

기술로드맵의 이론 - 개념, 유형, 작성방법



이 성 주

아주대학교 산업정보시스템공학부 전임강사
sungjoo@ajou.ac.kr

서울대학교 산업공학과 공학사
서울대학교 산업공학과 공학박사
University of Cambridge 방문연구원
관심분야: 기술기획, 특허전략, 지식자산관리

1. 서론

기술로드맵은 전략적 기술관리를 지원하기 위해 가장 널리 사용되는 기획기법 중 하나이다. 산업수준이나 국가수준에서 기술로드맵은 미래의 기술발전 방향을 예측하고 개발지침을 세우는데 도움을 주며 기업수준에서는 시간에 따른 시장, 제품, 기술의 발전방향을 검토하고 그들 간의 관계를 표현할 수 있는 시각적 도구를 제공한다. 이는 1970년대 미국 Motorola에서 최초 개발되어, Corning, Phillips 등의 가전업체를 중심으로 주로 확산되어 갔으며, 1992년 미국 반도체협회가 로드맵 작성에 나서면서 산업차원에서 주목받기 시작하였다. 이후 GE, ABB, Boeing, Lockheed Martin 등의 타 업종에 도입되고 국가수준의 기술기획에도 활용되면서 공동기술개발과 표준설정, R&D 과제기획 등에서 큰 가치를 인정받고 있다. 국내에서는 1999년 후반 삼성종합기술원이 미국 SRIC로부터 관련 기법을 전수받아 당시 90% 이상의 과제를 기술로드맵에서 도출한 것을 시작으로, 1999년 정보통신부 IT 기술로드맵, 2000년도 산업자원부 산업기술로드맵, 2002년도 과학기술부 NTRM 등 정부차원에서 기술개발의 방향성을 제공하고자 주로 활용해 왔으며, 최근 기업 연구소들을 중심으로 확산되어 중소기업까지 전파되고 있는 상태이다.

업까지 전파되고 있는 상태이다.

그러나 기술로드맵은 주로 경영이론이 아닌 경영실무로 발전되어 왔기 때문에, 작성방법론, 작성형태 등이 산발적으로 제시되어 정리되지 못하고 있다. 1987년 Motorola의 논문을 시작으로 초기에는 기업 사례연구에 대한 논문이 주를 이루었으며, 학계에서 주목받기 시작한 것도 비교적 최근의 일이다. 다행히 2000년대에 들어서 기술경영 대표 논문지들이 특집호로 다루는 등, 실무에서 발전되어 온 로드맵을 검토하여 체계적인 방법론으로 확립하려는 시도가 지속되어 기술로드맵 방법론의 발전을 가져오고 있다. 본 글은 필자가 기술로드맵에 대해 연구해 오는 과정에서 정리한 내용들을 중심으로 이론적 관점에서 기술로드맵을 소개하고자 한다. 실제로 기술로드맵은 매우 유연한 기법으로 이러한 다양한 기술로드맵의 유형과 작성방법, 발전방향 등을 제시하고자 한다.

2. 기술로드맵의 개념

일반적으로 로드맵이란 어떤 지리학적 공간에 존재하거나 존재할 수 있는 길, 혹은 경로를 나타내는 이징

1) Research Technology Management 46(2) 2003; Technology Forecasting and Social Change, 71(1-2) 2005; International Journal of Technology Intelligence and Planning 4(2) (2008)

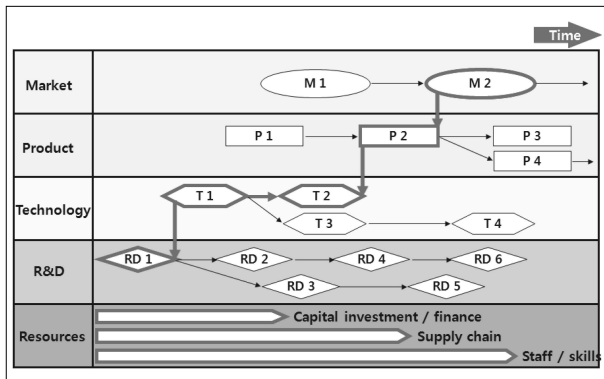
표이다. 로드맵은 특정 목적지를 향하는 여행자들이 대안이 되는 길 중 하나를 결정하는 과정을 도와준다. 또한 이들이 여행계획에 대해 이해하고, 목적지에 얼마나 근접한지를 파악하며, 목적지 방향을 확인할 수 있도록 한다. 이러한 로드맵의 특성이 기술전략에 적용되었을 때, 기술기획에 대한 은유적 표현으로 사용되어 다음과 같이 정의된다.

작성대상으로 선택된 영역에 대해, 그 영역의 변화를 야기하는 가장 주요한 동인들에 대한 종합적 정보들로 구성된, 그 영역에 대한 미래의 확장된 시각.... (전 Motorola 사장, Galvin, 1998) → 예측수단

목적지에 도달하는 방법에 대한 이해당사자 집단의 시각. 목적달성에 적합한 능력이 적시, 적소에 존재하는지를 확인하도록 도와주는 수단... (McCarthy 등, 2003) → 관리수단

시간에 따른 제품과 기술의 상호작용을 표현함으로써 사업, 전략의 통합과 기술전략에 기여하는 과정... (Phillips, Groenveld, 1997) → 의사소통수단

기술로드맵은 특정 목표를 달성하기 위해 계획, 실행되어야 하는 정책적, 기술적 지향로를 마치 도시의 로드맵처럼 그린 것이다. 미래의 목표기술을 정한 뒤 이를 달성하기 위한 단계별 이정표를 제시한 것으로, 보다 협의의 기술로드맵은 미래의 시장에 대한 예측을 바탕으로 수요를 충족시키기 위해 기업 또는 산업 차원에서 향후 개발해야 할 제품과 필요기술을 예측하여 최선의 대



▲ 그림 1. 기술로드맵의 기본형태 (Phaal 등, 2005)

안을 선정하는 기술기획 방법으로 정의된다. 일반적인 형태는 아래 [그림 1]과 같이 시간과 계층으로 구성된 네트워크 형 차트로, 시장, 제품, 기술의 세 가지 계층으로 이루어지며 때로는 R&D와 자원이 포함되기도 한다.

기술로드맵은 크게 예측과 기획의 두 가지 목적으로 작성된다. 첫째, 기술로드맵은 예측을 목적으로 작성될 수 있는데, 예측기법에는 일기예보와 같이 예측결과에 의사결정자의 의지가 개입될 수 없는 탐험적 예측과 의사결정자가 예측결과에 어느 정도 통제를 가할 수 있는 규범적 예측으로 나누어진다. 정부나 산업수준에서 작성되는 기술로드맵의 경우에는 주로 탐험적 예측을 목적으로 작성되는 반면, 기업수준에서 기술로드맵의 경우에는 주로 규범적 예측을 목적으로 한다. 물론 정부나 산업 수준에서의 기술 로드맵 또한 기술의 발전방향을 제시하고자 하는 주관성이 개입된다면 규범적 예측 범주에 속하게 된다. 둘째, 기술로드맵 작성의 보다 주요한 목적은 제품과 기술에 대한 계획수립이다. 계획이란 예상되는 미래에 어떻게 대응할지에 대한 결정이라는 점에서 예측 또한 실제로는 계획의 일부라 할 수 있다.

전통적인 기술기획 기법과 비교하였을 때 기술로드맵이 갖는 장점은 여러 가지이다. 첫째, 기술과 사업 니즈를 직접적으로 연결한다. 기술로드맵 작성과정에서 기술기획과 제품기획을 동시에 진행하기 때문에 사업성 없는 기술을 개발하거나 제품생산 시점에 필요기술을 획득하지 못하여 시간과 비용을 낭비하는 일이 줄어든다. 둘째, 시각화 방법이나 작성과정 모두가 매우 유연하기 때문에 미래기획을 위한 다른 여러 상황에도 적용될 수 있다. 셋째, 성공 가능성이 높은 가장 중요한 전략과 제품, 기술을 규명하고 이에 초점을 맞추도록 함으로써 선택과 집중의 기획을 가능하게 한다. 넷째, 전사적 차원에서 장기적인 기술개발 혹은 기술획득 관련 의사결정을 위해 활용할 수 있다. 사업부나 제품별로 작성된 로드맵들을 공유함으로써 공통기술을 추출해 낼 수 있으며 장기간이 소요되는 기술개발 프로젝트나 기술획득 과정을 일찍부터 계획하여 기술이 필요한 시점에 바로 활용할 수 있게 된다. 마지막으로, 기술개발 참여 주체간의 의사소통 및 전략과 계획의 공유를 가능하게

한다. 일반적으로 기술로드맵 작성을 위해서는 cross-functional 팀을 구성하게 되므로 기술로드맵은 다양한 배경을 가진 사람들이 팀 내에서 의사소통 할 수 있는 공통의 언어를 제공한다고 할 수 있다.

3. 기술로드맵의 유형

기술로드맵은 대상산업의 범위를 어디까지로 하느냐(산업범위), 기술로드맵의 작성을 누가 주도적으로 하

표 1. 기술로드맵의 유형

분류기준	유형
산업범위	①복수산업 차원 로드맵, ②단일산업 차원 로드맵, ③개별기업 차원 로드맵
작성주체	①정부주도 로드맵, ②산업주도 로드맵, ③기업주도 로드맵
작성내용	①제품기술 로드맵, ②유망기술 로드맵, ③이슈관련 로드맵
작성형태 ([그림 2] 참고)	①Multiple layers, ②Bars, ③Tabular, ④Graphical, ⑤Pictorial, ⑥Flow chart
작성목적 ([그림 3] 참고)	①Product planning, ②Service/capability planning, ③Strategic planning, ④Long-range planning, ⑤Knowledge asset planning, ⑥Program planning, ⑦Process planning, ⑧Integration planning

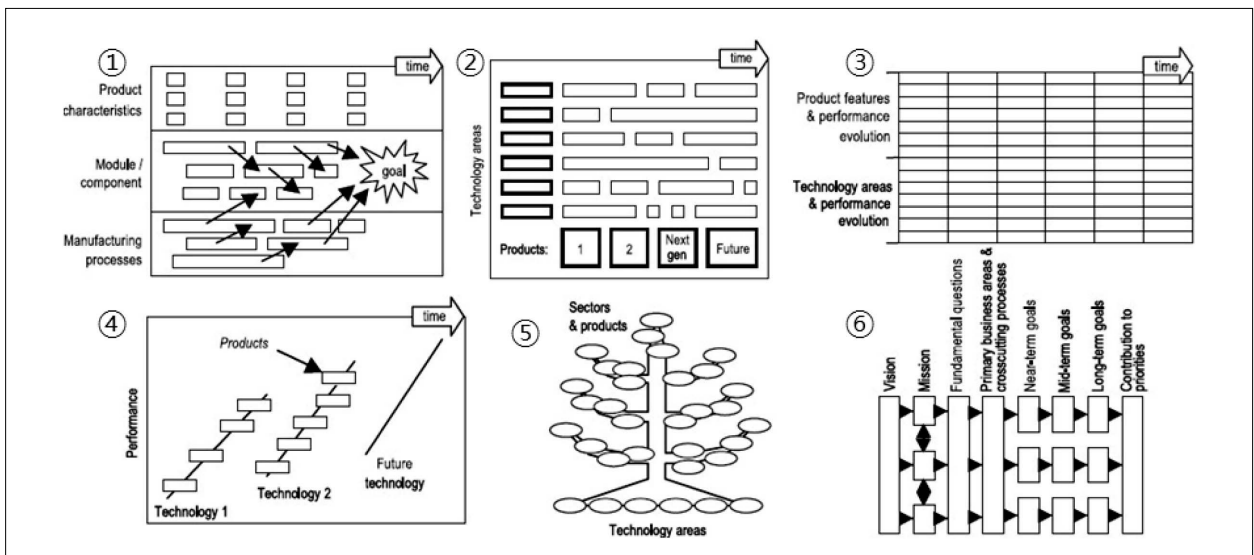
느냐(작성주체), 기술로드맵 작성대상의 내용이 무엇인가(작성내용), 기술로드맵 작성의 목적이 무엇인가(작성목적), 기술로드맵 작성결과물의 형태가 무엇인가(작성형태) 등의 일차원적인 기준([표 1] 참고) 혹은 이러한 기준들의 이차원적인 결합에 따라 여러 유형으로 구분될 수 있다.

이 중 작성형태와 작성목적에 따라 분류된 기술로드맵을 살펴보면, 일반적으로 알려져 있는 [그림 1]의 네트워크 형 차트 이외에도 다양한 형태의 기술로드맵이 다양한 목적으로 작성되고 있음을 알 수 있다([그림 2], [그림 3] 참고).

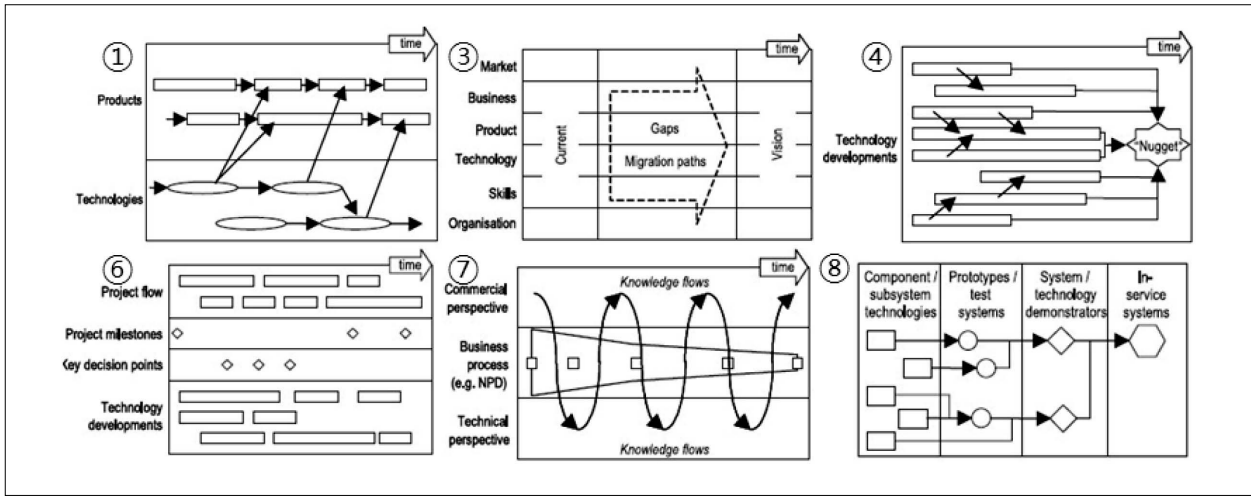
4. 기술로드맵의 작성방법

기술로드맵핑이란 기술로드맵을 작성하는 과정을 의미하는 신조어로 기술로드맵핑의 접근법은 시간축, 기획방향, 작성기법 등에 따라 각각 과거기반 로드맵핑과 미래지향 로드맵핑, 시장기반 로드맵핑과 기술기반 로드맵핑, 워크샵기반 로드맵핑과 시스템기반 로드맵핑으로 나눌 수 있다(Kostoff & Schaller, 2001).

과거기반 로드맵핑(Retrospective roadmapping)이란, 과거 정보를 활용하여 로드맵을 작성하는 방법으로, 주



▲ 그림 2. 작성형태에 따른 기술로드맵의 유형 (출처: Phaal 등, 2005)



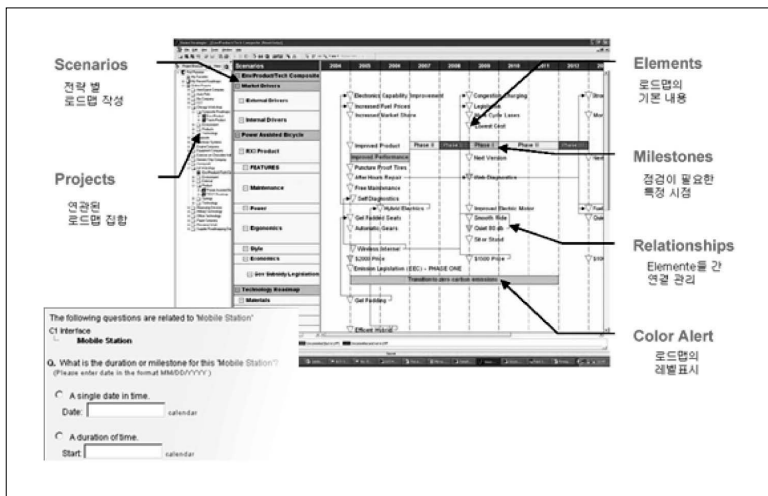
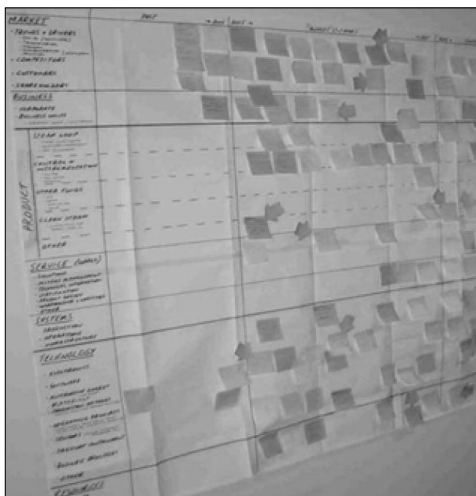
▲ 그림 3. 작성목적에 따른 기술로드맵의 유형 (출처: Phaal 등, 2005)

로 과학/기술에 대한 투자성과 및 영향을 측정하거나 성공적인 투자결과에 영향을 미쳤던 과거의 경영방식이나 환경요인을 찾아내기 위해 사용된다. 반면, 미래지향 로드맵핑(Prospective roadmapping)은 예측과 계획을 토대로 로드맵을 작성하는 방법이다.

미래지향 로드맵핑은 다시 시장기반과 기술기반으로 나누어진다. 시장기반(market-driven 혹은 requirement-pull) 로드맵핑은 요구되는 최종 제품을 먼저 정의한 뒤, 그 제품을 생산하기 위해 필요한 핵심기술이나 R&D를 도출해 내는 방법이다. 즉, 업계의 동향이나 사업부의

전략, 계획으로부터 필요기술을 도출해 내는 과정이다. 한편 기술기반(technology-driven 혹은 technology-push) 로드맵핑은 현재 진행 중이거나 예정된 R&D로부터 시작하여 이 R&D의 결과가 제품에 미칠 잠재적인 영향을 예측하는 것이다. 즉, 기술의 동향을 파악하고 R&D 결과물로부터 새로운 사업 기회를 창출하는 방법이다.

또한 로드맵핑 과정에서 주로 사용되는 방법에 따라 전문가기반과 컴퓨터기반으로도 구분할 수 있다. 전문가기반 로드맵핑은 주기적이고 반복적인 워크샵 혹은 델파이 등의 기법을 통해 기술로드맵의 내용을 구성하



▲ 그림 4. 기술로드맵핑 접근법 (좌측: 워크샵기반, 우측: 컴퓨터기반³⁾)

는 것으로, 영국 Cambridge 대학에서 개발한 T-Plan (Phaal 등, 2003), 싱가포르 SIMTech에서 개발한 OTR (Ferrill & Holmes, 2003) 등에서는 시장기획, 제품기획, 기술기획, 보고서작성을 위해 각 1회씩 총 4회에 걸쳐 전문가 워크숍을 개최할 것을 제안하고 있다. 한편, 컴퓨터기반 로드맵핑은 특허 등의 기술문서에 텍스트마이닝 혹은 데이터마이닝 등의 분석기법을 적용하여 미래 기술을 예측하고 전략적인 의사결정을 지원하는 방식을 의미한다. 특히 최근에는 정보통신 기술의 발달로, 오프라인 워크숍이 아닌 온라인 설문을 통해 전문가들의 의견을 수집한 뒤 이를 토대로 기술로드맵을 자동으로 생성, 관리해 주는 전문소프트웨어가 개발되어, 하이브리드기반 로드맵핑이 제시되고 있다(그림 4 참조).

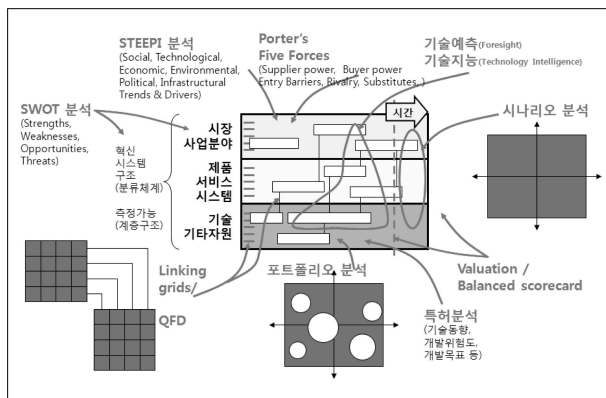
그러나 아직까지 대부분의 기술로드맵핑은 미래지향 시장기반 로드맵핑 형태가 많으며, 기본적으로 워크숍기반 혹은 델파이를 통해 작성하되 작성과정에서의 의사결정을 지원하고자 컴퓨터기반 로드맵핑 결과물들을 활용하는 경우가 많다.

기술로드맵핑 과정에 활용할 수 있는 기법은 로드맵핑 접근법에 따라 상이하겠지만 일반적으로 가용한 기

법들을 정리하면 다음 [그림 5]와 같다. 우선 미래 비전 설정을 위해서는 시나리오 분석, 가치평가, BSC분석 등을 진행할 수 있다. 시장기획 단계에서는 환경분석, Five-forces, 기술예측/기술지능, SWOT 분석 등이 진행된다. 기술기획 단계에서는 포트폴리오 분석이나 특허분석 등이 유용하다. 각 계층을 어떻게 설계할 것이며, 계층 내 요소들을 무엇으로 할 것인지는 로드맵 작성대상의 혁신체계에 기반하되, 가능한 측정 가능한 요소로 하는 것이 유리하다. 이 때 각 계층을 연결시키기 위해서 Linking grids나 QFD 등의 기법들을 활용할 수 있다. 이와 같은 기법들을 활용함으로써 보다 효과적인 기술로드맵 작성이 가능해진다.

5. 기술로드맵의 작성사례

기술로드맵이 상대적으로 활발하게 작성되고 있는 국가들의 사례를 살펴보면, 우선 미국 에너지부 (Department of Energy)의 경우 1998년 이후 다양한 에너지 기술을 대상으로 과학기술로드맵을 작성하여 국가수준의 연구개발 지원사업과 직접 연계시키고 있다. 캐나다 산업성(Industry Canada)은 1995년 자국혁신 지원정책의 일환으로 기술로드맵 작성을 시작하였으며, 이후 1,000 개 이상의 조직이 26개 기술로드맵 작성에 참여해 왔다. 단, 기술로드맵을 주도적으로 작성하여 배포하는 것이 아니라 산업계에서 로드맵을 작성할 수 있도록 그 과정과 소요비용을 지원하는 등의 장려정책에 그친다는 점이 특징적이다. 일본 경제통상부(Ministry of Economy, Trade, and Industry)는 2003년 이후에 기술로드맵을 활발히 작성해 오고 있으며, R&D기획뿐 아니라 폐쇄적인 일본 조직들의 의사소통을 촉진하기 위한 목적으로 로드맵을 활용하고 있다. 특히 기술 컨버전스를 통한 혁신 방법론인 C-Plan, 새로운 사업영역을 창출하기 위한 로드맵핑 방법론인 IS-Plan 등을 개발하여 기술로드맵의 활용범위를 확대하고 있다(Yasungag 등, 2009). 이외에도 프랑스 산업부, 네덜란드, 독일 등에서도 기술



▲ 그림 5. 기술로드맵 작성기법

2) Motorola는 2002년 The Learning Trust와 제휴하여 Vision Strategist라는 표준화된 로드맵 작성 솔루션을 개발하였으며 현재 100,000 건 이상의 R&D 프로젝트에서 그리고 9개국 3,000명 이상의 Motorola 직원들이 이 솔루션을 활용하고 있음. Vision Strategist는 Motorola 이외에도 Corning, Xerox, U.S.Air Force, Lockheed Martin, Honey, Sikoresky 등에서도 활용하고 있으며, 로드맵 연계, 공유, 단순화, 자동저장 등의 다양한 기능을 제공하여 기업의 자동화된 로드맵 작성을 지원. The Learning Trust는 이후 여러 번의 인수합병 등을 거쳐 현재는 Sopheon 사에 합병되었음.

3) <http://www.alignent.com/index.php>

로드맵에 대한 적용 및 연구가 활발하다. 국내에서는 과거 산업자원부(현 지식경제부)를 중심으로 산업기술로드맵, 부품소재로드맵, 항공우주로드맵, 에너지로드맵 등이 주기적으로 작성되었고, 최근 기술로드맵이라는 명칭 대신 청사진이라는 용어를 사용하여 ‘2008년도 지식경제통합기술 청사진’이 작성된 바 있으며, 융합 신산업 창출을 위한 전략로드맵을 작성 중에 있다.

기업주도 기술로드맵 작성사례를 살펴보면, Motorola의 기술로드맵은 과거 회의실 벽에 부착된 종이에 손으로 작성하거나 엑셀, 파워포인트 등으로 작성하던 형태에서, 시스템을 통한 표준화된 형태로 디지털화 되었으며, 최근에는 온라인 인터뷰를 통해 단 20~30분 내 로드맵이 작성되는 수준까지로 발전했다²⁾. 네덜란드 가전업체인 Phillips는 1993년 제품-기술 로드맵핑 기법을 도입하여 현재 전사적 차원에서 확대, 실시하고 있다 (Groenveld, 1997). GM사는 1999년 시범적으로 기술로드맵을 도입한 이후 웹기반 기술데이터베이스를 구축하여 로드맵과 타 경영기법들을 통합, 운영 중에 있다 (Grossman, 2004). 국내의 경우 삼성종합기술원의 시나리오 기반로드맵핑이 대표적이다. 정부주도 기술로드맵의 경우, 결과물의 신뢰도를 높이고 R&D 투자의 정당성을 확보하기 위해 기술로드맵 작성과정을 공개하는 경우가 많다. 따라서 참고할 만한 작성지침이 다수 존재한다. 반면, 기업주도 기술로드맵의 경우, 기업이 속한 산업분야, 작성부서, 작성목적 등에 따라 작성과정이 달라지며 또한 기업의 전략이 포함되기 때문에 쉽게 공개되지 않는다. 따라서 정형화된 작성지침이나 사례연구 결과가 대체적으로 부족하다.

국내의 사례로부터 공통적으로 나타나는 기술로드맵 작성 및 활용의 성공요인 중 일부를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기술로드맵 작성에 있어서 뚜렷한 목표설정이 필요하다. 기술로드맵 작업은 개념에 비해 작성과정이 복잡하여 목표설정과 최고경영층의 지원 없이는 실패할 가능성이 높다. 실무팀에서 목표달성에 적합한 기술로드맵의 형태와 작성과정을 명확히 설계하여야 하며, 로드맵핑이 체계적으로 추진될 수 있도록 지원해야 한다.

둘째, 기술로드맵 활용에 있어서, 포함된 정보가 최신

의 것이어야 한다. 즉, 기술이나 제품기획에 변화가 생겼을 때 그 변화가 기술로드맵에 즉시 반영되어야 한다. 따라서 기술로드맵은 예산이나 전략주기에 맞춰 주기적으로 갱신되어야 한다. 또한 한 번 생성된 기술로드맵은 저장된 채로 관련자들끼리의 의사소통을 거쳐 지속적으로 수정, 갱신되어야 하므로 이를 도와줄 수 있는 프로세스나 시스템이 필요하다.


셋째, 일단 조직 내 한 부서에서 기술로드맵을 작성하였다면, 조직 내 타 부서에서도 그 방식을 채택하도록 권유하는 것이 바람직하다. 조직 내에서 동일한 형태로 작성된 기술로드맵은 조직 내 산발적으로 흩어져 존재하는 정보를 통합하여 전사적 차원에서 전략적 의사결정을 보조할 것이다.

마지막으로, 로드맵핑 방법론이 보다 널리 확산되기 위해서는 로드맵의 생성, 저장, 공유, 갱신을 보조해 주는 전문시스템이 개발될 필요가 있다. 기술로드맵을 생성하는 초기 단계에서는 단순한 MS Office나 graphic package만으로도 충분하지만 지속적인 갱신이나 공유의 편의성을 위해서는 로드맵핑 전문시스템의 개발이 필수적이다. 단, 기술로드맵은 이해당사자들이 한 곳에 모여 미래를 논의하고 함께 준비해 가는 의사소통 과정이기 때문에, 의사소통과정 자체의 의미를 간과하고 시스템에만 지나치게 의존하지는 않아야 한다.

6. 맺음말

현재 기술로드맵은 기업 위주에서 산업, 정부 등으로 그 작성주체가 다양해지고 있고, 기술로드맵의 작성범위 또한 확대되고 있다. 이 과정에서 기술로드맵의 이론적 진화과정을 살펴보면, 첫째 기술로드맵 구조 측면에서 초기에는 주로 기술을 예측하고 R&D 목표를 설정하고자 하는 ‘R&D 로드맵’ 위주로 작성되었으나, 이후 시장, 제품, 기술 계층을 기본으로 계층간 관계에 초점을 맞추는 ‘통합 로드맵’으로 발전하였으며, 기본계층들을 작성주체와 목적에 맞게 변형한 ‘맞춤화 로드맵’이 제시되고 있다. 향후 개방형 혁신 패러다임 하에서는 협업주체간의 의사소통 수단이 될 ‘협업로드맵’의 활용이 기대된다. 둘째 기술로드맵 기법 측면에서는 단순한

‘워크샵/델파이를 통한 로드맵핑’에서 시나리오 기반 로드맵핑, 지식경영 로드맵핑, TRIZ 통합 로드맵핑, QFD 혹은 기술계층도를 활용한 로드맵핑 등 방법론이 다양해지고 있으며, 로드맵핑 과정에서 발생하는 정보와 로드맵핑 결과물들을 디지털화 하려는 노력이 지속되고 있다. 향후 로드맵핑 참여주체들이 증가하여 의사결정 주기가 단축됨에 따라 시스템의 비중은 보다 높아질 것이다. 마지막으로 작성분야 측면에서 살펴보면, 과거에는 역동적인 산업 내 기업들을 중심으로 기술로드맵이 작성되었으나, 현재는 기술개발이 요구되는 대부분의 산업에서 기술로드맵이 작성되고 있다. 일본의 경우 80% 이상의 기업이 기술로드맵을 작성하는 것으로 조사되었으며 국내의 경우에도 중소기업 기술로드맵 작성지원 정책 등을 통해 기술로드맵을 전파하려는 노력이 지속되고 있다. 이와 더불어 융합산업과 서비스산업의 비중이 높아지면서, 효율적인 융합산업을 창출하기 위한 방법론으로서의 로드맵핑과 서비스산업에 적합한 기술로드맵에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2000년 대 이후 기술로드맵에 대한 학계와 산업계의 관심은 꾸준히 증가하고 있다. 실제 Google 검색엔진에 로드맵핑을 의미하는 단어를 검색하였을 때 분기별 관련 문서가 최소 5~10% 이상 증가하고 있다 (Phaal 등, 2005). 이에 기술로드맵이 체계적인 이론적 기반을 확립하여 보다 효율적으로 활용될 수 있기를 바란다. 

참고문헌

- Galvin, R. (1998), Science roadmaps, *Science* 280, 803.
- Groenveld, P. (1997), Roadmapping integrates business and technology, *Research Technology Management* 40(5), 48-55.
- Holmes, C. and Ferrill, M. (2005), The application of operation and technology roadmapping to aid Singaporean SMEs identify and select emerging technologies, *Technological Forecasting and Social Change* 72(3), 349-357.
- Kostoff, R. and Schaller, R. (2001), Science and technology roadmaps, *IEEE Transactions on Engineering Management* 48(2), 132-143.
- McCarthy, J., Haley, D. and Dixon, B. (2003) 'Science and technology roadmapping to support project planning, *Proceedings of the 2003 PICMET*, Portland.
- Phaal, R., Farrukh, C., Mitchell, R. and Probert, D. (2002), Starting up technology roadmapping fast, *Research Technology Management* 46(2), 52-58.
- Phaal, R., Farrukh, C.J., Probert, D. (2004), Technology roadmapping: a planning framework for evolution and revolution, *Technological Forecasting and Social Change* 71(1-2), 5-26.
- Phaal, R., Farrukh, C. and Probert D. (2005), Developing a Technology Roadmapping System, *PICMET'05*.
- Yasungag, Y., Watanabe, M. and Korenaga, M. (2009), Application of technology roadmaps to governmental innovation policy for promoting technology convergence, *Technological Forecasting and Social Change* 76(1), 61-79. <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk>
<http://knowledge.smu.edu.sg/article.cfm?articleid=1139>