

# 전기기술 중장기 기술로드맵 설정

박종진, 이창호  
한국전기연구원

## Establishment of the Mid and Long-Term Electric Technology Roadmap

Jong-Jin Park, Chang-Ho Rhee  
Korea Electrotechnology Research Institute

### I. 서론

21세기는 디지털 혁명의 시대이며, 국경없는 치열한 무한경쟁사회로 변해가고 있다. 특히, 규제완화로 시장개방화가 가속화되고, 교역이 확대되어 금융시장, 정부조달 시장 개발은 물론, 무역과 조세정책의 환경과의 연계 등 규제규범화로 전력산업 등 전기기술을 둘러싸고 있는 환경에도 많은 변화가 일어나고 있다.

최근, 우리나라 전력산업은 영국, 호주 등 선진국과 같이 발전과 송변전, 배전 등의 기능이 수직통합된 형태에서 각각의 기능 및 사업자가 분리되는 것을 골자로 하는 전력산업 구조개편이라는 새로운 환경변화에 직면하고 있다. 전기기술 역시 IT산업의 발달에 따른 정보통신과의 융합화 그리고 고품질전력수요 증대, 환경문제 해결, 에너지 효율 증대 등 인류가 당면한 문제들을 해결하기 위한 기술개발의 중요성이 증대되고 있다.

이러한 환경변화에 대응하기 위해서는, 현재까지 수행한 연구사업을 분석하여 우리나라의 전기기술수준과 현황을 평가하고, 이를 토대로 우리나라의 전기기술분야 연구사업발전방향을 재검토함으로써 향후 국가 전기기술개발 전략수립의 토대가 이루어져야 할 것이다.

이를 위해서는, 향후 10년 후 즉, 2010년대의 전기기술의 비전설정이 필수불가결하며, 더 나아가 이러한 비전과 목표를 달성하기 위한 체계적인 중장기 기술로드맵이 작성되어야 한다. 특히, 전기기술 전반에 걸쳐 기술개발현황 및 전망분석, 기술적 목표설정, 핵심기술분야 도출, 기술별 단계별 목표 및 Milestone 수립 그리고 기술별 우선순위 설정 등이 기술로드맵 작성에 포함되어야 한다. 본 논문에서는 전기기술 중장기 기술로드맵을 설정하기 위해 외국의 유사사례를 조사 분석하였고, 핵심기술분야 중 하나의 기술을 선정하여 그에 대한 기술로드맵을 제시하였다.

## II. 기술로드맵의 현황 및 사례

### 1. 기술로드맵의 현황

#### 1) 해외현황

- 미국에서 로드맵이 주목받게 된 것은 '92년 미국반도체협회의 로드맵 작성 (SEMATECH)이 결정적 계기 (반도체 컨소시엄의 이정표로 활용)
- 최근에는 "국가전자제조제안(NEM)"이라는 기관이 관련 산업체와 대학, 연구소, 협회 등 190여개 기관 400명의 전문가들과 함께 전자기술분야의 로드맵을 작성하였음
  - 전자업계가 직면한 새로운 기회와 과제가 드러남
  - 무선통신 수요로 인한 생산기술 측면의 과제, 광전자와 마이크로전자기계시스템(MEMS)의 결합의 가져올 변화도 밝힘
  - 광통신 시장에 대한 대응을 강조
  - OEM에서 EMS로 이동하는 아웃소싱 추세로 인한 새로운 과제로 적시
  - 공급망 관리(SCM), 전사적자원관리(ERP), 인적자원 및 고객관리 등에서 IT의 역할을 강조, 환경친화적 설계의 중요성 부각
- 미국의 경우 석유화학, 철강, 유리, 알루미늄, 전자와 같은 업종에서 로드맵이 주로 작성되어 있음 (이와 같은 로드맵 작성분이 캐나다, EU 및 이스라엘 등으로 퍼지고 있음)
- 전기분야에서는 EPRI의 'Electricity Technology Roadmap'이 있으나, 주로 국가적, 세계적 관점에서 포괄적으로 다루고 있음
- 모토로라 등 선진기업들은 기업내부적으로 오래전부터 기술로드맵을 전략적으로 활용해왔음
- 로드맵은 기업뿐만 아니라 산업차원에서도 유용한데, 특히 산업전반에 걸쳐 새로운 기회와 위협요인, 핵심제품의 수요, 기술적 대안과 그 장단점이 제시되므로써 동일기술에 대한 과도한 투자나 다른 중요한 기술을 간과하는 일을 피할 수 있게 해주며, 핵심기술을 공동으로 개발할 기회를 마련해주기도 함

#### 2) 국내현황

- 산업기술차원에서 기술로드맵은 2000년에 들어서서 산업자원부가 한국산업기술평가원(KISTEP)을 통해 위원회를 구성하여 산업기술로드맵을 작성하기

시작하면서부터 주목받기 시작함

- 2001년에 완성된 산업기술로드맵은 전지, 광섬유, 디지털가전, 무선통신기기, 로봇 및 단백질제품의 총 6개 기술분야임
- 2002년에는 의료공학, 추진장치, 생리활성정밀화학, 컴퓨터기술, 선박 및 멀티미디어의 6개 기술분야에 대한 산업기술로드맵이 작성중에 있음
- 그 밖에 전자상거래 표준화 로드맵이 작성되어 정부가 추진하는 국가 전자상거래 표준화 기본계획에 적극 반영될 예정으로 있으며, 한국형 반도체 기술로드맵이 산학연 공동추진 중에 있음

## 2. 기술로드맵의 사례

### 1) EPRI의 전기기술 로드맵

#### □ 배경/목적

- 전력산업 구조개편에 따른 공익성 R&D 분야에 대한 투자감소
  - 장기적이고 이익이 불투명한 사업에 대한 투자기피
  - 현안해결을 위한 단기적인 실용화 기술에 투자
- 전력기술의 역할 증대
  - 생활방식 변모
  - 업무/산업에 대한 생산성의 획기적 증대
- 전력의 중요성 재인식
  - 총에너지 가운데서 전력화율 40% 상회('70년대 25%→'90년대 40%)
  - 산업용, 업무용, 가정용 및 수송용 등의 분야에서 신전기 이용기술의 집중 보급 예상
  - 2050년경에는 전력화율이 70%에 도달할 것으로 예상
- 국가사회발전과 전력사업 발전에 필요한 전력기술 혁신비전, 전력기술의 연구개발 및 투자방향, 인프라 구축 방향 설정 등이 기술로드맵의 목적임

#### □ 주요 내용

- 2003년까지 전력 송배전 인프라 강화
- 2005년까지 고객지향형 전력수급망 구축
- 2010년까지 생산성 제고 및 경제발전 기여
- 2015년까지 에너지 및 탄소배출문제 해결
- 2025년까지 지구적 차원의 경영발전전략 추구

□ Destination and Technology Drivers

과학 & 기술 Drivers	전력 송배전 인프라 강화	고객지향형 전력수급망 구축	생산성제고 및 경제발전기여	에너지 및 탄소배출문제 해결	지구적차원의 발전전략추구
분산전원	●	●	●	●	●
전력전자	●	●	●	●	●
마이크로프로세서 기반의 전기기술	●	●	●	●	●
실시간 정보처리기술	●	●	●	●	●
신소재	●	●	●	●	●
생물공학	●	●	●	●	●
환경지식기반 및 기술	●	●	●	●	●

주) ● : 영향력이 큼, ● : 영향력이 작음

□ 기술개발시 고려하고 있는 우선순위

- 기술개발시 고려하고 있는 우선 순위를 단기(향후 10년), 중기(향후 2-30년), 장기(향후 4-50년) 3단계로 구분하여 설정함

<단기목표(2000-2010)>

- ① 분산형 발전과 지역 전력저장시스템을 경쟁시장 체제에 부합되는 새로운 송배전망에 통합
- ② 새로운 쌍방향 고객관리 서비스체제의 창출
- ③ 최첨정 고효율 화석연료 발전기술의 지구적 차원의 보급
- ④ 개도국용 환경친화성 최우량 에너지시스템의 개발 및 우선 보급
- ⑤ 재생에너지 및 원자력에너지 발전의 잠재적 혁신기술에 대한 연구개발 가속화
- ⑥ 대용량 전력저장 장치를 비롯한 에너지 사용 효율증대 및 생산성 제고기술의 연구개발 가속화

<중기목표(2011-2030)>

- ① 효율향상, 생산성향상과 지구 환경보호를 위한 지구상의 전산업과 교통시스템의 전전화(electrification)구현
- ② 원자력발전설비의 재증강과 지구적차원의 전전화사업에 부응하기 위한 저단가 재생에너지 발전의 도입
- ③ 전력서비스의 신뢰성 향상, 유연성 제고 및 전력품질향상을 촉진하기 위한 송배전망 수준의 전력저장 기술의 개발
- ④ 에너지, 통신, 교통, 수질, 위생분야 등을 망라하는 고효율·저비용 도시형 서비스 인프라구축

<장기목표(2031-2050)>

- ① 에너지, 토지, 수질의 효율을 최대화하기 위한 전 지구적 차원의 전전화 구현과 지구의 지속 성장을 위해 산업, 농업, 도시 등에서 배출되는 각종 폐기물의 최소화
- ② 전력인프라의 광역화에 따른 환경보전성과 제고 및 환경유지 비용절감 등을 위한 고효율 전력생산 및 전력공급 시스템 구현
- ③ 탄소배출저감과 비재생에너지에 대한 지구적 차원의 의존도 저하를 위한 원자력과 재생에너지의 활용 비중의 대폭적인 제고

□ 전력공급 인프라 구축 R&D 전망

목표	주요 기술/이슈	재원전망 (\$백만/년)		
		현재 재원	추가 소요 재원	총 소요 재원
북미송전선의 송전용량 및 신뢰도 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>· FACTS용 Wide-ban-gap 반도체</li> <li>· 위성기반 전지역관리시스템(WAMS)</li> <li>· 고성능 폴리머 및 초전도케이블</li> <li>· 현대식, 저비용의 지중송전망 구축기법</li> <li>· 다양한 송전망의 조류제어</li> <li>· 물리적 송전망제어 및 거래관리 정보기술시스템</li> </ul>	100	100	200
· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	· · ·
전력인프라구축 에 자연이나 인간이 초래한 위험 방지	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 복잡하고 안전이 요구되는 전력 시스템의 상호작용 네트워크 기법구축</li> <li>· 실시간 전지역 통신 및 제어 시스템</li> <li>· 잇달은 고장방지를 위한 하드웨어, 소프트웨어 및 절차</li> </ul>		200	200
총계		400	600	1,000

2) 외국의 기술로드맵 비교분석

구분	전기기술 로드맵	조명기술 로드맵	전력산업 로드맵	석유화학로드맵
작성국가	미국	미국	캐나다	미국
공개년도	1999.7	2000.3	2000	2000.2
작성기간	-	2년	2년	1년
주관	EPRI	DOE(BTS부서)	산업부	API
후원	회원기관	8개 조명산업협회	전력회사, 협회	-
로드맵 참여자	산학연 전문가 266명	180개 조직	22명의 전문가 (정부, 전력회사, 협회 등)	30여명의 전문가
로드맵 작성 계기/기초	전기기술이 당면한 기회와 위협	Vision 2020	비규제, 경쟁적 시장 등 (Vision 2020)	Technology Vision 2020
Vision 도출자	150개 기관의 전문가	100여명 전문가 (Workshop)	핵심분야별 Vision 도출	API, NPRA
로드맵 작성목적	국가사회발전과 전력산업발전에 필요한 전력기술 혁신비전, 전력기술의 연구개발 및 투자방향, 인프라 구축방향 설정	우선순위에 의한 정부자원의 배분 및 산학연 협력증대	캐나다 산업이 직면한 3가지 도전에 대응	21세기 석유산업이 직면한 도전에 대응
전략적 목표설정	5개 목표 (25년간)	7개 분야	비전과 유사	비전과 유사
핵심분야	5개 분야 (전략적 목표와 유사)	7개 분야	5개 분야	4개 분야
대상기간	25년	20년	20년	20년
우선순위 설정	Timeframe과 일치	201명의 전문가 투표실시	-	전문가 Workshop
Timeframe 설정	단기(향후 10년) 중기(향후 20-30년) 장기(40-50년)	단기(3년이내) 중기(3-10년) 장기(10년 이상)	-	단기(3년이내) 중기(3-10년) 장기(10년 이상)
로드맵 형태	표	표	표	그림
기타 특징	5개 목표에 대한 R&D 재원추정치 제시	Workshop(3회)에서 전문가들이 비전, 장애요인, 핵심과제 도출	핵심분야별 10명이상의 전문가가 참여 (총 60 여명)	-

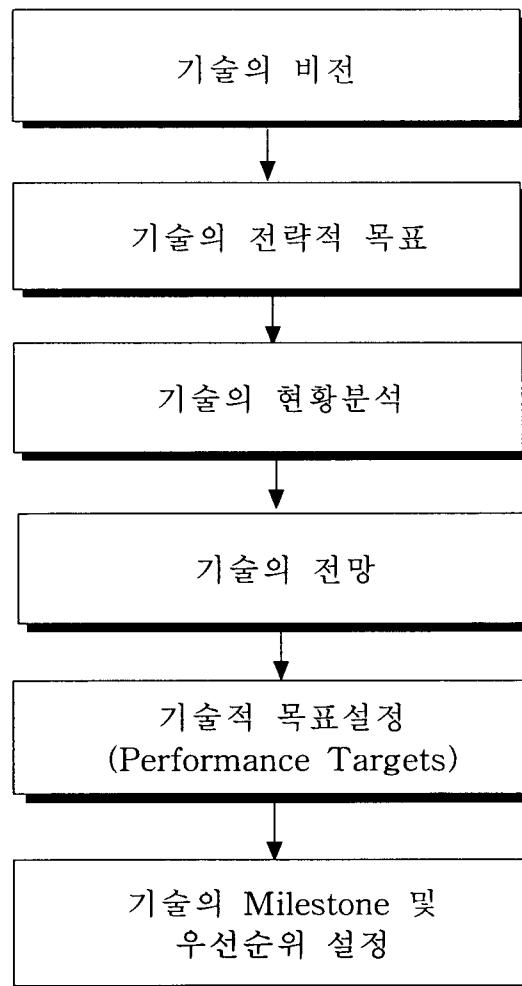
### Ⅲ. 전기기술 기술로드맵 설정

#### 1. 개요

전기기술로드맵을 작성하기 위해서 먼저 전기분야의 비전과 목표에 따라 기술로드맵 작성을 위한 기술을 식별할 필요가 있다. 본 연구에서는 2010년대 전기분야 기술비전에 부합되는 기술분야를 선정하였으며, 그 비전에 부합되는 기술로드맵을 설정하였다.

대상기술로는 전문가 설문조사를 통해 국가간 전력계통 연계기술, HVDC기술, 초전도 전력기기 기술, 전력용 신소재 응용기술, 전력시장 거래 및 운영시스템 기술 등 20여개의 기술을 채택하였다. 각 분야별 기술로드맵 작성절차는 그림 1과 같다.

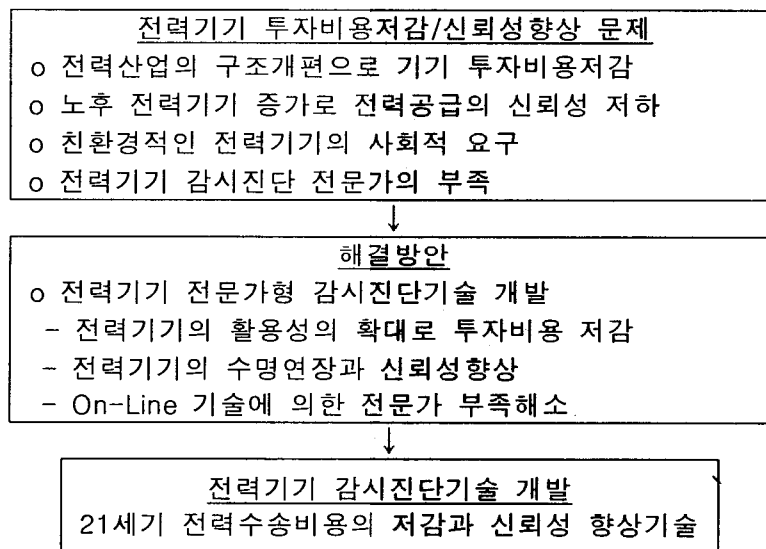
그림 1. 기술로드맵 작성절차



## 2. 기술로드맵 예시 : 전력기기 감시진단 기술

### 1) 비전

- 전력산업의 구조 개편 등으로 전력기기 신규투자비용 격감정책의 보완으로 기존 전력기기의 수명연장, 보수 및 보강에 대한 투자를 높이는 정책으로 변환될 것으로 예상됨.
- 21세기의 전력수요는 계속적으로 증가될 것이며 전력의 품질과 공급의 신뢰성을 더욱 높은 수준을 요구하고 있음.
- 최근에는 전세계적으로 환경을 중요시하고 있으며 자원고갈 등으로 기기의 수명연장 또는 고장예방에 관하여 많은 관심을 가지고 있음.
- 많은 노후 전력기기 감시진단을 위한 전문가가 부족하므로 인터넷 등을 이용한 원격 전문가시스템에 관한 기술 개발을 요구하고 있음
- **(Vision)** 21세기 전력수송비용의 저감과 신뢰성 향상을 위한 기술 중 전력기기 감시진단기술이 중추적인 역할을 할 것임



### 2) 기술의 개요

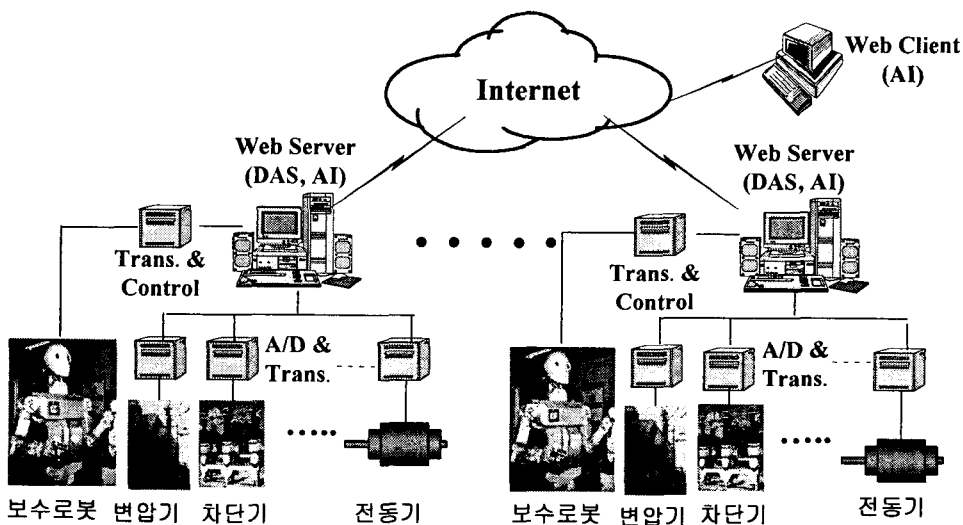
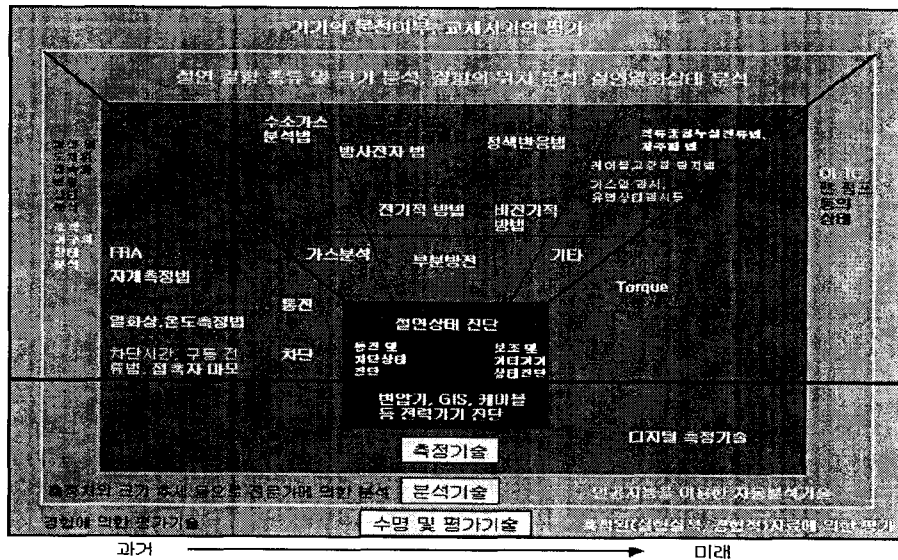
- 전력기기 감시진단 기술의 특징
  - 이 기술은 전력기기의 절연, 통전 등의 상태를 진단하고 이상유무 및 수명을 평가하는 기술을 말하며 최근 IT산업의 하나로 부상되고 있음.
  - 전력기기 감시진단기술은 전력산업의 구조개편에 따른 전력기기 신규 투자



비용 저감과 공급 신뢰도 향상을 위해 필수적으로 요구되는 기술임.

- 21세기 미래형 전력기기의 기술 개발분야는 감시진단 기술을 접목하는 것으로 기술의 수요가 클 것임.
- 감시진단 기술의 특성은 측정 및 정량화가 어렵고 정성적이므로 기술개발에 장시간이 소요되며, 현장의 경험 등을 적용하기가 쉽지 않음.
- 최근 IT의 혁명을 가져온 인터넷망의 보급으로 원격 감시진단이 가능하게 되었고, 전문가의 부족 등을 인공 지능형 전문가 시스템의 개발로 한층 적용 신뢰성을 높일 수 있게 되었음.

○ 감시진단기술의 구성과 특성



### 3) 기술의 현황분석

- 선진국의 경우 초창기에는 TBM(Time Based Maintenance)에 집중하였고 사용연수에 따른 보수 및 수명관리의 통계적인 평가기술에 주력하였으나, 현재에는 계측기술의 발전으로 CBM(Condition Based Maintenance)을 집중 개발하고 있음.
- 컴퓨터 등의 정보기기 발달과 함께 1980년 중반부터 ON-LINE 감시진단 시스템을 개발하고 있으며, 특히 최종 진단·평가과정에 있어서도 인공지능 등을 이용한 전문가 시스템의 개발을 시도하고 있음.
- 전체적으로 정형화 및 정량화 단계로 표준화는 되지 못하였지만 계속적으로 발전시켜야 할 분야이며 일부 상용화되어 적용되고 있음.
- 최근 개발되고 있고 실현 가능성을 평가받고 있는 보다 진보된 수명예측 및 진단 시스템은 확보된 계측기술을 바탕으로 운전상황의 상시감시, 운전 중 및 주기적인 전력기기의 계측 및 진단, 고장상황 발생시의 인공지능에 의한 처리 및 단일기기의 특성변화 경향을 감시·평가 및 기록하는 지속적인 경향 평가 등을 종합적으로 수행할 수 있는 것으로 발전. (아래표 참조)
- 현재까지 개발되어 시판되고 있는 감시진단 시스템의 변압기 및 GIS를 대상으로 하고 있으며 일본의 히다찌, 도시바, 후지 등에서 개발되어 판매되고 있으며 미국의 경우는 변압기 진단 시스템으로 TPAS를 S.W. Harley사에 개발 판매되고 있음.
- 각 사별 나름대로 진단장치의 모델을 개발하고 종합적으로 개발하고 있지만, 진단항목 중에서 가장 핵심적인 사항은 절연의 상태 진단을 가장 명확히 할 수 있는 부분방전 측정과 진단이므로 선진 각국에서 이 분야에 대해서는 많은 연구와 실용화를 위한 개발이 진행되고 있음.
- 국내에서는 한국전력에서 필요에 의해 '변전설비 진단기술 개발연구', '케이블 접속재 진단기술 개발연구', '765kV 변전기기 예방진단 전문가 시스템 개발연구' 및 'GIS 부분방전 검출 기술 개발연구'가 수행되었음.
- 정부의 연구기술 개발 자금으로 진단을 위한 측정기기 개발을 하고 있으며, 진단 전문회사가 벤처기업으로 창업되고 있음.

### 4) 기술개발전망

- 세계적으로 Digital 기술, 전력전자기술(Powertronics), Mechatronics, 신소재 등이 연구개발되어 발전해 감에 따라 이런 첨단기술을 전력기기에 응용하여

소형화, 경량화, 미려화, 유지 무보수화, 안전화, 고성능화 된 고부가가치의 새로운 전력기기를 개발하여 세계시장을 장악해 가고 있음.

- 인터넷의 기반이 전세계적으로 확충되므로 전력기기의 감시 진단기술의 표준화가 이루어지고 이를 전담하는 사업이 창출되므로 관련 벤처기업이 많이 설립될 것으로 예견됨.
- 측정 및 분석기술의 발달로 새로운 센서 및 측정기술의 보급과 고도로 인공지능화된 진단 분석 및 평가기술이 개발될 것으로 사료됨.
- 자원의 고갈과 환경 파괴를 최소화 또는 방지를 할 수 있는 친환경적이고 장수명의 전력기기의 개발에 진단기술의 적용이 필수적임.
- 전력산업의 구조개편을 앞두고 있는 우리나라는 물론 세계적으로 지식기반사회화 되면서 전기에너지를 최종적으로 사용하는 수용가 및 산업체의 전기품질에 대한 고급화 요구가 강화되어 전기품질을 관리할 수 있고, 진단·감시할 수 있는 전력기기가 새롭게 많이 개발되어 세계시장에 출시되고 있음.
- 우리나라의 지식기반경제가 발전되기 위해서는 전기에너지의 안정적 수송공급 및 전기품질의 고급화가 필수적으로 선행되어야 하며, 이를 위해서는 디지털기술, 신소재 등 첨단기술을 응용한 새로운 전력기기를 개발하여 내수시장에 대비하고 수출 신시장을 개척하여 전력기기산업을 규모의 산업으로 발전시켜야 함.

## 5) 기술적 목표(Performance Targets)

### < 핵심기술분야 선정 >

- 전력기기별 On-Line형 부분방전측정 및 분석기술
- 원격인공지능형 전문가 시스템 기술
- 전력기기별 수명 평가기술

### <핵심기술분야별 목표(2011년)>

- 전력기기별 On-Line 부분방전 측정 및 분석 기술
  - 변압기 : 디지털형 부분방전 측정 및 인공지능형 분석기술 개발(765kV급 용)
  - GIS : UHF 측정 방식의 부분방전 측정기술의 국산화 및 개발(765kV급 용)
  - 회전기 : 원자력 발전기용 디지털형 부분방전 측정 및 인공지능형 분석기술개발
- 원격 인공지능형 전문가 시스템 기술
  - 인터넷 인공 지능형 전문가 시스템의 플랫폼형 개발

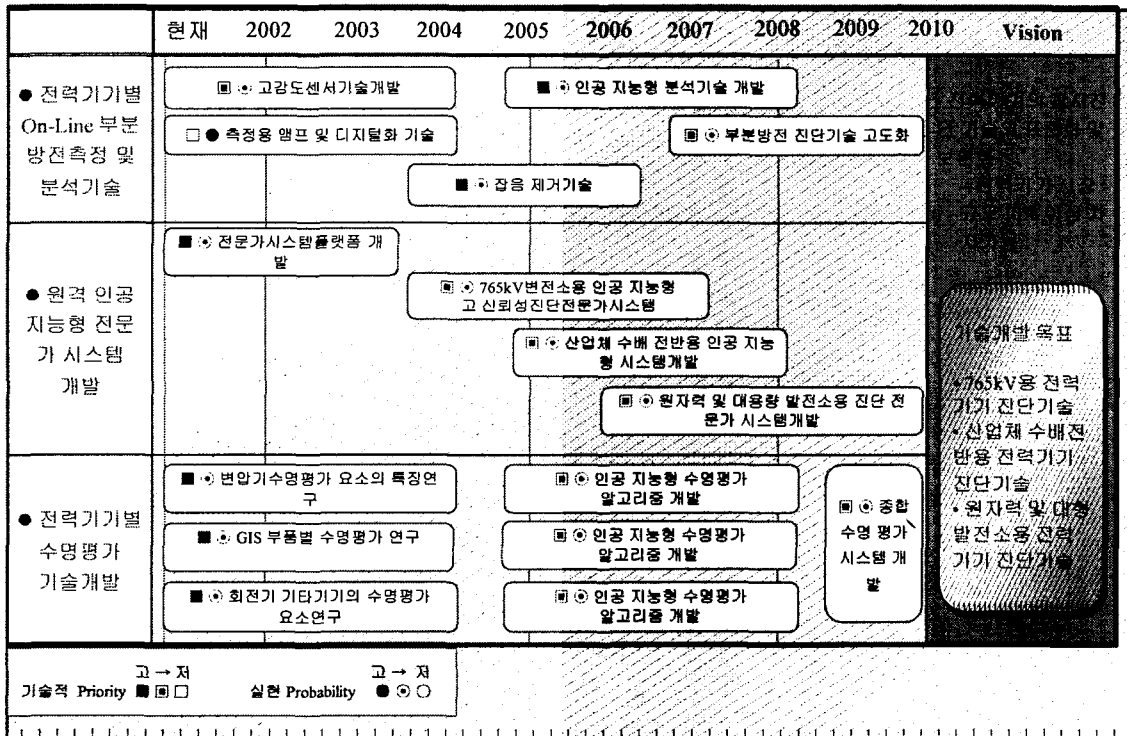
- 765kV급 변전소용 신경회로망 및 유전 알고리즘에 의한 진단 전문가 시스템 개발
- 산업체 디지털 수배전반용 진단 전문가 시스템 개발
- 원자력 및 대용량 발전소용 전력기기 진단 전문가 시스템 개발

○ 전력기기별 수명평가 기술

- 변압기 : 종합 상태 진단 및 이력에 의한 인공지능형 수명평가기술 개발(765kV급 용)
- GIS : 부품별 및 종합 인공지능형 수명평가 기술개발(765kV급 용)
- 회전기 및 기타 : 종합 상태 진단 및 이력에 의한 인공지능형 수명평가기술 개발

6) 전력기기 감시진단 기술로드맵

**전력기기 감시진단 Technology Roadmap**



## IV. 맺음말

본 연구에서는 전기기술로드맵의 현황과 사례, 기술로드맵 절차 및 작성에 등을 통해서 향후 전기기술의 중장기 기술로드맵을 설정하기 위한 방안을 제시하였다. 기술로드맵은 R&D 전략을 창출하기 위한 전단계의 ‘기술로드’를 설정하는 것으로서, 경쟁 및 환경변화에 능동적인 대처를 하기 위해 필수적인 부분이다. 특히, 기술 및 시장의 급속한 변화에 따라 미래 니즈(needs)에 대한 해답을 찾는 데 필수적인 요소이며, 기술개발의 전략적 중장기 목표를 달성하기 위한 이정표 역할을 한다.

따라서, 본 연구를 통해서 전기분야의 핵심기술을 파악할 수 있고, 그에 따라, “선택과 집중”이라는 측면에서 경쟁력 강화를 위한 기술전략 수립을 할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 기술로드맵은 기술개발 투자 결정시 안내지도 역할을 함에 따라 위험요소도 감소시키는 등의 이점이 있으므로 기술개발계획 및 전략수립에 필수적인 단계라 할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 산업자원부, 한국산업기술평가원, 산업기술로드맵, 2001
- [2] 한국전기연구원, KERI VISION 2010, 2001
- [3] DOE, The Lighting Technology Roadmap, 2000
- [4] EPRI, Electricity Technology Roadmap, 1999
- [5] Industry Canada, Canadian Electric Power Technology Roadmap, 2000