

## 효율적 국가 R&D 기획을 위한 e-TRM 시스템 구축

김갑수<sup>1\*</sup> · 박의석<sup>2</sup> · 이성주<sup>3</sup> · 임병혁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KAIST 기술경영전문대학원 / <sup>2</sup>한국산업기술진흥원 부품소재기획팀  
<sup>3</sup>아주대학교 산업정보시스템공학부 / <sup>4</sup>한국산업기술진흥원 기술기획팀

### Building an e-TRM System to Increase the Efficiency of National R&D Planning

Karpsoo Kim<sup>1</sup> · Euisuk Park<sup>2</sup> · Sungjoo Lee<sup>3</sup> · Byunghyuck Lim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KAIST I&TM

<sup>2</sup>KIAT(Korea Institute for Advancement of Technology)

<sup>3</sup>Ajou University I&ISE

<sup>4</sup>Principal Researcher, KIAT

The potential of roadmapping systems in updating, maintaining and sharing technology roadmaps has been argued in many articles but the systems have not been dealt with as a research topic. Therefore, this research purposes to develop an online roadmapping system, which is called an e-TRM system, to improve the efficiency of roadmapping at the national level in Korea. For the purpose, the roadmapping process for national R&D planning and its main activities were analyzed, based on which system requirements and main functions were identified. After the functions were successfully implemented in the TRM system, the system was applied to the 2009 national roadmapping process to verify its feasibility and utility. The system will enable to digitalize R&D planning in Korea and share the planning results nationwide. Also, the research results are expected to provide useful guidelines for those who are in charge of developing TRM systems.

**Keyword:** technology roadmap, online roadmapping system, R&D planning, efficiency of roadmapping

#### 1. 서론

최근 기술의 급격한 발전과 함께 기술복잡도가 높아지고 기술 융합이 가속화되면서 체계적인 기술기획의 필요성이 높아지고 있으며 이를 위한 다양한 기법과 방법론이 제안되고 있다. 기술로드맵(Technology Roadmap)은 대표적인 기술기획 방법 중 하나로 기업에서뿐 아니라 정부에서도 가장 빈번하게 활용되고 있는 시장지향적 기술기획 방법이다. 일반적으로 기술로드맵은 연구개발 프로그램, 프로그램의 성능목표, 그리고 성능

목표를 달성하기 위한 요구사항과 이들의 관계를 시각화 한 도구(Kostoff and Schaller, 2001) 혹은 기술과 이 기술이 구현된 제품의 공진화 과정을 나타낸 지도(Rinne, 2004)로 정의되며 조직의 목적을 달성하기 위해 필요한 능력을 적시에 확보하고 활용할 수 있도록 지원하고자 작성한다. 기술로드맵을 작성하는 과정을 로드맵핑(Roadmapping) 혹은 기술로드맵핑(Technology Roadmapping)이라고 한다.

기술로드맵은 1978년 미국 Motorola에서 처음 개발되어 Philips 등의 가전산업 부문에 속하는 기업에서 널리 활용되다가

\*연락처 : 김갑수 교수, 305-701 대전광역시 유성구 구성동 373-1 KAIST 기술경영전문대학원 2105호,

Fax : 042-350-4340, E-mail : kimkarpsoo@gmail.com

투고일(2010년 03월 29일), 심사일(1차 : 2010년 05월 31일), 게재확정일(2010년 06월 11일).

이후 GE, Boeing, Lockheed-Martin, Rockwell Automation, ABB, Honeywell International 등 전 산업 부문의 기업으로 확산되어 왔으며, 특히 역동적인 산업에 속한 기업들의 활용이 두드러진다. 이와 같이 기술로드맵은 주로 경영이론보다는 경영실무로 발전되어 왔으나, 최근 들어 이론적 연구가 활발해지면서 기술로드맵의 방법론 구축(Lee *et al.*, 2008; McCarthy *et al.*, 2001), 지식경영과 신제품개발 등 기존 경영실무와의 통합(Brown and O'Hare, 2001; Petrick and Echols, 2004), 와해기술이나 융합기술을 위한 로드맵핑(Vojak and Chambers, 2004; Walsh, 2004; Yasunaga *et al.*, 2009) 등 기술로드맵을 경영이론으로 정착시키고자 하는 노력들이 지속되고 있다.

기술로드맵이 유용한 기법이라는 인식이 확산되고 기술로드맵 작성이 활발해지면서 기존에 MS Office와 같은 상용소프트웨어 기반으로 작성된 기술로드맵을 저장, 갱신, 배포하는데 있어 효율성의 문제가 제기되고 있다(Lee *et al.*, 2008). 이러한 한계점을 극복하고자 대기업에서는 시스템을 자체 개발하여 활용하고도 있으나 보완상의 문제로 인해 시스템의 구조나 구축방법에 대해 개발된 정보는 전무하다. 물론 일부 전문 소프트웨어 시스템이 개발된 바 있으나 가격이 높아 접근성에 한계가 있으며 기술로드맵 전용으로 개발되기보다는 제품기획 전용으로 개발되어 효과적인 R&D 기획을 지원하는데 한계가 있다. 따라서 기술로드맵 작성 지원 시스템의 필요성이 제시되고는 있으나 아직 대부분의 조직에서는 시스템을 활용하지 못하고 있는 실정이다(Brown and O'Hare, 2001). 기술로드맵 시스템은 로드맵핑의 효율성을 높여주고 특히 대규모 조직에서 작성된 기술로드맵의 갱신과 공유를 용이하게 지원해 준다(Lee *et al.*, 2008). 또한 로드맵핑 방법론에 대한 정보가 부족한 기관은 기술로드맵 시스템을 적절한 지침을 제공받기 위한 목적으로도 활용할 수 있을 것이다(Lee and Park, 2005). 특히 국가차원 기술기획의 경우 이해당사자가 많고 기획과정에서 개방성이 강조되기 때문에 기술로드맵 시스템이 가지고 올 장점이 보다 클 것으로 기대된다. 또한 국가차원의 기술기획은 기업에서의 R&D 기획보다는 상대적으로 대규모로 진행되기 때문에 R&D 효율성 확보가 중요하며 따라서 잘 정의된 기술기획 프로세스를 따라 기술로드맵이 작성되어야 한다. 그럼에도 불구하고 국가 차원에서 기술로드맵 시스템에 대한 연구는 거의 진행된 바 없다.

위와 같은 기존 기술로드맵의 한계점을 보완하고자 본 연구는 국가 R&D 기획의 효율성 향상을 위한 온라인 기술로드맵 시스템(e-TRM 시스템)을 구축하고자 한다. e-TRM 시스템은 최상위 수준에서 정부의 기술전략을 도출하는 과정을 지원하고 전략수립 결과를 공유하기 위한 목적으로 개발되었다. 따라서 본 연구는 e-TRM이 대상으로 하는 국가수준에서의 기술로드맵 작성 절차를 사전에 정의하고, 이에 따라 기술로드맵을 작성하는 과정에서 발생하는 주요 결과물들을 분석하였으며, 분석결과를 토대로 e-TRM 시스템의 기능을 도출하여 시스템을 구축하였다. 개발된 e-TRM 시스템은 2010년부터 지식경제부

의 R&D 기획과 로드맵핑 과정에서 본격적으로 활용될 예정으로, 기술로드맵 작성결과를 저장, 배포하는데 활용될 뿐 아니라 기술로드맵 작성을 위한 온라인 작업장으로도 활용될 것으로 기대된다. 본 연구는 국가의 기술기획 과정을 지원하고자 진행되었으나 일반 기업의 기술기획 과정에 활용되는데도 큰 무리가 없기 때문에 연구결과는 기술로드맵 시스템 개발을 고려하는 많은 기술기획자들에게 참고자료로 활용되며 동시에 시스템을 통한 기술로드맵의 확산에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

## 2. 기술로드맵

### 2.1 기술로드맵의 활용

기술로드맵은 전략적 기획과 기술경영을 지원하는 유용한 방법론으로 널리 인식되고 있으며 최근 10년 간 미국을 중심으로 기술로드맵 작성활동이 활발하게 나타났다. 기업에서의 기술로드맵은 전략과 기획의 연계, 전사적 차원에서의 장기기획, 의사소통 촉진과 기획결과물의 공유, 투자 우선순위 선정 등의 목적으로 작성되어 왔다(Barker and Smith, 1995; Kappel, 2001; Groenveld, 1997; Willyard and McClees, 1987). 선진기업에서는 이미 오래 전부터 기술로드맵을 작성하는 것이 일반화되었으며, 2~3년 단위로 기술로드맵을 갱신해 왔다. 일본의 경우 80%의 기업이 기술로드맵을 작성하는 것으로 알려져 있다. 대표적 기업별 사례를 살펴보면, 기술로드맵 기법을 최초로 발표한 Motorola에서는 1980년대 후반부터 기술혁신의 기회를 찾기 위해 전략적 로드맵핑을 수행하였으며 2001년까지 5,000건 이상의 제품로드맵 문서를 작성한 바 있다. Motorola는 현재 가장 선진화된 방식으로 다양한 형태의 기술로드맵을 작성하고 있다(Richey and Grinnell, 2004). 네덜란드 가전업체인 Phillips는 1993년 통합 '제품-기술 로드맵핑 기법'을 도입하였으며 초창기에는 소규모로 시험도입 하였으나 현재 전사적인 차원에서 확대 실시하고 있다(Groenveld, 1997). 미국 GM사는 1999년 효율적인 경영에 대한 필요성에 의해 기술로드맵을 도입하였으며 현재까지 활발히 활용하고 있다. 국내의 경우 일부 기업연구소를 중심으로 기술로드맵이 도입되어 주로 대기업에서 작성되어 왔으나 2007년부터 정부지원을 통해 중소기업까지 확장되어 가고 있다. 특히 유럽에서는 산업연구경영협회(EIRMA : European Industrial Research Management Association), 미국에서는 기술혁신촉진회(MATI : Management of Accelerated Technology Innovation)와 같은 협회활동을 통해 기업들이 기술로드맵 작성과정에서의 경험과 노하우를 공유하고자 하는 노력을 지속하고 있다.

기업에서 주로 활용되던 기술로드맵은 1992년 미국 반도체 협회에서 최초로 이를 도입하면서 산업차원에서도 주목받기 시작하였고, 공동기술개발과 표준설정 등에서 가치를 인정받

으며 국가 차원에서의 작성 또한 활발해지고 있다. 국가차원에서의 기술로드맵은 대부분이 국가 연구개발에 대한 전략적 기획 및 기술정책수립을 위해서 작성되며 특히 국가지원 연구개발의 투자효율성 확보 혹은 정부 및 관련 산업주체들의 효과적인 의사결정을 주요 목표로 한다(Lee *et al.*, 2008). 미국 에너지성(<http://www.energy.gov/>), 일본 경제산업성(<http://www.meti.go.jp/>), 캐나다 산업성(<http://www.ic.gc.ca/>) 등에서 적극적으로 활용되고 있다(OEM, 2001; Yasunaga *et al.*, 2009).

업계에서 기술로드맵의 유용성이 인정되고 기술로드맵의 활용이 활성화되면서 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 대표적인 연구로 기술로드맵의 작성방법론에 대한 연구(Albright and Kappel, 2003; Lee *et al.*, 2007), 기술로드맵 작성과 배포에 있어 주요 고려사항에 대한 연구(Phaal *et al.*, 2003), 기술로드맵의 활용방안에 대한 연구(McCarthy *et al.*, 2003), 기술로드맵에 대한 사례연구(Groenveld, 1997; Willyard and McClees, 1987) 등이 있다. 그러나 아직은 관련연구가 초기단계이기 때문에 로드맵핑의 효과를 설명하고자 하는 연구들이 주를 이루는 반면, 로드맵핑의 효율성을 높이기 위한 연구들은 많이 진행되지 못한 상태이다(Lee *et al.*, 2008). 예를 들어, 효율적인 로드맵핑을 위해서는 기술로드맵을 정기적으로 검토하여 최신의 정보를 반영할 수 있도록 갱신하는 것이 매우 중요하다. 그러나 문서 기반의 기술로드맵에서는 이것이 쉽지 않다. 효율적인 로드맵핑에 있어 기술로드맵 관련 정보를 전사적인 차원에서 공유하는 것 또한 매우 중요하다(Kostoff and Schallar, 2001; Phaal *et al.*, 2005). 그러나 대부분의 기술로드맵은 부서 차원에서 작성되고 부서 내에서 활용되는 것이 일반적이다. 그 결과 기술로드맵 작성은 자칫 일회성 작업에서 끝나거나 전사적 차원에서 이루어지지 못하여 기술로드맵이 갖는 높은 잠재효과에도 불구하고 제대로 그 효과를 완전히 발휘하지 못하는 경우가 많다. 기존의 로드맵핑 방법이 갖는 한계점을 극복하고 로드맵핑의 효율성을 높이기 위한 방법으로 최근 기술로드맵 시스템에 대한 논의가 시작되고 있다(Albright and Kappel, 2003; Brown and O'Hare, 2001; Lupini, 2002). 기술로드맵 시스템은 기술로드맵의 작성과정을 지원할 뿐 아니라 기술로드맵의 유지, 갱신, 배포에 있어서 가장 효율적인 방법이 될 수 있을 것이다.

## 2.2 기술로드맵 시스템

기업의 기술로드맵은 범용 소프트웨어를 활용하여 작성되는 경우가 많으나 최근 IT기술의 발달로 기술로드맵 결과물을 데이터베이스에 저장하고 기술로드맵 작성과정을 온라인에서 수행하고자 하는 시도가 계속되고 있다. Lee and Park(2005)은 기술로드맵 작성에 활용 가능한 시스템을 크게 세 가지 유형으로 분류하였다. 첫째는 '범용 소프트웨어 시스템'으로, 이 유형에 해당하는 시스템은 문서작업, 프리젠테이션 등의 광범위한 목적으로 개발되었으나 시스템의 일부 기능이 로드맵작성과정을 지원해 줄 수 있는 경우이다. MS word, MS excel, MS

PowerPoint, Visio 등이 대표적인 범용 Software 시스템이다. 이러한 시스템을 활용하여 기술로드맵을 작성할 경우 시각화 측면에는 장점이 있으나 기술로드맵의 갱신, 검색, 공유에 있어서는 한계점이 존재한다. 둘째는 '반전문 소프트웨어 시스템'으로 이러한 시스템들은 완전히 로드맵핑을 위해 개발된 것들은 아니지만 일부 시스템 모듈이 로드맵핑을 지원하고 있다. 이 유형의 시스템들은 주로 제품기획 혹은 위험관리를 지원하고자 개발된 경우가 많기 때문에 완전히 로드맵핑을 위한 시스템이라고 말하기는 힘들다. 마지막 유형은 '전문 소프트웨어 시스템'으로 이 유형의 시스템은 순수하게 로드맵핑을 목적으로 개발된다. 기획수단으로서 기술로드맵의 효과가 인정되면서 최근 다수 기업들이 전문 소프트웨어를 자체적으로 구축하거나 외부에서 도입하여 활용하고 있다.

가장 최초로 기술로드맵 시스템을 도입한 기업은 Motorola로, 과거 Motorola의 기술로드맵은 컨퍼런스 룸의 벽에 부착된 종이에 손으로 작성되었으나, 최근에는 온라인 인터뷰를 통한 단 20~30분 내 기술로드맵이 작성되는 수준까지 진화하였다(Richey and Grinnell, 2004). Motorola에서 구축한 초기의 로드맵핑 지원시스템은 ERMS(Enterprise Roadmap Management System)으로, Motorola는 이 시스템을 활용하여 로드맵핑 작업에서의 협업을 지원하고자 하였다. 이 시스템을 기반으로 Motorola는 협회, 고객, 경쟁자, 공급자 등에 의해 작성된 로드맵을 저장하여 제공하는 로드맵 포털을 구성하여 제공하였으며, 2002년 The learning Trust와 제휴하여 Vision Strategist라는 표준화된 로드맵 작성 솔루션을 개발하였다. 현재까지 Motorola 내에서는 100,000건 이상의 R&D Project에 Vision Strategist가 적용되고 9개국 3,000명 이상의 Motorola 직원들이 이 솔루션을 활용하고 있다. 또한 Vision Strategist는 Motorola 이외에도 Corning, Xerox, Lockheed Martin, Honeywell, Sikorsky 등 많은 대기업에서 활용되고 있으며 로드맵 연계, 공유, 단순화, 자동저장 등 다양한 기능을 제공하여 기업의 자동화된 로드맵핑을 지원한다(Richey and Grinnell, 2004). GM사의 경우 초창기의 기술로드맵은 손으로 작성되어 타 데이터베이스와 직접 연결되지 못하였기 때문에 초기 사용자들로부터 컴퓨터 기반의 로드맵 작성에 대한 요구가 있었다. 이에 GM사는 실시간 웹기반 데이터베이스를 구축하여 운영하였으며 기업 내 유사한 기능을 하는 타 데이터베이스와 연계하는 등의 통합 작업을 진행하였다. GM사의 기술로드맵 시스템은 로드맵핑을 지원해 주는 시스템이기보다는 중복 R&D를 방지하기 위한 R&D 프로젝트의 데이터베이스에 보다 가까운 형태이다. 기술정보가 이미 기술데이터베이스 상에 존재하기 때문에 시스템 활용을 통해 로드맵핑에 소요되는 시간을 최소화 할 수 있다. 또한 이 시스템은 단순하지만 잘 표현된 방식으로 미래의 기술기획 결과물을 표현해 주며, R&D 투자에 대한 근거를 제시하기 때문에 효과적인 기획을 지원한다는 측면에서 우수하게 평가된다(Grossman, 2004).

국가차원에서의 기술로드맵 시스템은 대부분 기술로드맵 작성 결과를 용이하게 배포하기 위해 구축된다. 예를 들어 일

본은 2006년부터 기술전략맵의 정보를 보다 유용하게 제공하기 위해 'KAMOME'라는 온라인 시스템을 운영(http://www.nedo.go.jp/roadmap/index.html)하기 시작하였으며, 캐나다 산업성은 기술로드맵 웹 사이트(http://www.ic.gc.ca/trm)를 구축하여 정부가 지원한 로드맵핑 결과물 문서들을 제공하고 있다. 그러나 이들은 단순히 로드맵 보고서를 온라인 상에서 제공하는 정도의 수준으로, 작성과정을 지원해 주거나 작성결과물을 시각화해주는 등의 전문 소프트웨어로서의 기능까지는 수행하지 못하고 있다.

이와 같이 일부 대기업에서는 자사의 니즈나 기술기획 프로세스에 맞춤형 기술로드맵 시스템을 구축하여 활용하고 있으나 기술로드맵 시스템 자체에 대한 연구결과는 거의 발표된 바가 없어 실제 시스템 구축을 계획하고 있는 기업들이 참고할 만한 자료가 부재한 실정이다. 또한 학계에서 기술로드맵 시스템에 대한 연구가 일부 진행된 바 있으나(Hassan *et al.*, 2006; Lee and Park, 2005; Lee *et al.*, 2008), 기존 연구들은 시스템의 개념도를 제시하거나 프로토타입을 개발하는 정도에서 그치고 있어 실제 개발된 시스템까지 연계되지 못하고 있다. 기술로드맵 시스템이 가져다 줄 기대효과에 대한 논의가 지속되는 상황에서(Brown and O'Hare, 2001; Lupini, 2002; Albright and Kappel, 2003), 기술로드맵 전문 시스템 개발에 대한 연구는 의의가 있을 것이다.

### 3. 연구 프레임워크

본 연구는 지식경제부 통합기술청사진 작성과정에서 효과적인 국가 R&D 기획을 지원하기 위해 기술로드맵 전문 시스템인 e-TRM을 개발하는 것을 목적으로 하며, 전체적인 연구 프레임워크는 다음 <그림 1>과 같다.

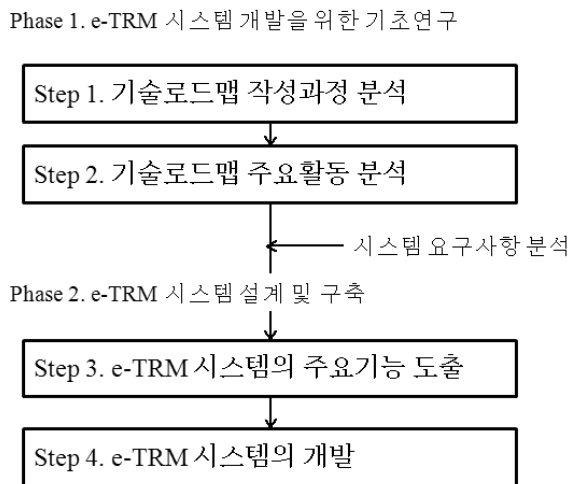


그림 1. 연구 프레임워크

기술로드맵 시스템을 개발하기 위해서는 로드맵핑 프로세

스가 사전에 명확히 정의되어야 한다. 따라서 Phase 1에서는 국가 R&D 기획을 위한 기술로드맵 작성과정과 주요 활동들을 설계하는 기초연구가 필요하다. e-TRM은 국가 R&D 기획 중에서도 가장 상위단계에서의 기술기획을 목표로 한다는 점을 고려하여 전체적인 과정을 설계할 필요가 있다. 로드맵핑 프로세스에 대한 기존 연구들이 일부 존재하지만 일반적으로 잘 알려진 로드맵핑 지침들은 기업 로드맵 작성지침이다(Holmes and Ferrill, 2005; Phaal *et al.*, 2003). 정부 로드맵의 경우에도 특정분야의 기술예측이나 구체적인 R&D 기획을 위한 기술로드맵이기 때문에(Lee *et al.*, 2008) 최상위 수준에서의 전략수립을 목표로 하는 e-TRM의 목적에 적합한 로드맵핑 프로세스를 본 연구 내에서 정의할 필요가 있다. 다음 단계인 Phase 2에서는 주요 활동들을 지원하기 위한 e-TRM 시스템을 설계해야 한다. 로드맵핑 과정에서 전문가들 역할이 중요하다는 점을 고려할 때 시스템 지원이 필요한 부분들만을 도출해 내고 이를 기반으로 e-TRM 시스템의 구조와 기능을 설계한다. 이 단계에서 시스템에 대한 사용자의 요구사항이 반영되어 최종 시스템 프로토타입을 개발하고자 한다. 개발된 시스템은 향후 지식경제부의 전략기술기획을 지원하고 기획결과를 배포하기 위한 목적으로 활용될 예정이다. 각 단계에 대한 구체적인 설명은 제 4장과 제 5장에서 서술한다.

### 4. e-TRM 시스템 개발을 위한 기초연구

#### 4.1 기술로드맵 작성과정 분석

e-TRM 시스템이 지원하는 로드맵핑은 향후 10년 간 메가트랜드를 토대로 한 민간주도형 기획으로 R&D 수요자의 의견을 토대로 하는 기술전략인 『통합기술청사진』추진을 목적으로 한다. 통합기술청사진은 지식경제부와 한국산업기술진흥원이 주관하고 수백 명의 산학연 전문가가 참여한 대규모 공동체 기획의 결과물이며 특히 참여전문가의 약 40%가 산업계 전문가로 구성되어 있어 R&D 수요자의 의견을 토대로 하는 민간주도형 기술전략이다. 이는 지식경제부의 R&D 투자 방향성을 종합적으로 제시하는 최초의 최상위 R&D 전략으로 지식경제부의 세부 R&D 사업별 로드맵(산업원천기술 로드맵, 부품소재기술로드맵 등)의 기반이 되고자 2009년 최초로 작성되었다. 통합기술청사진 작성 이전에는 개별 사업 별로 기술기획이 별개로 진행되어 중복투자의 위험이 있었으나 통합기술청사진을 수립함으로써 방향성 없는 무분별한 투자를 방지하고 R&D의 투자 효율을 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다(<그림 2> 참고).

지식경제 통합기술청사진은 R&D 방향·R&D 추진전략·핵심기술 간 수요공급관계 등을 종합적으로 제시하고자 <표 1>과 같이 분석, 연계, 분류, 통합의 4단계 절차로 작성된다. 분석단계에서는 산업별 동향을 분석하고 연관된 핵심기술을 도출하여 장기적인 R&D 목표를 수립하게 된다. 일반적인 로드맵핑은 분석단계에서 완료되는 경우가 많으나 통합기술청사

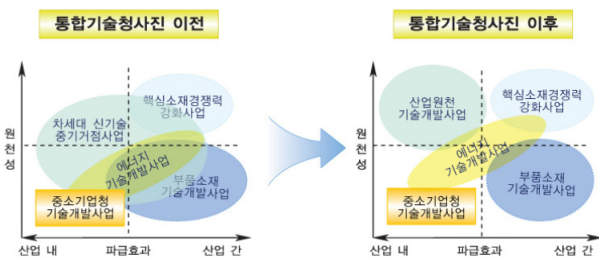


그림 2. 통합기술청사진의 R&D 사업간 조정 역할

표 1. 통합기술청사진 작성 절차

|    |   |
|----|---|
| 분석 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 산업별 메가트렌드 분석, 핵심기술체계도 도출</li> <li>• 핵심기술체계도 상 핵심기술별로 향후 10년까지의 연차별 R&amp;D 목표 제시</li> </ul>   |
| 연계 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심기술체계도를 국내·외 R&amp;D 과제 및 주요 로드맵과 연계</li> <li>• 핵심기술체계도를 한·미·일·EU 등의 주요국 특허분석 결과와 연계</li> </ul> |
| 분류 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심기술별 특성을 기반으로 R&amp;D 전략 분류(단·중·장기, 국제협력 등)</li> </ul>  |
| 통합 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심기술간 연관도 분석 및 R&amp;D 사업별 역할분담 방안 통합 제시</li> </ul>  |

진은 국가수준의 거시적인 전략수립이기 때문에 정책수립을 지원하고 R&D 주체들에게 의미 있는 정보를 제공하고자 하는 추가분석이 진행됐다. 연계단계에서는 핵심기술을 R&D 과제 및 특허와 연계하고, 분류단계에서는 기술의 특성을 기반으로 R&D 전략을 분류하며, 통합단계에서는 기술간 연관관계를 토대로 통합적인 R&D 전략을 수립한다.

4단계 절차를 거쳐 최종 결과물은 산업별로 작성되며 <그림 3>과 같이 ① 메가트렌드, ② 핵심기술체계, ③ R&D 목표

및 지원방향·로드맵과 연계, ④ R&D 추진 전략, ⑤ 산업간 기술연관도, ⑥ 핵심 Product의 목표 및 기능 등으로 구성된다.

#### 4.2 로드맵핑의 주요 활동 분석

##### (1) 분석

분석단계에서는 산업별 미래 수요를 토대로 향후 10년 간 해당산업의 발전방향을 예측하고 수요를 반영한 제품 로드맵을 작성한다. 다음으로 제품개발에 있어 향후 10년 간 정부차원의 지속적 모니터링이 요구되는 핵심기술을 도출하여 핵심기술 체계도를 작성한 뒤, 기술별로 현재 국내 수준을 고려하여 향후 10년까지의 R&D 목표를 구체적으로 제시한다. 이 과정에서는 각 산업별로 산·학·연 전문가들이 모두 참여한다. 2009년 통합기술청사진 수립에는 600명 이상의 전문가가 참여하여 14대 분야 31개 산업에 대해 총 10,836개의 핵심기술을 도출하였다.

##### (2) 연계

연계단계에서는 핵심기술별 R&D 지원 현황을 파악하고 주요국 R&D 지원과제를 조사하여 투자방향을 비교·분석한다. 또한 기존 로드맵에서 제시한 핵심기술들을 조사하여 핵심기술의 상대적 중요도를 파악하고 글로벌 R&D 동향을 파악할 수 있도록 주요국 특허를 분석한다. 이러한 연계를 통해 R&D 정책수립에 있어 전략적 시사점을 도출할 수 있도록 한다. 2009년 통합기술청사진 수립에서는 중기거점, IT 원천기술 등 14개 R&D 사업의 최근 7년간 지원과제를 조사하여 통합기술청사진에서 도출한 핵심기술별 R&D 지원 현황을 파악하였으며, 한국, 미국, 일본, EU의 특허를 분석하여 주요국 기술동향을 분석하였다.

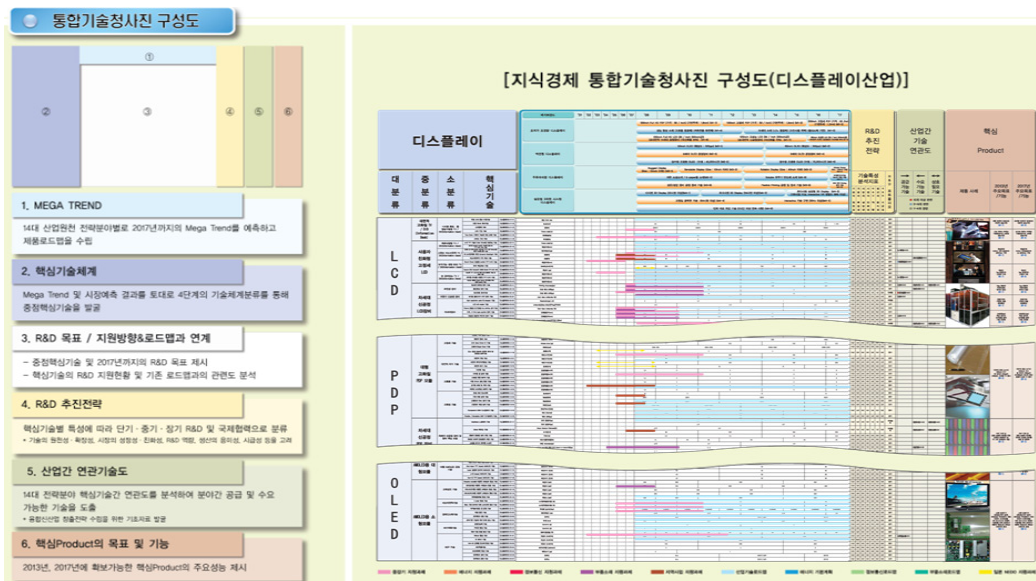


그림 3. 지식경제 통합기술청사진의 구성도

(3) 분류

분류단계에서는 시장성, 원천성, R&D 역량, 생산기반, 국제협력지수 등 핵심기술별 특성을 종합평가하여 R&D 전략을 장기, 중기, 단기 및 국제협력으로 분류하여 기술특성에 적합한 기술개발전략을 수립할 수 있도록 지원한다. 전략수립에는 다음 <그림 4>와 같은 포트폴리오 분석을 활용할 수 있다. 2009년 통합기술청사진 수립에 있어서는 10,836개 핵심기술을 장기 R&D(2,850개), 중기 R&D(5,330개), 단기 R&D(1,804개), 국제협력(852개)으로 분류하였다.

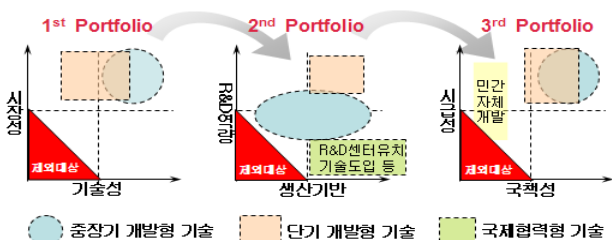


그림 4. 기술별 R&D 전략수립을 위한 포트폴리오 분석

(4) 통합

마지막으로 통합 단계에서는 핵심기술간 연관관계 분석을

통해 <표 2>와 같이 R&D 사업별 역할분담 방안을 제시한 통합기술청사진을 수립한다. 특히 <그림 5>와 같이 기술간 연관성을 수요 및 공급관계로 분석하여 융합개발 가능성이 높은 Seed형 기술을 도출함으로써 융합신산업 창출전략을 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 2009년 통합기술청사진 수립에 있어서는 10,836개 핵심기술을 타 분야 기술에 영향을 주는 공급가능 기술, 특정분야 핵심기술이 필요로 하는 타 분야 기술인 수요가능 기술, 상호간에 서로 필요로 하는 상호필요 기술의 세 가지 유형으로 분류하였다.

5. e-TRM 시스템 설계 및 개발

5.1 시스템 주요 기능 도출

통합기술청사진의 작성과정은 다수의 전문가가 참여하며 관련된 이해당사자 또한 다수인 국가 R&D 전략 수립과정이다. 그러나 현재까지는 국가 R&D 전략을 민간과 공유하는 온라인 시스템이 존재하지 않아, 통합기술청사진의 활용도 및 파급효과가 제한적이었다. 또한 현재까지의 통합기술청사진 작성과정은 주로 워크샵 기반 작성방법으로, 오프라인 기반 기획에

표 2. R&D 전략별 주요 기술개발사업

| R&D 전략                                   | 주요 기술개발 사업                                 |
|--|--|
| 장기 R&D<br>(R&D 기간이 7년 내외인 장기상용기술)        | 산업원천, 민간경용, 에너지자원, 핵심소재경쟁력강화, 신재생에너지 등     |
| 중기 R&D<br>(R&D 기간이 4~5년인 핵심응용기술)         | 산업원천, 부품소재, 지식경제프론티어, 유비쿼터스원천기술, 원자력발전 등   |
| 단기 R&D<br>(R&D 기간이 3년 이내인 단기상용기술)        | 단기핵심, 정보통신신성장, 지역전략산업육성, 부품소재, 섬유산업스트림협력 등 |
| 국제협력 R&D<br>(R&D 역량은 낮으나 생산기반을 보유한 원천기술) | 국제산업기술협력, 한미공동기술개발사업 등                     |

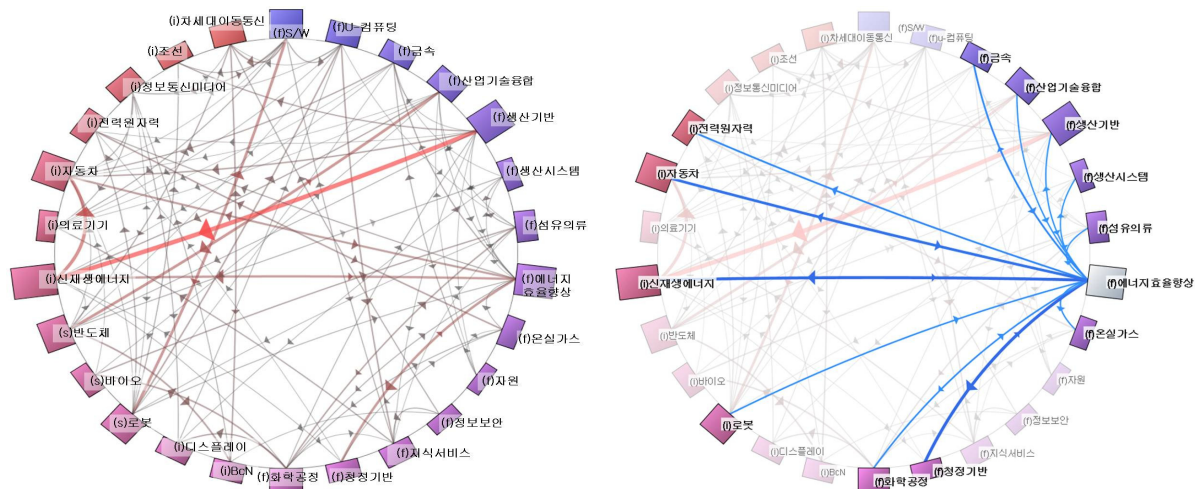


그림 5. 산업간 연관관계 분석 예시

다른 시간, 공간, 비용 등의 제약요건을 극복하기 위해 온라인 기획시스템의 필요성이 증대하고 있다. 실제로 Sony Ericsson, 모토로라, 삼성전자 등의 글로벌 기업들은 기술전략의 온라인화를 위해 기술로드맵 기획·관리 시스템을 구축하고 있다. 이에 e-TRM 시스템의 필요성이 대두되었으며 통합기술청사진 수립을 위한 주요활동들을 기반으로 시스템에서 요구되는 기능들을 기본기능과 지원기능으로 나누어 정리하면 다음과 같다(<그림 6> 참고).

(1) 기본기능

e-TRM 시스템의 사용자는 크게 기획에 참여하는 전문가와 로드맵핑 결과를 제공받는 R&D 주체로서의 이해관계자로 나눌 수 있다. 이해관계자들의 니즈를 만족시키기 위해서 e-TRM 시스템은 통합기술청사진 수립 결과물이라 할 수 있는 산업별 제품로드맵, 핵심기술별 기술전략, 주요국 중점 R&D 분야 등을 한 눈에 조망하는 디지털 전략지도를 제시할 수 있어야 한다. 동시에 e-TRM 시스템은 전문가 수작업에 의존하던 기획절차를 디지털화하여 급변하는 패러다임에 언제, 어디서나 대응

가능한 온라인기획체계를 구축함으로써 기획전문가들을 지원할 수 있어야 한다. e-TRM 시스템에서 요구되는 주요한 기본기능을 정리하면 다음 <표 3>과 같다.

(2) 지원기능

다음으로 통합기술청사진과 직접적으로 연관된 기본기능 이외에 시스템 운영의 효율성을 높이고 사용자의 편의를 높이기 위한 지원기능이 요구된다. 즉, 제안된 시스템은 사용자의 편의를 높이기 위해서 기술로드맵과 통합기술청사진에 대한 기본적인 지식을 제공하고 사용자들이 체계적인 기술기획을 수행하는데 참고자료를 제공한다. 또한 사용자별 관심기술 등록, 관심기술간 쌍대비교, 통합검색 기능 등을 제공하여 대규모로 진행된 복잡한 기획결과 중 사용자들에게 필요한 정보만을 쉽게 추출하여 제공받을 수 있도록 지원한다. 마지막으로 국가 전략의 유출을 방지하기 위한 보안 기능을 지원한다. 따라서 e-TRM 시스템에서는 해의 IP 차단, DRM(불법복제, 번조방지) 기반 문서 보안, 화면캡처 차단, 공인인증서 로그인, 서버 방화벽 구축 등의 기능을 장착하여 보안을 강화하였다.

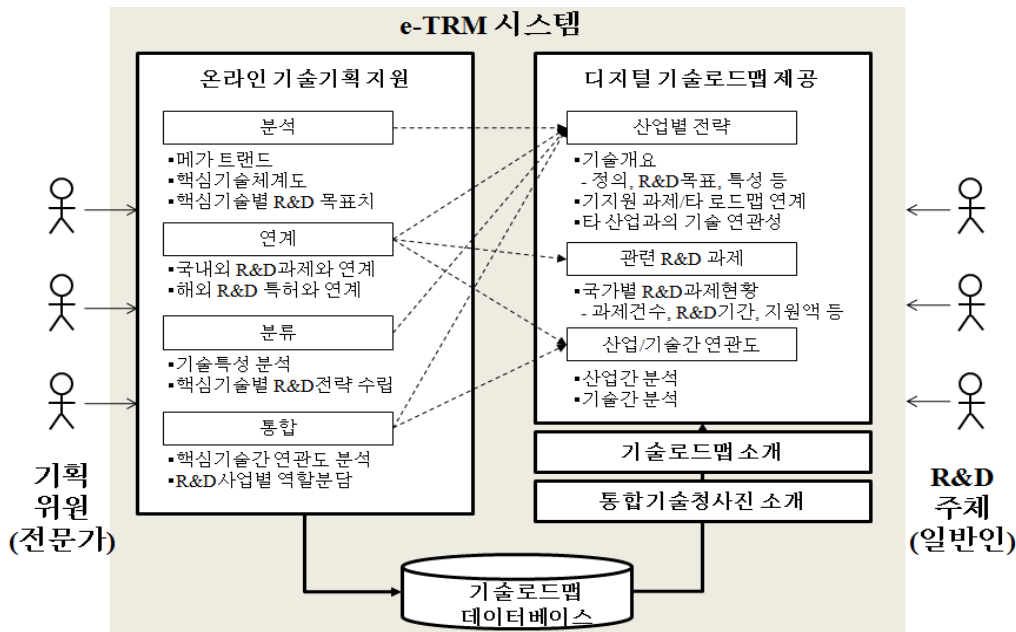


그림 6. e-TRM 시스템의 전체적인 구조도

표 3. e-TRM 시스템의 기본기능

|                    |  |
|--------------------|--|
| <p>디지털 전략지도 제공</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>향후 10년 간의 산업별 메가트렌드 및 제품진화 로드맵 제시(F1)<br/>- 핵심기술별 R&amp;D 전략, 기술특성, 최종 개발제품 등 제시</li> <li>핵심기술별 한, 일, 미, EU 등 주요국 R&amp;D 과제 정보 제공(F2)<br/>- R&amp;D 과제별 과제명, 개발기간, 개발예산, 세부내용 등 포함</li> <li>산업간 기술연관도(공급, 수요, 상호필요) 정보를 제공(F3)<br/>- 타 산업과의 연계 및 융합관련 기초정보 제공</li> </ul> |
| <p>온라인 기획 지원</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>기획위원용 공간(e-workplace)을 통해 일정, 진행현황을 상시 파악(F4)</li> <li>주요국 R&amp;D 과제정보, 로드맵 등 기획에 필요한 정보를 제공(F5)</li> <li>메가트렌드, R&amp;D 목표 등을 온라인상에서 편하게 입력하도록 지원(F6)</li> </ul>  |

5.2 시스템 개발

(1) 시스템 개발 및 적용

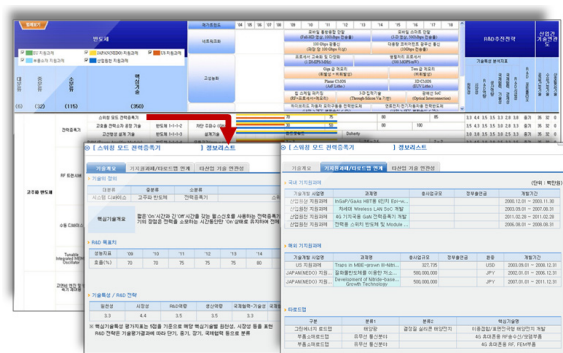
최종적으로 2008년 11월~12월 사이 진행된 해외사례조사와 전문가 인터뷰 등을 통해 e-TRM 시스템의 주요기능 및 요구사항들이 도출되었으며, 이를 토대로 2009년 1월에 사전설계가 완료되어 9월 시스템 구축이 성공적으로 완성되었다. 구축된 시스템은 2009년 통합기술청사진 수립과정에 적용되어 유용성을 인정받았다. 아래 <그림 7>은 e-TRM 시스템의 초기화

면이다(http://www.mae.or.kr). 시스템의 초기화면에는 로드맵과 통합기술청사진에 대한 정보를 제공하기 위한 메뉴가 존재하며, [View MAE] 메뉴를 통해 산업별 국가 R&D 전략에 대한 정보를 제공받을 수 있다.

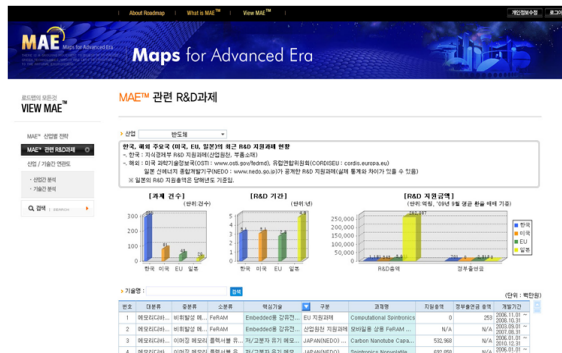
View MAE는 일반 사용자를 대상으로 디지털 전략지도를 제공하는 서비스로, 이는 다시 <표 3>의 F1, F2, F3에 해당하는 기능을 구현하기 위한 [산업별 전략], [관련 R&D 과제], [산업/기술간 연관도]의 세부 항목으로 구성된다. <그림 8>은 각 기



그림 7. e-TRM 시스템 초기화면



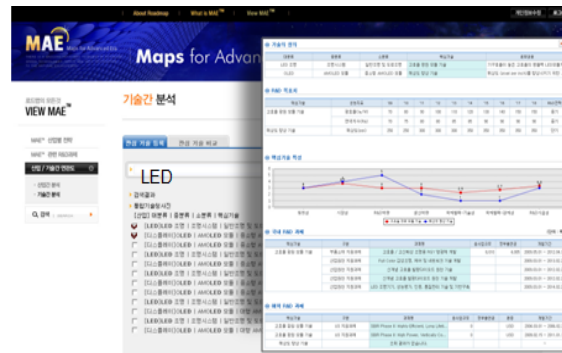
(가) 산업별 전략



(나) 관련 R&D 과제



(다) 산업/기술간 연관도: 산업간 분석



(라) 산업/기술간 연관도: 기술간 분석

그림 8. 디지털 전략지도 제공 관련 화면



능과 관련된 시각화 결과를 나타낸다. 예를 들어 반도체 산업을 선택하게 되면 지식경제 통합기술청사진에서 설계하였던 기술로드맵의 최종결과물이 <그림 8>(가)와 같이 시각화되며 (<그림 3> 참고), 핵심기술별로 [기술개요], [기지원과제/타로드맵과의 연계], [타산업기술연관성]이라는 세 가지 하위 항목을 통해 세부정보를 제공받을 수 있다. <그림 8>(나)는 반도체 산업과 관련된 국내외 R&D 과제지원 현황을 보여주는 화면으로 구체적인 과제명과 지원금액, 지원기간 등에 대한 자세한 정보를 제공하여 국가 정책수립에 참고자료로 활용할 뿐 아니라 반도체 관련 종사자들의 의사결정을 지원하고자 한다. <그림 8>(다)와 <그림 8>(라)는 산업간 분석 및 기술간 분석 결과에 대한 화면으로, 산업간 분석에서는 산업간 연관관계를 네트워크 형태로 파악할 수 있으며, 기술간 분석에서는 세부 기술의 특성에 대한 비교분석 결과가 시각화된다.

마지막으로 <그림 9>는 기획전문가들의 온라인 기술기획을 지원하기 위한 화면으로 직접적인 로드맵 기획을 수행하기 위한 메뉴와 기획 현황을 조회하기 위한 메뉴, 정보를 제공하기 위한 메뉴로 구성된다.

(2) 시스템 기대효과

본 연구에서 제안하는 e-TRM 시스템의 기대효과는 국가 R&D 기획 측면과 로드맵핑 방법론 측면에서 분석 가능하다. 우선 국가 R&D 기획 측면에서는 정부 R&D 전략의 기획과 공유 체계를 세계최초로 온라인화 하여 R&D 전략의 개방형 혁신을 가져올 것으로 기대된다. e-TRM의 기반이 되는 통합기술청사진은 기존의 칸막이식 R&D 지원방식을 탈피하고 R&D 중복 투자를 사전에 방지하는 등 효율적 R&D 투자를 가능하게 할 것이다. 따라서 본 연구는 급변하는 패러다임에 대응하여 정

부 R&D 기획의 개방성을 제고할 수 있는 체계적인 R&D 기획 체계를 확립하였고 R&D 전략수립 절차를 디지털화 하였다는 측면에서 그 의의가 있을 것이다. 동시에 민간이 참여하는 R&D 전략수립 방안을 연구하는 정책 수립자들이나 단순히 기술로드맵 보고서를 제공하는 것 이상의 체계화된 로드맵핑을 수행하고자 하는 정부기관들에게 유용한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다.

다음으로 로드맵핑 방법론 측면에서 본 연구는 첫째, 다양한 조직에서 최근 활발히 시도하는 기술로드맵 시스템 구축과정을 체계적으로 제시했다는 측면에서 의의가 있을 것이다. 본 연구는 기술로드맵의 시스템화에 대한 초기 연구 중 하나이며 또한 기존 연구와는 달리 연구결과가 실제 실무로 연계되어, 설계된 시스템의 유용성과 실현가능성을 검증하였다. 따라서 실제 기술로드맵 구축을 계획하고 있는 많은 조직들에게 보다 실질적인 정보를 제공할 수 있을 것이다. 둘째, 개별 기업 수준이 아닌 국가 수준에서 상위단계의 R&D 기획을 위한 로드맵핑 프로세스를 정의하고 이를 위한 시스템을 설계하였다는 측면에서 정부기관들에게 체계적인 로드맵핑을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 물론 제안된 시스템은 기업차원에서의 로드맵핑을 지원하는 목적으로도 활용될 수 있을 것이다. 현재 많은 기업들의 로드맵핑이 사업부 별로 진행되고 있어 사업부 별 로드맵을 전사적인 기술전략과 연계하기 위한 메타 로드맵에 대한 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서 제안하는 통합기술청사진 방법론과 e-TRM 시스템은 메타 로드맵의 역할을 수행할 수 있는 기술기획 활동과 이를 지원하기 위한 온라인 시스템의 기반이 될 것으로 판단된다. 마지막으로, 많은 기업들이 기술로드맵 작성 프로세스에 대한 지침 부족으로 로드맵핑 방법론을 채택하는 데 어려움을 겪고 있다. 본 연구



그림 9. 온라인 기술기획 지원 관련 화면

의 결과나 e-TRM 시스템은 로드맵핑에 대한 기본지침을 제공할 뿐 아니라 로드맵을 사내 시스템과 연계하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 6. 결론

본 연구는 국가 R&D 전략 기획의 효율성을 높이고 R&D 기획의 개방성을 제고하고자 온라인 기술로드맵 시스템을 구축하는 과정을 다루었다. 이를 위해 본 연구에서는 e-TRM 시스템의 배경이 되는 지식경제부 통합기술청사진 작성 프로세스와 주요 활동들을 정의한 뒤, 이를 지원하기 위한 주요 시스템 기능들을 도출하였다. 그 결과 e-TRM 시스템은 통합기술청사진에 참여하는 기술기획자들을 위해 온라인 기술기획을 지원하며 일반인들을 위한 디지털 전략지도를 제공하는 역할을 수행하도록 설계되었다. 국가 R&D 전략 차원에서 본 연구의 결과는 언제 어디서나 적기에 대응가능한 paperless 기획시스템을 마련하여, R&D 기획의 개방성과 효율성을 제고하였다는 측면에서 의의가 있으며 또한 국가 R&D 전략을 민간과 공유하고, 장기적으로는 산·학·연·관의 R&D 전략토론의 장을 제공하였다는 측면에서 의의가 있을 것이다. 기술로드맵 방법론 측면에서 본 연구는 수작업 혹은 상용 소프트웨어에 기반한 로드맵핑을 전용 소프트웨어에 기반한 소프트웨어로 진화시켰다는 측면에서 가치가 있다. 또한 본 연구는 로드맵핑 결과물의 공유, 배포, 갱신을 지원하기 위한 전문 시스템의 발전 방향에 대해 제시하였으며 기업 차원에서의 기술로드맵 시스템이 아닌 정부 차원에서의 기술로드맵 시스템을 제시하였다는 측면에서 기존 연구와 차별화 될 것이다. 마지막으로 연구결과는 상위수준에서의 R&D 전략을 지원하기 위해 개별 로드맵을 연계하는 메타 로드맵의 템플릿을 제시하였다는 측면에서도 활용될 수 있을 것이다.

그러나 현재까지 개발된 시스템은 국가 R&D 기획과정을 지원하고 기획결과물을 배포하기 위한 가장 기본적인 기능으로 구성되어 있어 향후 다양한 방향으로 개선, 확장될 필요가 있다. 첫째, 현재 e-TRM 시스템은 대부분이 R&D와 관련된 정보만을 제공하고 있으나 향후 산업 구조 및 경쟁력, 해외경쟁기업 동향 등 경영관련 정보까지를 제공하는 시장지향적 로드맵핑 프로세스를 지원할 수 있도록 발전시킬 필요가 있다. 둘째, 현재 e-TRM 시스템에서 제공하는 정보는 가공된 형태가 아닌 대부분이 전문가가 제공하는 원시정보의 형태이다. 향후 특허 정보 등 정성적 정보와 함께 정량적 정보에 기반한 R&D 전략을 수립할 수 있도록 시스템 개선이 필요할 것이다. 특히 주요국 특허출원 동향 분석, 특허 조기정보 시스템 장착 등을 통해 e-TRM 시스템의 Technology Intelligence 기능을 강화한다면 시스템의 유용성이 향상될 것이다. 셋째, 추후연구에서는 온라인 시스템의 장점을 최대한 활용하여 국민참여형 오픈 R&D 전략으로 발전할 수 있는 방안이 보다 구체적으로 제시되어야

할 것이다. 마지막으로 유망산업을 추가하여 통합청사진의 범위를 확대, 개편하고 경쟁국 R&D 전략을 분석하여 국제협력전략을 강화하는 등 통합청사진을 갱신, 확대하는데 필요한 기능들을 고려할 필요가 있다.

## 참고문헌

- Albright, R. E. and Kappel, T. A. (2003), Roadmapping in the Corporation, *Research Technology Management*, 46(2), 31-40.
- Barker, D. and Smith, D. (1995), Technology Foresight Using Roadmaps, *Long Range Planning*, 28(2), 21-28.
- Brown, R. and O'Hare, S. (2001), The Use of Technology Roadmapping as an Enabler of Knowledge Management, *Institution of Electrical Engineers*, 7, 1-6.
- EIRMA (1997), Technology Roadmapping : Delivering Business Vision, *Working Group Report*, European Industrial Research Association, Paris, 52.
- Groenveld, P. (1997), Roadmapping Integrates Business and Technology, *Research Technology Management*, 40(5), 48-55.
- Grossman, D. (2004), Putting Technology on the Road, *Research Technology Management*, 47(2), 41-46.
- Hassan, S., Chishti, A., and Elamvazuthi, C. (2006), Web-based Documentation System for Dynamic Roadmaps, *AACE Journal*, 14(3), 257-268.
- 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.
- Kappel, T. A. (2001), Perspectives on Roadmaps : How Organizations Talk about the Future, *Product Innovation Management*, 18(1), 39-50.
- Kostoff, R. N. and Schaller, R. R. (2001), Science and Technology Roadmaps, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 8(2), 132-143.
- Lee, S., Kang, S., Park, Y., and Park, Y. (2007), Technology Roadmapping for R&D Planning : The Case of the Korean Parts and Materials Industry, *Technovation*, 27, 433-445.
- Lee, S. and Park, Y. (2005), Customization of Technology Roadmaps according to Roadmapping Purposes : Overall Process and Detailed Modules, *Technological Forecasting and Social Change*, 72(5), 567-583.
- Lee, S., Yoon, B. and Park, Y. (2008), Web-based Supporting System for Technology Roadmap : Development, Application and Integration, *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 4(2), 165-183.
- Lupini, S. (2002) *Roadmapping Software Survey Report*, White Paper, Cambridge University, 21st June, Available <http://www.strateva.com/resources/whitepapers.htm>.
- McCarthy, J. J., Haley, D. J., and Dixon, B. W. (2001), Science and Technology Roadmapping to Support Project Planning, *Proceedings of the PICMET'01*, Portland, OH.
- Office of Environmental Management(OEM) (1999), Applying Science and Technology Roadmapping in Environmental Management, Project DE-AC07-99ID13727.
- Petrick, I. J. and Echols, A. E. (2004), Technology Roadmapping in Review : A Tool for Making Sustainable New Product Development Decisions, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1), 81-100.
- Phaal, R., Farrukh, C., Mills, J. and Probert, D. (2003), Customizing the Technology Roadmapping Approach, *Proceedings of the 2003 PICMET*, Portland, 26-37.
- Phaal, R., Farrukh, C. and Probert, D. (2005), Developing a Technology Roadmapping System, *Proceedings of the 2005 PICMET*, Portland, 99-111.
- Richey, J. and Grinnell, M. (2004), Evolution of Roadmapping at Motorola, *Research Technology Management*, 47(2), 37-41.

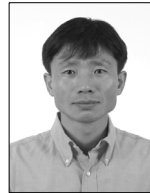
- Rinne, M. (2004) Technology Roadmaps : Infrastructure for Innovation, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1), 67-80.
- Vojak, B. A. and Chambers, F. A. (2004), Roadmapping Disruptive Technical Threats and Opportunities in Complex, Technology-based Subsystems : The SAILS Methodology, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1), 121-139.
- Walsh, S. T. (2004), Roadmapping a Disruptive Technology : A Case Study on the

- Emerging Microsystems and Top-down Nanosystems Industry, *Technological Forecasting and Social Change*, 71(1-2), 161-185.
- Willyard, C. and McClees, C. (1987), Motorola's Technology Roadmap Process, *Research Technology Management*, 30(5), 13-19.
- Yasunaga, 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.



#### 김갑수

서울대학교 경영대학 경영학과 경영학 학사  
 KAIST 경영과학과 석사  
 일본 KEIO(慶應義塾)대학 상학연구과 박사  
 KIST 기술경제부 연구원  
 과학기술정책연구원(STEPI) 연구개발정책  
 실장 및 연구부장  
 한국산업기술재단 기술정책연구센터 센터장  
 현재 : KAIST 기술경영전문대학원 교수



#### 박의석

University of Cincinnati 박사  
 Nanometrics, INC Apps Scientist  
 한국산업기술재단 전략기술총괄실장,  
 로드맵기획팀장  
 지식경제 R&D 전략기획단  
 현재 : 한국산업기술진흥원 지역산업단



#### 이성주

서울대학교 산업공학 학사  
 서울대학교 산업공학과 공학박사  
 서울대학교 자동차 연구소 선임연구원  
 영국 캠브리지 대학교 연구원  
 현재 : 아주대학교 공과대학 전임강사



#### 임병혁

한양대학교 금속공학 석사  
 하이닉스 반도체 중앙연구소 공정연구  
 개발실  
 한국산업기술재단 로드맵기획팀  
 현재 : 한국산업기술진흥원 기술기획팀