드맵 작성의 방법: TIPM모델

기술로드맵은 사용 목적에 따라 다양한 변수를 선택 하여 해당 정보를 수집하고 이를 기초로 작성한다. 기술 분류의 수준에 따라 대분류, 중분류 및 세부 기술로드맵 으로 구분된다(Farrukh, Phaal and Prbert, 2003). 대·중 분류 기술로드맵은 관련 항목을 서술하는 방식과 그림 으로 표시하는 방식을 병행하여 작성하고, 세부기술 로드맵은 주로 그림으로 작성하는 것이 일반적이다.

기술로드맵 작성 모형의 하나로서 기술(T)-혁신역량 (I)-제품(P)-시장(M) 연계모델(이하 TIPM 모델로 약 칭함)을 살펴보기로 하자. TIPM 모델은 기술개발주체

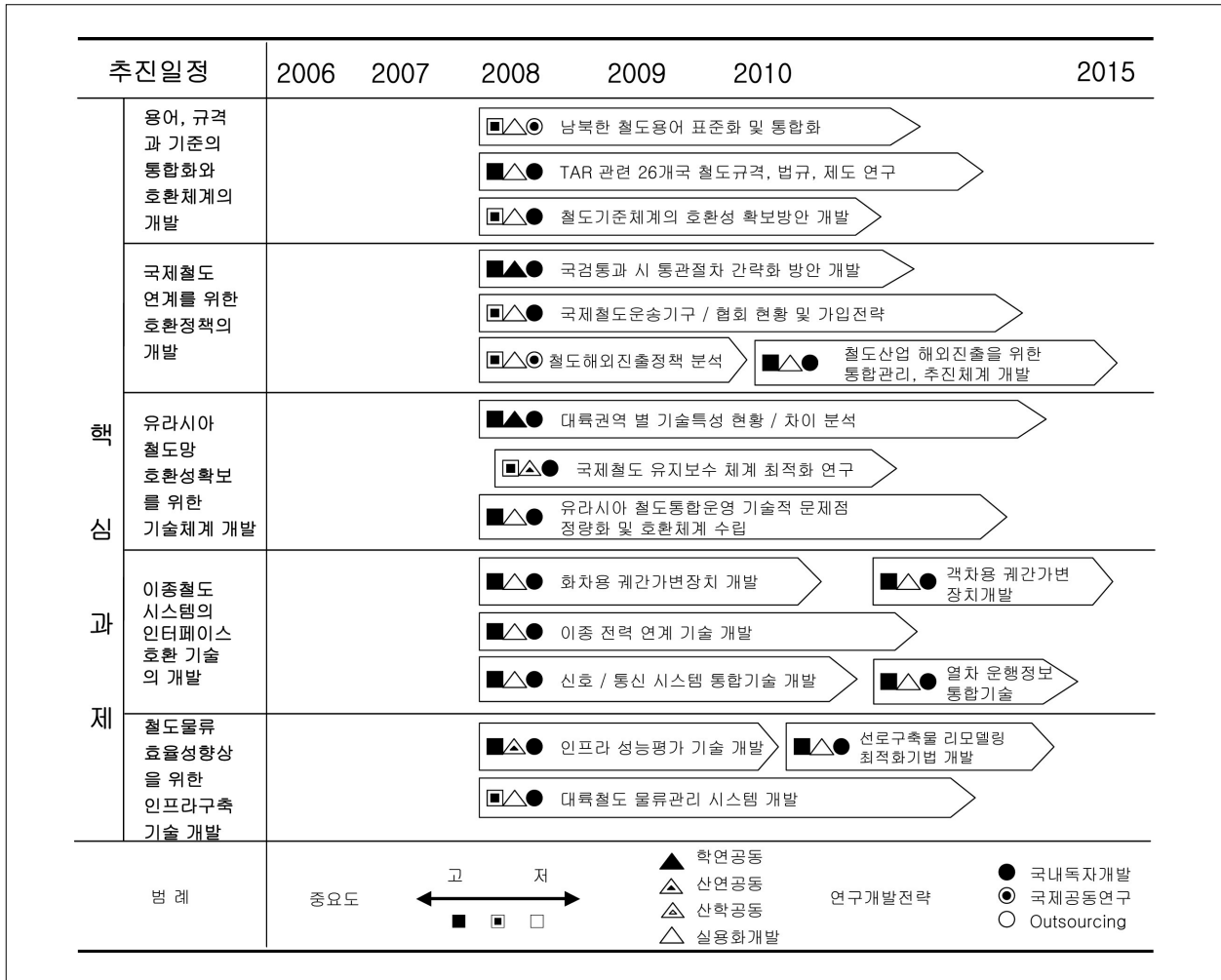


▲ 그림 1. TIPM 모델에 의한 기술 로드맵 개념

(혁신주체)의 혁신역량, 제품 관련 시장의 기술수요와 기술개발주체의 능력을 동시에 고려하여 기술개발 계획을 수립하는 특성을 가진다. 개발하고자 하는 기술의 공급 측과 수요 측면을 모두 고려하여 성공확률이 높은 기술개발사업을 추진하고자 하는 것이 이 모형의 주목 적이다. 또 기술을 1차로 활용하여 제작할 수 있는 제품을 같이 고려함으로써 기술로드맵의 현장 적용성을 높 인 것이다(Gallouj and Weinstein, 1997).

<그림 1>은 TIPM 모델을 응용하여 기술로드맵을 작 성한 모습을 개념화하여 나타낸 것이다. 여기서는 사회 이슈, 제품의 기능, 핵심기술 및 관련기관을 추가하였 다. 사회이슈(사회 트렌드)를 포함시킨 것은 해당 제품 의 시장동향을 파악하기 위해서는 관련 사회이슈가 예 측되어야 한다고 생각하기 때문이다. 사회가 해당기술 에 대하여 호의적인가, 호의적이라면 그 근거가 사회의 어떤 트렌드에 근거한 것인가 등의 질문을 가질 수 있 다. 제품의 기능을 적시하도록 한 것도 바로 이런 수요 측 사회변화와의 관련성을 찾아보기 위해서이다.

기술로드맵 작성자가 사회 트렌드나 수요측 관련 제품 기능을 예측하기 어려운 경우 연구팀 및 전문가들과의 위 크숍을 개최하고, 브레인스토밍 회의를 통해 아이디어를 도출하는 노력이 필요하다(길영준 외, 2002). 정부 기술 개발사업 실행을 위한 기술로드맵을 작성하는 경우 국가 연구개발전략과 일치하는 연구개발사업 또는 과제를 선 정하고 해당 과제에 대하여 적용할 수 있는 기술로드맵을 작성한다. 정부 기술개발사업 관련 기술로드맵은 국내 산



출처: 한국철도기술연구원 (2005a, 2005b).

▲ 그림 2. 대·중분류 기술로드맵 작성 사례: 남북철도 및 대륙철도 개발사업

업계, 학계 및 연구기관의 전문가로 자문위원회를 구성하고 이들의 협조와 참여 하에 작성하는 것이 바람직하다.

4. 기술로드맵의 내용 구성

4.1 대·중분류 기술로드맵의 내용 구성

기술로드맵을 대·중분류 기준에서 작성하는 경우와 세부 기술분류 기준에서 작성하는 경우로 구분된다. 기술의 분류를 어떻게 하느냐에 따라 대·중분류와 세부 기술분류가 달라지겠지만 전자는 주로 정책의 개발이나 자원 배분을 목적으로 이뤄지고, 후자는 주로 기술개발사업의 구체적인 집행 목적으로 작성된다(과학기술정책연구원, 2006). 여기서 대·중분류 기준에서 작성하는 기술로드맵의 내용들을 열거하고, 대·중분류 기술로드맵 작성 사례로서 남북철도 및 대륙철도 개발사업의 기술로드맵 사례를 <그림 2>에 제시한다.

발사업의 구체적인 집행 목적으로 작성된다(과학기술정책연구원, 2006). 여기서 대·중분류 기준에서 작성하는 기술로드맵의 내용들을 열거하고, 대·중분류 기술로드맵 작성 사례로서 남북철도 및 대륙철도 개발사업의 기술로드맵 사례를 <그림 2>에 제시한다.

연구개발의 필요성과 목표:

기술로드맵 작성의 배경, 필요성 및 목적을 설명하고, 기술개발 혹은 제품 범위에 대한 정의를 제시한다. 기술개발의 정책적 목표와 기술개발 목표의 연관성을

설명하며, 중기 및 장기적 목표를 정량적이고 명시적으로 설정한다. 각 연구개발단계에서의 주요 기술개발 목표를 설정하고 목표 달성을 위하여 필요한 주요 과제를 표시한다(석영철, 2002). 그리고 사업 목표에 부합하는 세부 연구개발과제(중점 기술영역)를 도출한다. 여기에는 사업에 필요한 기술 및 기술적 도전과제와 사업별 중점 연구개발과제가 포함될 수 있다(Phaal, Farrukh and Prbert, 2004).

기술개발 동향:

기술 분야별로 선진국 기술개발 동향, 미래 기술예측 등 국내외 기술개발 동향 및 당면과제 등을 파악하여 제시한다. 해외 기술수준 등 기술개발 추진 현황 및 수준을 제시한다. 국내 관련 기술개발 동향, 이미 타 기관에서 수행된 과제라면 이들 과제의 기술개발 추진 현황을 제시한다.

SWOT 분석:

해당 기술과 관련된 분야에서 우리나라가 보유한 내부 자원 및 능력의 강점과 약점을 분석한다. 국내외적으로 해당 분야의 기술개발 관련 주변 여건의 위협과 그로부터 오는 도약과 발전의 기회를 파악하여 제시한다.

중점추진과제와 주요 연구개발 내용:

사업 목표의 달성을 위한 중점 연구개발과제를 도출하여 제시하고 과제별로 주요 연구개발 내용을 설명한다. 도출된 중점 추진과제는 세부 기술별로 로드맵을 별도로 작성하여 제시한다.

추진전략 및 방법:

사업 목표의 달성을 위한 추진 전략을 제시한다. 국가 기술지도, 국가 기술개발계획 등 상위계획과 연관되고, 당위성이 부합되는 연구개발과제의 선정 및 추진 전략을 제시한다. 타 부처 및 타 프로그램과의 연계성을 설명하고 추진전략 및 추진방법을 설명한다.

소요예산 추정:

연구개발과제의 소요예산을 계산하고 이를 바탕으로 전체 사업의 소요예산을 추정하여 제시한다.

기대효과 및 전망:

해당 사업의 목표 달성을 통하여 얻을 수 있는 기대효과와 파급효과를 정량적으로 혹은 정성적으로 제시한다.

4.2 세부 기술로드맵의 내용 구성

세부 기술로드맵은 기술의 분류를 가장 작은 단위로 세분하여 이들을 개발하기 위한 로드맵을 의미한다. 대·중분류 기술로드맵이 정책의 개발과 자원배분 목적으로 작성된다면, 세부 기술로드맵은 프로젝트 단위 기술개발사업의 구체적인 집행 목적으로 작성된다. 세부 기술로드맵에 포함되어야 할 내용은 대·중분류 기술로드맵과 기본적으로 같지만 기술개발을 직접 담당할 수 있는 기관이나 개인 연구자까지 고려하는 것이 특징이다. 연구개발 기관이나 특정 연구자를 고려하다 보면 조직과 연구자의 연구역량(혁신역량)이 언급될 수밖에 없다. 특정 기술분야나 지역에서 연구역량이 우수한 조직이나 개인이 연구개발을 담당하게 하는 것이 기술개발 사업의 성공 가능성을 높이기 때문이다(Lee, Kong-Rae, 2003). 세부 기술로드맵에 포함되어야 할 내용들은 제시하면 아래와 같다.

사회이슈:

대·중분류 기술로드맵에서도 같이 해당 연구개발과제와 관련되는 주요 사회·경제적 이슈를 제시한다. 예를 들어 철도기술의 기술로드맵을 작성한다면 연관되는 사회이슈는 안전 수송, 환경 친화성, 철도운영의 경제성, 철도유지/보수 효율화, 에너지 효율화, 고속화, 정보화/지능화, 철도이용의 편의성 및 쾌적성, 철도의 표준화, 철도의 첨단기술 접목 등이 주요 사회이슈가 될 수 있다(한국철도시설공단, 2005a, 2005b).

기술동향:

선진국 기술개발 동향, 미래 기술예측 등 해외 기술개발 동향 및 당면과제, 국내 관련 기술개발 동향, 선 수행 과제, 국내 기술개발 추진 현황을 개괄적으로 제시한다.

시장동향:

관련 기술·제품의 국내외 시장(수요) 규모와 특성, 시장의 변화 방향과 앞으로 요구되는 기술개발 내용

을 제시한다. 시장 혹은 산업의 성장 예측과 경쟁 환경 등에 대한 전망도 함께 제시한다.

제품·기능:

기술개발 혹은 제품 범위를 정의하고 연구개발과제 관련 제품과 기능을 전망하여 시계열로 제시한다.

혁신역량:

산업계, 학계, 연구계 등 연구개발 주체들이 관련 연구개발과 지식학습을 통하여 얻은 창조적 아이디어를 바탕으로 제품개발, 공정혁신, 서비스혁신, 조직혁신 등 기술혁신 관련 역량을 설명한다.

핵심기술:

관련 핵심기술의 개발과제를 기간별로 제시한다.

관련 기관:


해당 과제와 연관되는 기관(업체, 대학, 연구기관 등) 명칭과 기관간의 상호 협력관계와 연계성을 표시한다. 아울러 가능한 경우 해당기관의 관련 전문가(연구자) 인적사항을 기록한다면 연구사업 실행과정에서 협동 연구를 하거나 자문을 받는 데 유용하게 활용된다.

5. 맺는말

기술로드맵은 다양한 목적을 갖고 정부나 기업에서 모두 활용되고 있다. 정부는 기술정책 추진 목표의 설정, 연구개발과제의 발굴, 연구개발 자원의 배분 등을 위해서 기술로드맵을 활용한다. 기업은 사업 목표를 달성하기 위하여 프로젝트 수준의 기술개발과제 발굴, 효율적인 연구개발 목표 달성 등을 위해서 기술로드맵을 작성한다. 사용 목적에 따라 기술로드맵 작성에 포함되어야 할 내용이 달라질 수 있을 것이며, 따라서 문서 형태로 나타난 기술로드맵의 형태가 달라질 수 있다.

기술로드맵이 기술 관련 사업의 세부 실행계획의 수립을 위해서 사용될 때 부수적인 업무 수행이 필수적임을 유념해야 하겠다. 하나는 기술의 분류체계를 만드는 일이며, 또 하나는 로드맵에서 나타난 연구개발과제들에 대한 연구자원을 배분하는 일이다. 전자는 로드맵을

작성하는 대상기술이 무엇이나에 따라 매우 복잡한 일이 될 수도 있고, 단순한 일이 될 수도 있을 것이다. 연구개발과제에 대한 자원배분은 연구집단 구성원의 합의를 요하는 일이기 때문에 이것을 달성하는데 도움이 되는 방법론을 활용할 필요가 있다.

연구개발 자원의 배분은 기술로드맵 작성과도 연관되지만 기술분류의 체계화와의도 연관된다. 따라서 기술분류체계 작성, 기술로드맵 작성 및 연구개발자원의 배분 업무는 기술경영의 중요한 영역으로서 체계적으로 연구·학습될 필요가 있다. 어느 기술에서나 신기술과 신지식이 끊임없이 탄생하므로 이들 기술경영 업무는 기업 내에서 또는 정부 내에서 적극적으로 수행되어야 하겠다. 즉, 기술로드맵을 작성하여 기술개발 실행계획을 주기적으로 업데이트하고 자원배분을 조정하여 연구개발의 효과와 효율을 제고해야 할 것이다. 

참고문헌

1. 과학기술정책연구원 (2003), 「건설기술혁신사업 5개년 (2003-2007) 계획」, 서울: 건설교통부·한국건설교통기술평가원.
2. 과학기술정책연구원 (2006), 「철도기술 중장기 기본계획 (2006-2010)」, 서울: 건설교통부·한국건설교통기술평가원.
3. 기초기술연구회 (2001), 「미래기술 로드맵 작성을 위한 가이드」, 서울: 기초기술연구회.
4. 김영준 외 (2002), 「전략통합형 R&D를 위한 과학적 연구방법론에 관한 연구」, 서울: 과학기술정책연구원 연구보고 2002-05.
5. 석영철 (2002), 「산업기술 로드맵의 의의와 작성전략」, STEPI 과학기술정책포럼 발표자료 (2002. 2).
6. 한국철도기술연구원 (2002), 「철도기술 연구개발 중장기계획 (2001-2010)」, 의왕: 한국철도기술연구원.
7. 한국철도기술연구원 (2005a), 「철도기술 중장기 기본계획 (2006-2010) 수립 Kick-off Meeting 자료」, 의왕: 한국철도기술연구원.
8. 한국철도기술연구원 (2005b), 「철도환경 변화에 따른 연구원 발전전략」, 의왕: 한국철도기술연구원.
9. 한국철도시설공단 (2005a), 「한국철도시설공단 기술 연구개발 기본계획 수립」, 대전: 한국철도기술연구원 중간 보고자료.
10. 한국철도시설공단 (2005b), 「한국철도시설공단 기술 연구개발 기본계획 수립 최종보고회」, 대전: 한국철도기술연구원 보고자료.
11. Farrukh, C., Phaal, R. and Prbert, D. (2003), "Technology Roadmapping: Linking Technology Resources into Business Planning", *International Journal of Technology Management*, Vol 26, No. 1, pp. 2-19.
12. Gallouj, F. and Weinstein, O. (1997), "innovation in Services", *Research Policy*, Vol. 26, pp. 537-556.
13. Lee, Kong-Rae (2003), "Promoting Innovative Clusters by the Regional Research Centre (RRC) Policy Programme in Korea" *European Planning Studies*, vol. 11, no. 1, pp. 25-39.
14. Phaal, R., Farrukh, C. and Prbert, D. (2004), *Technology Roadmapping: Linking Technology Resources into Business Objectives*, mimeo, Cambridge: University of Cambridge.