
기술로드맵핑을 위한 특허정보의 SAO기반 텍스트 마이닝 접근 방법

최성철* · 김홍빈** · 윤장혁***

<목 차>

- I. 서 론
- II. 본 론
- III. 결 론

국문초록 : 기술로드맵 (Technology RoadMap: TRM)은 전략적 기술기획 및 관리를 위한 필수적인 도구이다. 최근 급속한 기술변화와 시장경쟁의 심화로 인해 TRM은 점차 중요시되고 있는데, 이는 TRM이 기업의 전략적 목적과 기술을 연계함으로써 장기적으로 필요한 기술들을 확보하기 위한 일종의 지도 역할을 하기 때문이다. 그러나 TRM을 개발하고 유지하기 위해서는 기술 전문가의 정성적 노력에 따른 많은 비용과 시간이 수반됨으로 인해, 기술 문서의 자동화된 분석을 통해 TRM 개발 생산성을 높이는 방법에 대한 연구가 기업과 정부 기관들의 최근 주요 관심사 중의 하나이다. 비록 TRM 개발을 위해 키워드 기반의 접근방법 (Keyword-based Patent Analysis)이 제시된 바 있으나, 이 방법은 미리 정의된 키워드의 출현정보에만 기반하므로 기술요소들간의 명시적 연관관계를 담지 못한다. 즉, 키워드 기반의 접근은 기술의 목적, 구성, 효과 (Objective, Structure, Effect: OSE)에 대한 정보를 제공하지 못하기 때문에 기술로드맵핑 시 기술정보의 활용성 측면에서 한계점을 지닌다. 이에, 본 연구는 기능 (Function) 기반의 접근법을 활용한 기술로드맵핑 방법을 제시한다. 기능이란 기술의 OSE 정보를 담고 있으며 Subject-Action-Object (SAO) 구조로 표현될 수 있기 때문

* 삼성종합기술원 기술전략그룹 (blissray@gmail.com)

** 포항공과대학교 산업공학과 박사과정 (been@postech.ac.kr)

*** 건국대학교 산업공학과 조교수, 교신저자 (janghyoon@konkuk.ac.kr)

에, 본 연구에서 제시되는 방법은 기술문서의 자연어처리분석을 통해 기술의 OSE 정보를 추출하여 TRM을 개발할 수 있도록 한다. 본 연구의 방법을 연구개발 기획단계에 적용함으로써, TRM 개발에 따른 비용과 시간의 절감이 가능하며, 제품이나 기술 OSE에 대한 연구개발 기획전문가의 시야를 넓혀 보다 효과적인 의사결정이 가능할 것으로 기대된다.

주제어: 기술로드맵, SAO구조, 텍스트 마이닝, 기술전략, 특허분석

An SAO-based Text Mining Approach for Technology Roadmapping Using Patent Information

Sung-Chul Choi · Hong-Bin Kim · Jang-Hyeok Yoon

Abstract : Technology roadmaps (TRMs) are considered to be the essential tool for strategic technology planning and management. Recently, rapidly evolving technological trends and severe technological competition are making TRM more important than ever before. That is because TRM plays a role of “map” that align organizational objectives with their relevant technologies. However, constructing and managing TRMs are costly and time-consuming because they rely on the qualitative and intuitive knowledge of human experts. Therefore, enhancing the productivity of developing TRMs is one of the major concerns in technology planning. In this regard, this paper proposes a technology roadmapping approach based on function of which concept includes objectives, structures and effects of a technology and which are represented as Subject-Action-Object structures extractable by exploiting natural language processing of patent text. We expect that the proposed method will broaden experts’ technological horizons in the technology planning process and will help to construct TRMs efficiently with the reduced time and costs.

Key Words : Technology Roadmap, Subject-Action-Object Structure, Text Mining, Technology Strategy, Patent Analysis

I. 서론

1. 배경

경제학자 슈페터는 기업과 국가의 성장동력은 혁신에 있다고 밝힌바 있다. 슈페터가 언급한 혁신은 시장, 조직 또는 기술에 있어서의 혁신을 포괄하는 개념이다. 최근 100여 년 간의 관점에서 보면 기술에 있어서의 혁신이 사회경제적인 변화에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 1960년대 이후로 기업의 연구개발 (Research and Development: R&D) 활동이 기업전략과 연계되어 수행됨에 따라 전략적 목표와 시장니즈에 따른 연구개발 투자의 방향성을 수립하는 것은 필수적인 것이 되었다. 최근에는 기업과 국가의 중장기적인 먹거리의 모색이라는 측면에서 미래기술을 예측하고 예측된 기술에 관련된 시장요구사항을 파악하는 것이 기술혁신의 주요 관심사항이 되고 있다. 이에 따라, 전략적 R&D 기획에 대한 연구가 지난 10여 년 동안 매우 광범위하게 연구되어 왔다 (Miller and Morris, 2008).

전략적 기술기획을 지원하기 위해, 기술로드맵 (Technology RoadMap: TRM)은 최근 들어 R&D 조직들에 의해 널리 사용되어 왔다. TRM은 제품개발이나 시장에서의 기회획득을 위한 목적에 연계될 수 있는 기술의 개발을 체계적으로 수행할 수 있도록 지원하는 장점을 지닌다 (Phaal et al., 2003). 또한 TRM은 가시적인 방법으로 기술 및 제품의 개발을 비즈니스 목표와 시장기회에 연결함으로써 전략적 기획을 위해 산업 및 국가적 차원에서 널리 적용된바 있으며 (Garcia and Bray, 1997), 많은 조직들이 새로운 제품과 기술을 개발하기 위한 목적으로 TRM을 활용한 바 있다 (Phaal et al., 2001; Vatananan and Gerdri, 2010).

일반적으로, TRM의 개발은 대상기술 (Target Technology)에 대한 전문가의 정성적인 능력에 매우 의존적이다. 물론 전문가의 전문적인 기술지식에 기반하여 기술분석을 수행하는 것이 필요하나, 기술분석을 위해서 전문가에게만 의존하는 것은 비용, 복잡성, 일관성 측면에서 한계점을 지닌다 (Kostoff, 1998). 실제로, 전통적인 기술로드맵핑 (Technology Roadmapping) 프로세스는 정량적이고 객관적인 정보를 활용하기 보다는 정성적인 전문가 지식에 크게 의존하는 경향이 있었다 (Lee and Jeong, 2008). 더욱이, TRM 개발을 위해서는 많은 양의 기술정보의 분석이 요구되며, 이에 따른 다양한 분야에 걸친 인력을 필요로 하기 때문에 시간과 비용이 크게 소요된다 (Albright and Kappel, 2003). 따라서, 최근에는 기업과 같은 조직들에게는 TRM 개발 생산성에 대한 이슈가 중요한 관심사로

부각되고 있다 (Kostoff et al., 2004).

이러한 문제를 해결하기 위해, 많은 연구자들이 키워드 기반의 접근법 (Keyword-based Patent Analysis)을 활용하여 TRM을 개발하기 위한 연구를 수행하였는데, 키워드 기반의 접근방법은 문서 내에 존재하는 키워드들을 추출하여 기술문서로부터 기술적 의미를 지닌 숨겨진 패턴들을 분석하는 텍스트 마이닝 방법의 한 종류이다 (Choi et al., 2011). 키워드 기반의 접근법은 기술로드맵핑 프로세스의 효율성과 효과를 개선시킬 수 있는 유용한 방법으로, TRM의 가시화, 문서정보의 표현과 업데이트를 지원하기 위한 시스템 개발의 기초가 된다 (Lee et al., 2008).

TRM 개발을 위한 키워드 기반의 접근법이 전문가 기반의 접근법의 한계점들을 극복하는 유용한 방법임에도 불구하고, 키워드 기반의 접근방법은 기술이 해당 분야에서 어떻게 사용되는지, 기술이 다른 기술에 어떻게 영향을 미치는지, 그리고 기술이 어떤 목적으로 사용되는지와 관련된 정보를 제공하지 못한다. 이러한 한계는 키워드 기반 TRM 산출물의 한계점과 연관되는데, 단순히 키워드의 동시출현 정보나 키워드의 출현 빈도만을 활용하기 때문에 기술 키워드들이 어떻게 관련되어 있는지에 대한 분석이 불가능하다.

따라서, 본 연구는 TRM 개발을 위해 기능 (Function) 개념을 활용한다. 기능이란 ‘어떤 객체의 특징을 변화시키는 작용’으로 정의되며 (Savransky, 2000), 기능은 기술의 용도나 목적에 대한 정보를 제공한다. 기능정보를 표현하기 위해서는 일반적으로 주체-작용-객체 (Subject-Action-Object: SAO) 구조가 활용된다 (Cascini et al., 2004; Yoon and Kim, 2011).

본 연구에서는 이러한 기능 개념을 활용하여, SAO 기반의 새로운 기술로드맵핑 방법을 제안한다. 이 방법은 기존의 키워드 기반의 접근방법의 한계점을 보완하고 기술기획에 있어서 효과적인 의사결정을 지원하기 위해 특허정보로부터 추출된 SAO 구조들을 활용한다. 이를 위해, 본 연구는 기능정보가 포함된 새로운 형태의 TRM 포맷을 제시하고, TRM 개발 시 의사결정을 지원하기 위한 세 가지의 제품-기능-기술 (Product-Function-Technology: PFT) 맵들을 제시한다. 마지막으로, 제안된 방법론에 따른 TRM 개발사례를 소개한다.

본 연구의 2장에서는 관련 연구를 제시한다. 3장에서는 PFT 맵들과 이를 활용한 기술로드맵핑 프로시저를 제시한다. 제시된 방법을 활용하여 4장에서는 양자교환막 연료전지 (Proton Exchange Membrane Fuel Cells: PEMFCs)의 고분자 전해질막 (Polymer Electrolyte Membrane: PEM)에 관련된 특허를 활용한 사례연구를 소개한다. 마지막 5장에서는 연구의 요약과 추후연구를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 키워드 기반의 기술로드맵핑

TRM의 주 목적은 시계열에 기반하여 시장, 제품, 기술을 가시적으로 통합한 프레임워크를 제시하는 것이다 (Garcia and Bray, 1997; Kostoff and Schaller, 2001; Petrick and Echols, 2004). 이를 위해, TRM은 다양한 정보원으로부터 수집된 정보를 활용하여 R&D를 위한 단기, 중기, 장기적 계획을 수립할 수 있도록 돕는다 (Petrick and Echols, 2004). R&D 계획을 지원하기 위해서, 대부분의 TRM은 기술, 제품, 시장의 발전관점에서 전략적 계획들을 표현하는 3개 레이어 (Layer)로 구성된 차트를 사용한다 (ERIMA, 1997).

키워드 기반의 TRM 기법은 TRM 개발에 있어서 전략적 의사결정을 지원하기 위해 객관적이고 정량적인 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 이 방법은 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 기술문서를 분석한 후 기술적 의미를 내포한 다양한 정보를 생성할 수 있도록 한다. 정보분석에 사용되는 데이터가 특허와 같은 기술문서에 기반하기 때문에 키워드 기반의 TRM은 기술주도의 TRM을 개발하는데 사용된 바 있다 (Lee et al., 2009). 텍스트 마이닝이 기술분석을 위한 유용한 방법으로 각광받은 이후, 키워드 기반의 TRM에 대한 연구는 활발히 연구되기 시작했다.

Lee and Jeong (2008)은 단어 동시출현분석 (Co-Word Analysis: CWA)(Callon et al., 1991)을 활용하여 TRM 프로세스를 지원하기 위한 방법에 대한 연구를 수행하였는데, 이들은 CWA에 기반하여 얻어진 분석정보를 활용하여 로봇기술에 대한 TRM을 생성한 바 있다. Suh and Park (2009)은 특허맵을 제시한 후 서비스 기반의 TRM을 제시하였다. 서비스 기반의 TRM은 공공 또는 개별 기관에 있는 의사결정자들이 다양한 서비스 중에서 가장 우선시되는 것에 집중하여, 해당 서비스와 관련된 기술개발을 기획할 수 있도록 하였다. 이 연구는 특허맵을 개발하기 위해 수준 (level), 시간 (time), 상대적 성장 (relative growth), 상대적 분배정도 (relative share), 상대적 순위 (relative order)와 같은 5가지의 키워드 정보를 활용하였다. Li (2009)는 정량적이고 정성적인 데이터 모두를 활용한 TRM 사례소개를 통해 인수합병 전략에 TRM이 사용될 수 있음을 기술적인 관점에서 설명하였다. Lee et al. (2011)은 특허간의 관계와 기술변화의 동향을 모니터링할 수 있는 동적 특허격자 (Dynamic Patent Lattice)를 개발하기 위해 정형화된 컨셉분석 (Formal Concept Analysis: FCA)에 기반한 방법을 제안하였다. FCA는 격자이론에 기반한 공유 특성을 지니는 객체들을 그룹화하는 도구이다.

앞서 언급된 연구 이외에도 키워드 기반의 TRM에 대한 연구는 두 명의 한국인 연구자에 의해 활발하게 연구되어 왔다. Lee et al. (2008)는 키워드 기반의 TRM 기법을 제시하였다. TRM 적용을 보다 효과적으로 하기 위해서는 기술로드맵핑 프로세스의 효율성을 높이는 것이 필요한데, 이 연구에서는 텍스트 정보의 분석을 통한 키워드 기반의 제품-기술 맵이 제시되었다. Lee et al. (2009)는 기술기반의 기술로드맵핑 프로세스를 제시하였는데, 이는 조직의 기술적 역량분석을 시작으로 시장에서의 비즈니스 기회를 도출하는 과정으로 이어진다. 이 연구는 TRM 개발을 위해 행위자-연관 맵 (Actor-Relationship Map), 기술-산업 맵 (Technology-Industry Map), 기술-친밀성 맵 (Technology-Affinity Map)을 제시하였다. Yoon et al. (2008a)은 형태학적 분석 (Morphology Analysis)을 접목한 기술로드맵핑 방법을 제시하였다. 이 연구에서 제안된 방법은 사람이 다루기에는 많은 양의 제품과 기술에 관련된 데이터를 처리할 수 있도록 함으로써 TRM 개발 프로세스를 개선하는데 기여하였다. 또한 Yoon et al. (2008b)는 기술로드맵핑 프로세스를 위해 텍스트 마이닝, 다차원 척도법, K-평균 군집방법과 같은 다양한 데이터 마이닝 기법을 적용하였다.

2.2 SAO 기반의 특허분석

SAO 구조는 트리즈 (The Theory of Inventive Problem Solving의 러시아어 표현: TRIZ)에서 기원한다. 러시아 과학자인 Genrich Altshuller는 약 20만개의 특허분석을 통하여 발명이 해결하고자 하는 문제와 해결방법을 일반화하고 추상화함으로써 기술적 문제를 해결하는 패턴을 제시하였는데, 기능은 트리즈에서 제시된 문제를 바라보는 접근 방법의 한 종류이다 (Altshuller, 1984).

SAO 구조는 키워드이라기 보다 키컨셉 (Key Concept)를 의미하는데 (Cascini et al., 2004), 이 구조는 수단-목적 관계성 (Means-End Relationship)을 보여줄 수 있다 (Moehrle et al., 2005). 또한, Action-Object (AO)가 기술적 문제를 설명하고 Subject (S)가 해결방법을 나타낼 경우, SAO 구조는 문제-해결방법 관계 (Problem-Solution)로 해석이 될 수 있다 (Moehrle et al., 2005). “Battery Energizes Bulb”라는 간단한 예를 살펴보자. 이 문장에서 ‘Battery’는 S, ‘Energize’는 A, ‘Bulb’는 O이다. ‘Batter’의 기술적 목적은 ‘Bulb’를 ‘Energize’하는 것이고, 역으로 해석하면 ‘Energize Bulb’는 ‘Battery’의 기능으로 볼 수 있다.

최근 많은 연구자들이 기술분석을 위해 SAO 구조를 이용한 연구를 수행하고 있다.

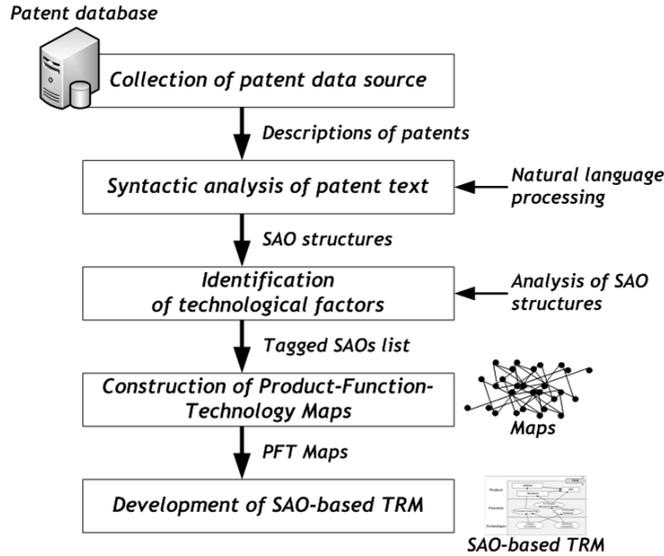
Choi et al. (2011)는 자연어처리 (Natural Language Processing: NLP)을 통해 SAO 구조를 특허로부터 추출하여, 특허의 SAO 네트워크를 구성한 후 기술동향을 분석하는 연구에 활용한 바 있다. Cascini et al. (2004)는 특허문서로부터 추출된 SAO 구조들을 기반으로 SAO 네트워크를 생성하는 PAT-Analyzer를 개발하였다. 이 시스템은 트리즈의 모순관계를 분석하기 위한 연구에 활용된 바 있으며 (Cascini and Russo, 2007), 발명의 구조적 관계의 유사성을 분석함으로써 특허들간의 유사성을 분석하는 연구로 확장되었다 (Cascini and Zini, 2008). SAO 기반의 특허유사성에 기반하여 Moehrle et al. (2005)는 전략적 인적자원관리를 지원하기 위한 목적으로 특허기반의 발명자 프로파일링 방법을 제시하였고, Bergmann et al. (2008)과 Park et al. (2011)은 특허유사성을 활용하여 특허침해 가능성에 대한 분석을 수행하였다. Yoon and Kim (2011)은 SAO 기반의 의미론적 특허유사성을 분석함으로써 특허네트워크를 형성하였는데, 이 연구는 특허의 기술적 중요성, 특허클래스의 특징, 경쟁출원인의 기술역량에 대한 새로운 분석지표를 제시한 바 있다. 최근에는 SAO 구조들을 활용하여 특허유사성의 성능을 분석하고 이를 향상시키기 위한 연구가 수행되고 있다 (Moehrle, 2010; Sternitzke and Bergmann, 2009).

SAO 구조를 활용한 기술분석에 대한 연구는 아직 초기단계로 SAO 구조를 R&D 기획 단계에서 활용하는 방법에 대한 연구가 더 수행될 필요가 있다. 그럼에도 불구하고, SAO 구조는 키워드의 단순한 출현정보와는 달리 그 이상의 기술적 정보로 기술과 제품의 목적, 용도, 방법에 관련된 추가적 정보를 제공할 수 있으므로, TRM 개발에 효과적으로 이용될 수 있다. 더불어 현재까지 SAO 구조를 기술로드맵핑 프로세스의 개발에 적용된 연구는 아직 없으므로, 본 연구는 기존 SAO 기반의 연구들에 대해 차별성을 지닌다.

II. 본 론

1. SAO기반의 기술로드맵핑 프로시저

SAO 기반의 TRM 개발을 위한 절차는 <그림 1>과 같이 1) 특허데이터의 수집, 2) 특허 텍스트의 문장구조분석을 통한 SAO 구조의 추출, 3) SAO 구조들의 출현빈도정보를 활용한 기술요소들의 파악, 4) PFT 맵들의 개발, 5) PFT 맵의 분석과 전문가의 의견 조율을 통한 TRM 개발의 5단계로 이루어진다.



<그림 1> SAO 기반의 기술로드맵핑 프로시저

1.1 특허문서의 수집

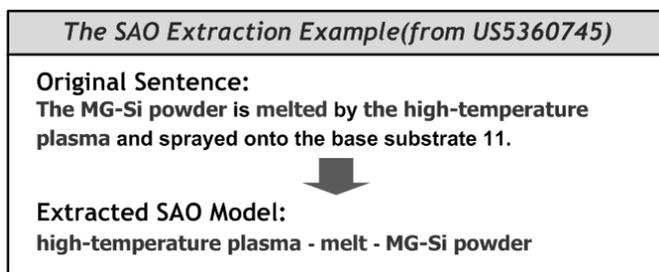
본 단계는 TRM 개발과 관련된 기술분야의 특허문서들을 수집하는 것이다. 특허수집에는 일반적으로 대상기술에 관련된 검색텍스트 정보, 국제출원분류코드, 출원인, 출원 날짜 등과 같은 서지적 정보로 구성된 특허 검색식을 활용할 수 있다. 특허 검색식을 활용한다고 할지라도 기술적으로 관련성이 없는 특허들이 수집될 수 있기 때문에, 노이즈 특허 필터링 규칙을 정의함으로써 관련성이 없는 특허들을 제거함으로써 분석을 위한 특허집합이 최종적으로 정리된다. 수집된 특허문서들은 다음 단계에서의 SAO 구조 추출을 위해 텍스트 파일이나 엑셀 파일과 같은 형태로 저장될 수 있다.

1.2 특허텍스트의 문법적 분석

본 단계는 수집된 특허문서로부터 SAO 구조들을 추출하는 것이다. SAO 구조는 특허문서의 초록, 청구항, 발명상세와 같은 영역에 있는 텍스트로부터 추출될 수 있다. 초록은 간결할 뿐만 아니라 특허에서 가장 중요한 부분으로 인식이 되며 (Chen et al., 2003), SAO 구조를 기반으로 하는 기존의 기술분석 연구들은 초록과 같은 일부 영역에서만 SAO 구조들을 추출하였다 (Bergmann et al., 2008; Cascini et al., 2004; Moehrle et al., 2005). 비록 초록이 발명의 중요한 기술적 내용을 요약하고 있는 부분이기기는 하지만, 기

술의 목적, 발명원리나 방법 등에 대한 상세한 내용을 포함하지는 못한다. 그러나 특허 텍스트의 전문은 해결되어야 하는 문제에 대한 기술 (Tseng et al., 2007) 뿐만 아니라 기술의 상세에 대한 설명도 포함하고 있다. 따라서, 본 연구는 특허전문을 활용하여 텍스트 분석을 실시한다.

Stanford 파서 (<http://nlp.stanford.edu>), MiniPar (<http://webdocs.cs.ualberta.ca/~lindek/minipar.htm>)와 같은 오픈 NLP 파서를 활용하여 특허텍스트로부터 SAO 구조들을 추출할 수도 있으며, Knowledgist2.5(www.inventionmachine.com)와 같은 상용 소프트웨어를 활용하여 SAO 구조를 추출하는 것이 가능하다. 이러한 도구들은 <그림 2>에 나타난 것과 같이 문장구조의 문법적 분석을 통해 SAO 구조를 추출하는 것을 가능하게 한다.



<그림 2> SAO 구조 추출의 예

1.3 기술요소의 파악

본 단계에서는 제품, 기술, 기능에 관련된 기술요소 (Technology Factor)들을 파악하는 것이다. 일반적으로 SAO 구조를 구성하는 S와 O는 여러 개 단어의 조합인 명사구 (Noun Phrase)로 A는 동사구 (Verb Phrase)로 표현될 수 있다. 특허에 나타나는 기술요소의 경우 S와 O는 <표 1>에 나타난 것처럼 제품, 기술, 소재, 기술속성과 같은 네 가지 타입으로 구분된다.

<표 1> SAO 구조에서 S와 O의 기술요소 타입

기술요소 타입	정의	명사구의 예
Product	Product (제품 또는 제품 컴포넌트)는 서비스를 포함하여 시장에 제공될 수 있는 기술 활동에 의해 산출되는 모든 아이템을 의미 (Guglielmi, et al., 2010)	Amorphous silicon thin film, PEMFC
Technology	Technology는 제품의 디자인, 생산, 테스트 및 제품생산을 위한 프로세스 및 기법 등을 총괄적으로 일컫는 개념 (Guglielmi, et al., 2010)	CVD, MOCVD
Material	Material은 특정 기술 및 제품의 개발에 활용되는 소재를 의미 (Hirtz et al., 2001) ex: Gas, Liquid, Solid, Plasma, Mixture	water, gas, air, powder, Oxygen, hydrogen
Technology Attribute	Technology Attribute는 증가시키거나 감소시켜야 하는 기술 개발의 목적에 대한 척도를 의미	Conductivity, thickness of film

다음으로 <표 2>와 같이 AO를 통해 기능에 해당하는 기술요소 타입을 파악하는 것이다. 첫번째로 목적기능은 S에 해당하는 명사구의 목적이 무엇인지를 의미한다. 이 타입의 경우 동사구와 O에 해당하는 명사구의 조합을 통해서 파악이 가능하다. 두번째로 효과기능은 S가 O에 어떤 영향을 미치는 지를 표현한다. 이 타입의 경우 관련된 동사구와 다양한 타입의 O에 해당하는 명사구의 조합을 통해서 파악이 가능하다. 세번째로 부분타입이 있는데, 이는 포함관계와 관련된 동사구와 제품이나 기술에 관련된 O의 조합으로 표현될 수 있다.

이러한 과정을 거쳐 수집된 제품, 기술, 소재, 기술속성과 관련된 기술요소들 및 기능들은 텍스트 정보로 표현된 것이므로 의미적으로는 동일하지만 표현방법이 다르게 된 경우가 존재한다. 예를 들어, 박막형 태양전지 (Thin Film Solar Cells)와 관련된 기술에서 ‘CVD’는 ‘Chemical Vapor Deposition’과 동일한 의미를 가지며, ‘Amorphous silicon thin film’과 ‘Amorphous silicon-based thin film’은 표현은 비록 틀리지만 동일한 의미를 지니는 기술요소이다. 따라서 유사하거나 동일한 의미를 지니는 기술요소들에 대해서 대표명을 선택하여 통합하는 과정을 거쳐 최종적으로 기술요소들을 정리할 수 있다.

<표 2> SAO 구조에서 AO의 기술요소 타입

AO의 타입	정의	Action	목적어 기술요소 타입
목적 기능 (Purpose Function)	S의 목적이 무엇인 지를 의미하는 AO	Stabilizes, Vibrates, intensify, increase, measure, stabilize, etc.	Technology attribute
효과 기능 (Effect Function)	S가 O에 어떤 영 향을 미치는 지를 설명하는 AO	Absorb, Accumulate, Cleans, Condense, Cools, Destroys, Detects, Erodes, Evaporate, Extracts, Freezes, Boil, Heats, Holds, Mixes, Moves, Polishes, Produces, Removes, Separates, etc.	Any types
포함타입 (Partative type)	제품과 기술 사이 의 포함관계를 표 현하는 AO	Include, have, composed of, comprise, supply, Assembles, etc.	Product Technology

1.4 제품-기능-기술 맵 (Product-Function-Technology Maps)의 생성

SAO 기반의 TRM 개발을 지원하기 위해, 본 연구는 PFT 포트폴리오맵 (PFT Portfolio Map), PFT 연관관계맵 (PFT Relationship Map), PFT 전개맵 (PFT Deployment Map)을 제안한다. 먼저, PFT 포트폴리오맵은 제품, 기능, 기술과 같은 기술요소 (Technological Factor)들에 대해 어떤 것이 중요한 것인지를 파악하는 데 이용된다. 주요 기술요소들을 파악하기 위해 본 연구는 PFT 용어들의 시계열에 따른 출현빈도와 출현빈도의 증가율을 활용한다. 두번째로, PFT 연관관계맵은 기술요소들이 서로 어떻게 연관되어 있는지를 보여준다. 세번째로, PFT 전개맵은 제품의 목적과 기술개발 방향성 사이의 관계를 정의한다.

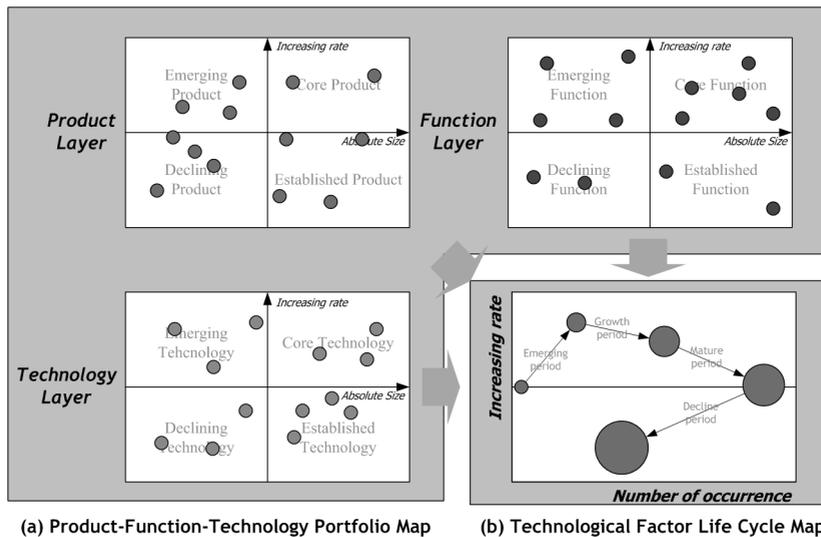
1.4.1 제품-기능-기술 포트폴리오맵

PFT 포트폴리오맵은 기술요소들의 시간의 흐름에 따른 중요성의 정도를 파악하기 위한 것이다. 특정 영역에 연관된 기술요소가 특허에서 높은 빈도로 출현할 경우 관련 기술영역의 발명자들의 관심도가 높은 것으로 이해될 수 있으며, 관련 R&D 활동이 활발하게 진행되고 있음을 의미한다 (Lee et al., 2008). PFT 포트폴리오맵의 축은 기술요소들의 출현빈도수와 출현빈도수의 증가율을 활용한다. 기술요소들의 출현빈도수의 증가율을 다음과 같이 계산된다.

$$IncreasingRate(F, T) = \frac{Occurrence(F, T) - Occurrence(F, T-1)}{Occurrence(F, T-1)}$$

여기서 F는 기술요소, T는 시간구간, Occurrence(F,T)는 특정 시간구간에서 기술요소의 총 출현빈도를 의미한다. 출현빈도의 증가율은 해당 기술요소가 이전 시간구간에 비해 상대적으로 출현이 얼마나 증가하고 감소하는 지를 보여주며, 기술요소의 절대적인 출현빈도수와 출현빈도수의 증가율을 두 축으로 하여 PFT 포트폴리오맵을 생성한다.

<그림 3>과 같이, 기술요소들은 특허문서로부터의 절대적인 출현빈도수와 출현빈도의 증가율을 기준으로 하여 네 개의 영역으로 구분될 수 있다. 먼저, 'Emerging 타입'의 기술요소는 상대적으로 낮은 빈도의 출현을 가지지만 시간이 지남에 따라서 활발하게 개발되는 경향을 지닌다. 'Core 타입'은 높은 출현 빈도수와 높은 출현빈도 증가율을 지닌 기술요소로, 이들은 높은 기술개발 잠재성을 지니므로, 많은 기업들에 의해 많은 투자가 이루어지는 경향을 가진다. 'Established 타입'은 높은 출현빈도수를 지니나 낮은 출현빈도 증가율의 특성을 지니는 기술요소에 해당하며, 이러한 기술요소들은 요구되는 기술적 성능을 만족시킬 정도로 충분히 발전되어 있는 경향을 띤다. 마지막 'Declining 타입'은 매우 낮은 출현빈도 증가율을 지니며 'Established 타입'에 비해 낮은 출현빈도를 가진다. 이 타입에 속하는 기술요소들은 R&D 초기 단계 이후로는 관심도가 떨어진 상태이며, 따라서 새로운 제품 및 기술을 기획하는 관점에서는 중요성이 떨어진다.



<그림 3> 제품-기능-기술 포트폴리오맵

개별적인 기술요소들은 기술요소 수명주기맵 (Technological Factor Lifecycle Map)을 참고하여 어떤 타입에 해당하는 기술요소인지 파악이 가능하다 (<그림 3>의 b). 이

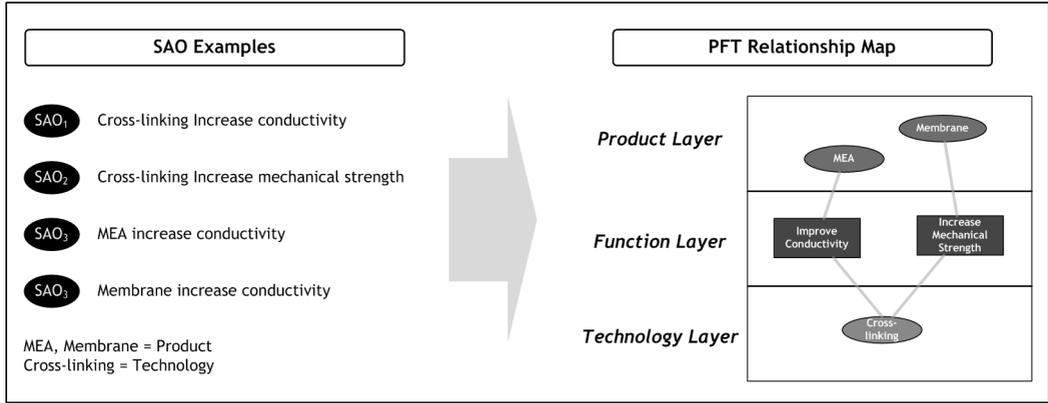
맵은 시간의 흐름에 따른 기술요소의 절대적인 출현빈도와 출현빈도 증가율을 기반으로 기술요소의 수명주기에 대한 분석을 가능하도록 한다. 기술요소의 수명주기는 ‘Emerging’, ‘Growth’, ‘Mature’, ‘Declining’으로 구분되며, 기술개발이 이루어짐에 따라 ‘Emerging’에서 ‘Declining’으로 변화한다. 시간의 흐름에 따라, 기술요소의 절대 출현빈도수는 증가하지만 출현빈도수의 증가율은 ‘Emerging’ 단계를 제외하고는 감소하는 경향을 띄게 된다. 또한 절대 출현빈도수는 ‘Mature’ 단계까지 지속적으로 증가하지만, ‘Declining’ 단계에서는 절대 출현빈도수 또한 감소하는 경향을 가진다.

PFT 포트폴리오맵은 TRM 개발의 의사결정자들에게 1) 특정 기간에서 제품 또는 기술 개발에 있어서 중요한 목적은 무엇인가?, 2) 미래의 연구개발을 위해서 어떤 기술요소가 아직 고려되지 않고 있는가?, 3) 어떤 제품과 기술이 미래시점에는 개발이 되어야 하고 왜 이들이 개발되어야 하는가? 와 같은 질문에 대한 분석을 가능하도록 지원한다.

1.4.2 제품-기능-기술 연관관계 맵

PFT 연관관계맵은 네트워크 그래프의 형태로 제품, 기능, 기술과 같은 기술요소들의 연관성에 대한 정보를 <그림 4>과 같이 가시화하여 보여준다. 일반적으로, 하나의 SAO 구조에서 제품이나 기술은 S에 해당하며, 기능은 AO로 표현되는데, 본 연구는 특허문서로 추출된 SAO 구조들을 활용하여 네트워크의 노드로서 기술요소들을 사용한다. 네트워크 형태의 맵을 생성하기 위해, 제품 또는 기술과 기능이 동일한 SAO 구조에서 출현한 경우에 이들은 연결된 것으로 간주한다. <그림 4>에 나타난 것과 같이 4개의 SAO 구조들이 있다고 하자. 이 SAO 구조들에서 S인 ‘cross-linking’은 PEMFC의 제품 컴포넌트인 MEA와 PEM을 생산하기 위한 기술이다. ‘cross-linking’은 전도성과 기계적 강도를 높일 수 있으며, ‘cross-linking’에 의해서 제공되는 이 두 기능은 MEA와 PEM의 목적기능이기도 하다. 따라서 ‘cross-linking’이라는 기술은 ‘improve conductivity’와 ‘increase mechanical strength’라는 기능을 통해 MEA와 PEM에 간접적으로 연결될 수 있다.

PFT간의 연관관계 정보를 담고 있는 네트워크는 네트워크 분석기법을 통해 1) 어떤 기술요소가 다른 기술요소들에 미칠 수 있는 영향관계를 파악 (기술요소들 간의 연관관계 강도의 정도), 2) 제품과 기술에 있어서 중요한 기능의 파악, 3) 기술개발의 주요 목적을 파악할 수 있도록 지원한다.

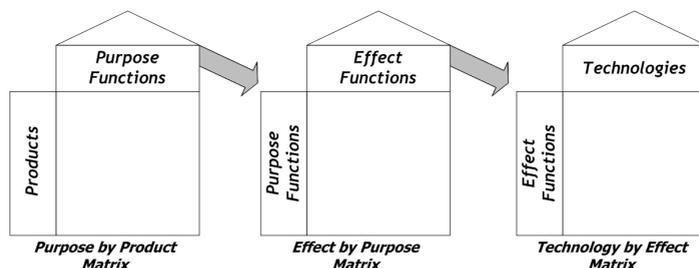


<그림 4> SAO 구조를 활용한 제품-기능-기술 연관관계맵의 작성 사례

1.4.3 제품-기능-기술 전개맵

PFT 전개맵은 품질기능전개 (Quality Function Deployment: QFD) (Dale, 2003) 를 변형하였는데, QFD는 사용자의 요구사항과 제품의 기능 사이를 연결하기 위해 사용될 수 있다. 따라서 PFT 전개맵은 제품-목적 매트릭스 (Product by Purpose Matrix), 목적-효과 매트릭스 (Purpose by Effect Matrix), 효과-기술 매트릭스 (Effect by Technology Matrix)로 구성되며, 이들은 각각 제품의 목적, 기능들간의 연관관계, 기술의 작용원리를 포함한다 (<그림 5>). 이 맵을 작성하기 위해 본 연구는 SAO 구조의 분석을 통해 목적기능 (Purpose Function)과 효과기능 (Effect Function)을 파악한다. 목적기능은 제품의 개발목적과 관련된 기능을 의미하며, 효과기능은 기술이 다른 재료나 기술적 특성에 어떻게 영향을 미치는 지를 표현하는 기능으로 기술의 작용원리를 제공한다. 제품-목적 매트릭스는 제품과 목적기능사이의 연관관계를 통해서 형성될 수 있고, 효과-기술 매트릭스는 기술과 효과기능간의 연관관계를 통해서 작성될 수 있다. 이러한 연관관계를 체크하기 위해서, 본 연구는 SAO 구조에서의 S와 AO가 동시에 출현하는 정보를 분석한다. 또한 목적기능과 효과기능은 AO로 각각 표현되기 때문에 하나의 SAO 구조에서 나타날 수 없다. 따라서 본 연구에서는 제품과 기술사이의 간접적인 연관관계를 사용한다. 하나의 SAO 구조내에서, 제품은 목적기능과 연관되며, 기술은 효과기능과 연관된다. 따라서 하나의 제품과 기술이 연관되어 있다면, 이 제품의 목적기능과 해당 기술의 효과기능이 연관되어 있다고 볼 수 있다. 제품과 기술간의 연관관계를 파악하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 먼저, 제품과 기술이 동일한 기능을 공유하고 있다면 이들은 간접적으로 연결된 것으로 파악할 수 있다. 두번째로 제품과 기술 사이에 'include', 'make' 등의

부분포함관계로 연관된다면, 이들은 간접적인 연관관계를 띄고 있는 것으로 파악할 수 있다. 이러한 두 가지의 경우에 제품에 연관된 목적기능과 기술에 연관된 효과기능을 활용해서 목적-효과 매트릭스를 구성할 수 있게 된다.



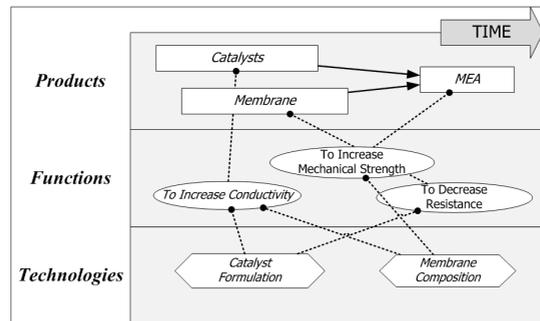
<그림 5> 제품-기능-기술 전개맵

기능에 기반하여 제품과 기술들이 어떻게 연결되는 지를 파악함으로써, 기술로드맵핑 시 새로운 기술기회의 발견, 기술지표의 선정, 제품개발방향의 수립을 지원할 수 있다. 먼저, 기술기회의 발견을 위해 목적-효과 매트릭스에서 R&D 관리자는 목적기능을 달성하는데 사용될 수 있는 효과기능을 체크한다. 효과기능이 활용될 수 있을 가능성이 있음에도 불구하고 목적기능을 위해서 활용되지 않고 있다면, R&D 관리자는 그 효과기능에 관련된 기술을 체크하기 위해 효과-기술 매트릭스를 참고할 수 있다. 만약 효과기능을 지원하기 위해 사용될 수 있는 기술이 있다면, R&D 관리자는 개발될 필요가 있는 대안기술들을 추가할 수 있다. 제품-목적 매트릭스는 제품과 목적기능간의 연관관계를 포함하고 있으므로 제품의 목적으로 어떤 것이 존재하는 지를 파악할 수 있도록 한다. 이 매트릭스는 기술지표를 선정하는데 활용될 수 있는데, 예를 들어, 'reduce thickness'란 'improve stability'는 PEMFC의 PEM 기술의 목적기능이다. 'reduce thickness'와 같은 목적기능을 달성하기 위한 측정지표로 micrometer가 측정단위로 사용될 수 있으며, 'improve stability'를 통해 고온 전도성과 관련해서는 전이온도, 기계적 안정성을 측정하기 위해서는 tearing 테스트가 사용될 수 있다. 마지막으로, 제품개발방향 수립에 활용될 수 있는데, R&D 관리자는 선정된 기술지표에 기반하여 우선적으로 개발이 이루어져야 하는 대안기술을 고려하여 기술개발의 우선순위에 대한 의사결정을 내릴 수 있다. 기술지표들은 목적기능과 연관되고 대안기술들은 효과기능과 연관되기 때문에, R&D 관리자는 목적기능과 효과기능간의 연관관계를 체크함으로써 기술지표와 관련된 대안기술들이 무엇인지를 파악할 수 있다. 이와 유사하게, 해당 기술이 아직까지 기술지표의 목표에

이르지 못한 경우, R&D 관리자는 기술지표에 영향을 주는 목적기능에 관련된 효과기능을 체크함으로써 기술개발 우선순위를 결정할 수 있다.

1.5 SAO 기반의 TRM 개발

기존의 TRM 포맷은 시장, 제품, 기술 레이어와 이들의 관계를 시계열에 기반하여 표현한다 (ERIMA, 1997). 세 개의 레이어들 중에서 제품 레이어와 기술 레이어는 제품 기획을 위해 TRM에서 가장 중요한 부분으로 인식이 된다 (Lee et al., 2008; Phaal et al., 2001). 따라서, 본 연구는 제품 레이어와 기술 레이어 사이에 기능 레이어를 삽입한 새로운 형태의 TRM 포맷을 제시한다 (<그림 6>). 제시되는 TRM 포맷은 제품 레이어, 기능 레이어, 기술 레이어로 구성되며 (<표 3>), 따라서 기능은 제품과 기술 사이의 상관관계를 명확하게 표현한다. 기능 레이어에 있는 항목들은 기술과 연관되어 있으며 기술의 목적을 담고 있으며, 제품에도 연관되어 해당 제품이 제공하는 목적을 보여줄 수 있다. <그림 6>에는 MEA 기술에 관련된 간략한 TRM의 예를 담고 있는데, MEA는 크게 촉매와 전해질막과 같은 두 가지 제품 구성요소로 이루어져 있다. 촉매형성의 주요 목적은 MEA의 성능을 향상시키는 것을 목적으로 하며, 전해질막 합성기술의 경우 기계적 강도를 향상시키는 것이 주요 개발 목적으로 주로 MEA 제품의 내구성과 관련된다.



<그림 6> SAO 기반의 TRM의 사례

본 단계는 기술로드맵핑을 위해 앞서 제시된 PFT 맵들을 활용하여 새롭게 <그림 6>에 제시된 포맷의 TRM을 작성한다 (<그림 7>). 제품기획에 있어서, 의사결정자들은 제품개발의 방향을 선정하여야 한다. 이를 위해, PFT 포트폴리오맵은 ‘Emerging 타입’ 또는 ‘Core 타입’ 제품 영역에 대한 경향을 파악할 수 있도록 한다. 이들 영역에 있는 제품

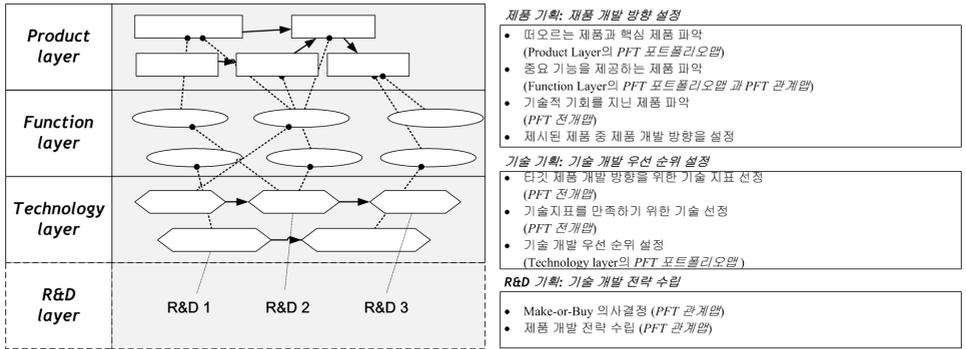
들은 시장에서도 중요하거나 선도하는 제품 아이템일 가능성이 높다. 두 번째로 기능정보가 활용될 수 있다. 기능에 대한 PFT 포트폴리오맵을 확인하면, ‘Emerging 타입’ 또는 ‘Core 타입’의 기능들을 파악할 수 있게 된다. PFT 연관관계맵을 체크하면 기능과 제품 간의 관계를 파악할 수 있기 때문에, 제품과 관련한 개발방향을 파악하는데 활용될 수 있다. PFT 전개맵은 기술 출현의 가능성에 기반하여 새로운 제품컨셉을 정의할 수 있도록 하기 때문에, 이 맵은 미래 특허권을 확보하는 등의 활동에 활용될 수 있을 것이다. 세 가지의 맵에서 얻어질 수 있는 기술적 의미를 주는 정보들이 다양하기 때문에 의사결정자들은 TRM 개발의 목적에 가장 부합하는 접근방법을 활용해서 시장변화를 고려하여 제품 컨셉을 결정하게 된다.

<표 3> SAO 기반 TRM을 구성하는 레이어들

제품 레이어 (Product Layer)	제품과 제품 컴포넌트들은 시장니즈를 충족시키기 위해 필요한 서비스를 포함한 모든 제품과 관련된 요소들을 포함
기능 레이어 (Function Layer)	기능은 제품이나 기술의 개발 목적 및 효과에 관련된 요소들을 포함
기술 레이어 (Technology Layer)	제품의 디자인, 생산, 테스트 등과 관련된 기술적 노하우, 공정 프로세스, 제품 개발 방법과 관련된 요소들을 포함

제품기획을 완료한 후에는 기술기획을 수행할 필요가 있다. 이는 제품기획시에 생성된 제품개발컨셉과 연관된 기술들을 찾는 것이다. 목적기술을 파악하기 위해서, 우선되는 작업은 기술지표를 파악하고 결정하는 것이다. PFT 전개맵의 목적-제품 매트릭스가 이러한 기술지표를 선정하는데 활용될 수 있다. 이러한 작업을 완료한 후에, 의사결정자들은 PFT 전개맵을 활용하여 기술지표에 영향을 주는 기술을 선정하고 기술개발 우선순위에 대한 결정을 수행한다. 목적기술, 이머징기술, 핵심기술에 대한 우선순위를 결정할 때 기술에 대한 PFT 포트폴리오맵이 이용된다.

본 단계에서, PFT 연관관계맵은 자신의 기술과 경쟁자의 기술사이의 비교를 통해 각 기술에 대해 make-or-buy 의사결정을 돕는다. 서지정보를 활용하게 되면, PFT 연관관계 맵으로부터 각 기업의 주요 제품, 기술, 기능에 대한 정보를 파악할 수 있기 때문에, PFT 연관관계 맵은 R&D 의사결정자들이 기술을 독립적으로 개발할 지 공동연구를 할 지에 대한 개발전략을 수립하는데 이용될 수 있다. 또한 의사결정자들은 유사한 기능을 수행하는 기술이 자사 내에 존재할 경우, 기술이 재사용을 통해서 개발될 수 있을 지에 대해서도 결정할 수 있다 (Yoon et al., 2011).

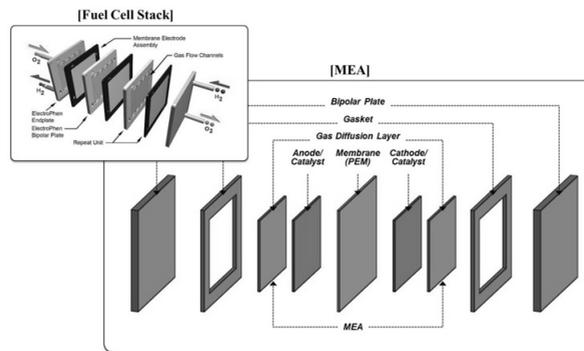


<그림 7> SAO 기반의 TRM의 포맷 및 TRM 개발 절차

2. SAO기반의 TRM: PEMFC 기술 사례

2.1 관련기술개요

본 논문에서 제안한 접근법을 예증하기 위해, PEMFC 기술에 관한 SAO기반의 TRM을 작성한다. PEMFC는 대체에너지 기술 중 유망한 연료전지의 한 형태로, 주로 수송용 동력을 목적으로 개발되고 있으며, 중소형 발전이나 소형 가전에서도 사용이 가능하다. PEMFC의 핵심 구성요소는 셀 스택이며, 이는 MEA와 분리판이 반복되어 적층된 구조로 구성된다(<그림 8>).



<그림 8> 연료전지 셀스택과 MEA의 구조

MEA는 양극과 음극 사이에 고분자전해질막(Polymer Electrolyte Membrane)이 위치하는 형태로 구성된다. 양극과 음극은 촉매 층을 포함하며 가스확산층이 두 극 바깥으로

위치한다. PEMFC는 수소와 산소의 화학적 반응을 통해 화학 에너지를 전기 에너지로 전환한다. 수소가 MEA의 양극으로 공급되면, 촉매 반응으로 수소가 양성자와 전자로 분리되며 이러한 과정에서 전기 에너지를 발생시킨다.

이처럼 PEMFC에서 MEA는 핵심구성요소이며 더욱 세부적으로는 이온 전도를 담당하는 고분자전해질막이 PEMFC 개발의 관건이다. 따라서 본 논문에서는 고분자전해질막 분야의 기술에 초점을 맞추어 SAO기반의 TRM을 작성하며, 여기에 전극촉매, 가스 확산층, 분리판, MEA와 같은 부수적인 기술에 대해서도 필요에 의해 언급한다.

특허청에서는 관련 기술에 대한 특허의 정성분석을 이미 수행하였다 (KIPO, 2006a, 2006b). 이는 관련 기술 전문가에 의한 공신력 있는 결과를 제시하고 있는 보고서로 받아들여지므로, 본 연구에서 제안하는 접근법을 통한 결과를 비교할 수 있는 적합한 참고 자료로 사용할 수 있다. 나아가 본 연구의 분석결과가 제시하는 새로운 기술적 발견의 의미에 대해서도 확인한다.

2.2 자료수집

WIPS 데이터베이스 (www.wips.co.kr)로부터 PEMFC관련 미국특허를 수집하였다. 수집된 특허의 출원날짜는 1991년 1월 1일부터 2011년 5월 31일에 해당한다. 최초 수집된 특허 데이터에서 관련 없는 데이터를 제거한 후 최종적으로 688개의 특허가 선정되었다. 이 특허들을 이용하여 SAO기반의 TRM을 작성하고 분석한다(<표 4>).

<표 4> 특허 검색식

특허검색식	특허 건수
(membrane* or (electrolyt* and membrane*) or film).ti. and ((fuel near cell) or PEM (PEMFC or DMFC)) and (polymer* or proton* or molecule or hydrogen* or macromolecule or ionomer) and @AD>=19910101<=20110531	688

2.3 SAO 프로세싱

SAO 정보를 추출하여 SAO 기반의 TRM을 구축하기 위해 전처리 과정(Pre-processing)을 거친다. SAO 구조는 특허 본문의 구문 분석을 통하여 추출된다. Knowledgist™ 2.5를 이용하여 특허의 전문으로부터 SAO구조를 자동으로 추출하였다. 작업의 결과로 94762개의 SAO구조를 추출하였으며, 여기서 중복되거나 관련이 없는 데이터를 제거하여

16231개의 유용한 SAO구조를 얻었다. 16231개의 SAO구조는 다시 1403개의 어구로 범주화하였다. 1403개의 어구를 분석한 결과 982개가 제품타입(물질 포함)이었으며 420개가 기술타입(기술적 지표 포함)이었다. 한편 위의 SAO구조를 AO조합 측면에서 분석하자면, 4312개의 AO조합으로 범주화하였다. 이 중에서 1418개가 매개변수 타입, 2308개가 효과타입 그리고 586개가 속성타입이었다.

그리고 특허 정보를 분석함에 있어 시계열 정보를 이용하기 위해 특허를 4개의 기간으로 분류하였다<(표 6)>. 이 때 각 기간의 특허 건수를 고려하여 기간을 정하였으며 첫 번째 기간은 1987-2001, 두 번째는 2002-2004, 세 번째는 2005-2006, 그리고 네 번째는 2007-2010이다. 여기서 특이할 만한 점은 기간을 같은 시간간격으로 나누지 않았다는 점이다. 왜냐하면 출원된 특허는 공개까지 상당기간의 시간이 소요되므로 최근의 특허들은 점차 건수가 줄어드는 경향을 보이는데, 이를 그대로 적용할 경우 분석 결과의 편향이 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 분석 대상이 되는 SAO의 개수가 가능한 균등하도록 하여 기간을 설정하였다.

<표 5> 분석기간별 특허건수와 SAO 개수

기간	1987-2001	2002-2004	2005-2006	2007-2010
특허 건수	143	203	169	173
SAO 개수	2605	4543	4495	4588

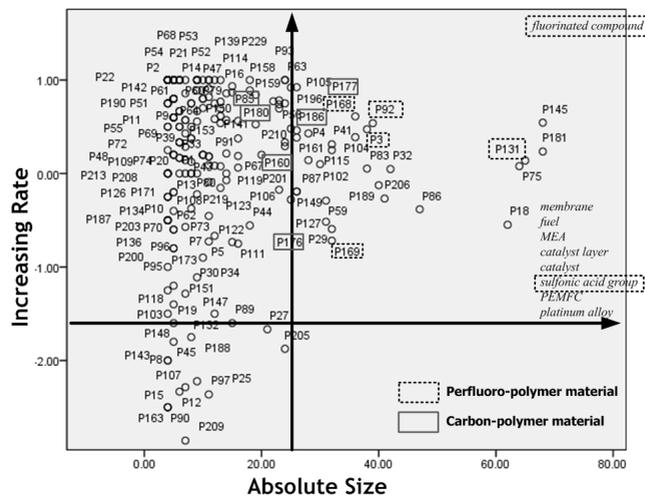
2.4 제품-기능-기술 맵

2.4.1 제품-기능-기술 포트폴리오 맵

포트폴리오 맵의 두 축은 각각 키워드 출현 횟수와 출현 횟수의 증가율이다. 포트폴리오 맵은 제품, 기능 그리고 기술의 총 세 가지 맵으로 구성된다. 기간 3에서 4로의 기술적 요인 출현의 증가율이 y축 값이 되고, 기간 4에서의 절대 출현 횟수가 x축 값이 되어 좌표상의 한 점을 이루는 방법으로 그래프는 작성된다. 맵은 각 축의 평균값에 의해 4개의 영역으로 구분되고 이를 화살표로 표시하였다. 따라서 맵의 우상단은 절대적 수와 증가율이 높은 핵심 영역이며, 좌상단은 절대적 수는 적지만 증가율이 높은 유망 영역으로 이해할 수 있다. 또한 우하단은 절대적 수는 높으나 증가율이 낮은 성숙 영역이며, 좌하단은 절대적 수와 증가율이 모두 낮은 쇠퇴 영역으로 이해할 수 있다.

첫째, 전해질막 기술의 제품 포트폴리오 맵을 분석하였다(<그림 9>). 맵에서 ‘membrane’,

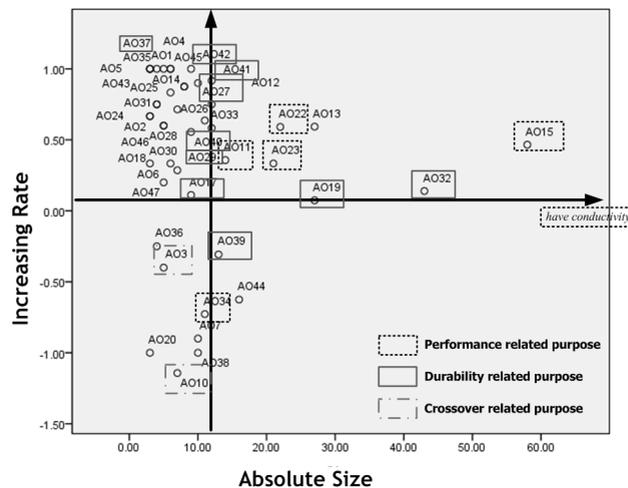
‘fuel’, ‘MEA’, ‘Catalyst’, 와 ‘PEMFC’ 라는 용어가 중요한 위치에 있음을 확인할 수 있다. 이들 제품 용어는 고분자전해질막 기술분야에서 널리 사용되는 용어이다. 세부적으로, ‘platinum alloy’는 핵심 영역에 위치해 있으며, 따라서 중요한 제품 또는 제품물질로써 이해할 수 있다. 실제로 백금은 전해질막 기술에서 화학적 반응을 유도하는 매우 중요한 촉매 중 하나이다. 본 맵에서 한 가지 주목해야 할 점은 전해질막의 제조에 사용되는 원천물질의 형태이다. ‘fluorinated compound’ 와 ‘sulfonic acid group’는 매우 높은 빈도를 보이며 핵심 영역에 위치해 있는데, 이는 전해질막의 한 형태인 불화수소계 전해질막 기술에서 매우 중요한 고분자 물질이다. 또한 불화수소계막에서 대표적으로 상업화에 성공한 ‘Nafion (P31)’이나 ‘hydroxyl group (P92)’, ‘phosphonic acid group (P168)’, 와 ‘phosphoric acid(P169)’와 같은 불화수소계막 관련 용어 역시 핵심 영역에 위치해 있다. 반면, 탄화수소계 고분자 물질들은 유망 영역 또는 유망 영역에 가까운 핵심 영역에 위치해 있다. 탄화수소계 관련 물질과 관련한 용어는 다음과 같다: ‘polytetrafluoro ethylene (P186)’, ‘polybenzoxazole polymer (P177)’, ‘perfluorocarbon polymer (P161)’, ‘polybenzimidazole compound (P176)’, ‘polyazole compound (P175)’, ‘polymerizable monomer (P180)’, ‘perfluorocarbon compound (P160)’, ‘hydrocarbon structure (P85)’, ‘polyarylethersulfone polymer (P174)’. 결론적으로, 고분자전해질막 분야에서 불화수소계 고분자는 신중하게 고려해야 할 필요가 있으며, 탄화수소계 고분자는 미래에 주요 제품이 될 가능성을 보여준다.



<그림 9> 전해질막 기술의 제품 포트폴리오 맵

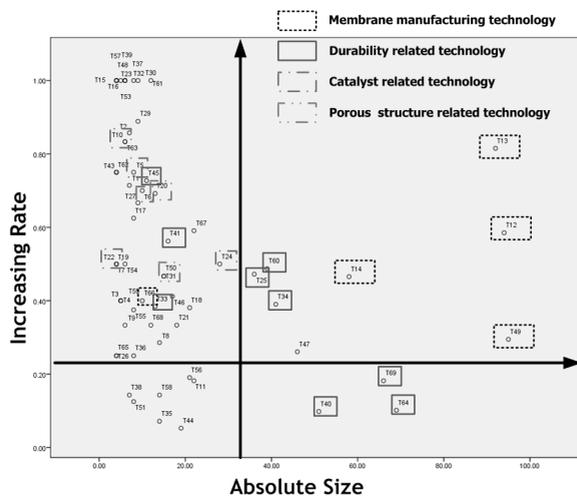
둘째, 전해질막 기술의 기능 포트폴리오 맵을 분석하였다(<그림 10>). 전해질막 성능과 관련한 기능들을 핵심 영역에서 발견할 수 있는데, ‘have conductivity (AO9)’, ‘have electrochemical conversion (AO15)’, ‘have performance (AO22)’, ‘have permeability (AO23)’, 와 ‘provide conductivity (AO44)’를 꼽을 수 있다. 여기서 ‘conductivity’의 경우 PEMFC의 전력 효율의 개선과 관련되므로, 전해질막 전도성의 개선은 본 기술 영역의 매우 중요한 개발 주제로 고려할 수 있다. 이러한 관점에서, 성능과 관련한 기능들은 현재 활발하게 수행되고 있는 연구 목적이라고 생각할 수 있다. 더불어 ‘have thickness (AO32)’, ‘have mechanical strength (AO19)’와 같은 물리적 내구성과 관련한 기능들 역시 핵심 영역에 위치해 있다. 따라서 물리적 내구성은 성능과 함께 기술 개발의 중요한 목적으로 고려된다.

한편 유망 영역에서는 열과 화학적 안정성과 관련된 기능들이 나타난다. 다음과 같은 기능들이 이에 해당된다: ‘increase temperature (AO41)’, ‘limit temperature (AO42)’, ‘increase stability (AO40)’, ‘have heat resistance (AO17)’, ‘have temperature (AO29)’, ‘have resistance (AO26)’, ‘increase heat resistance (AO37)’. 특히 열안정성과 관련된 기능들은 0.5 이상의 매우 높은 증가율을 보이고 있기 때문에, 이 기능들은 향후 기술 개발의 핵심적인 목표가 될 가능성이 있다고 판단할 수 있다. 마지막으로 쇠퇴 영역에서는 ‘have crossover (AO10)’ 와 ‘decrease methanol crossover (AO3)’와 같은 메탄올 크로스오버 관련 기능들이 발견되었다. 메탄올 크로스오버란 연료로 주입되는 메탄올의 일부가 화학적 반응을 하지 않고 전해질막을 통과하는 현상으로, PEMFC의 효율을 저하시키는 원인이 된다. 본 분석 결과에 따라 크로스오버 현상에 대한 기술은 상당한 수준에 이른 것으로 판단할 수 있다.



<그림 10> 전해질막 기술의 기능 포트폴리오 맵

마지막으로, 전해질막 기술의 기술 포트폴리오 맵을 분석하였다(<그림 11>). 핵심 영역에서는 고분자 전해질막의 제조와 관련된 기술들이 발견되며, ‘polymer chemistry techniques (T49)’, ‘cracking (T12)’, ‘crosslinking compound (T13)’, 와 ‘crosslinking reaction (T14)’가 해당된다. 이 기술들은 막과 전극의 접합에 관한 방법과 연관되므로, 전해질막 제조에 있어서 핵심 기술로 생각할 수 있다. 전해질막의 물리적 내구성과 관련된 기술적 지표들은 성숙 영역에 위치해 있는데, ‘thickness (T64)’, ‘weight (T69)’, 와 ‘mechanical strength (T40)’가 해당된다. 이런 점에서, 물리적 내구성은 전해질막 기술의 필수적인 기술적 지표일 가능성이 높다. 한편 열안정성과 관련된 기술은 유망 영역 또는 유망 영역과 가까운 핵심 영역에 위치한다. ‘heat treatment (T34)’ 와 ‘temperature (T60)’는 핵심 영역에 위치해 있으며, ‘heat resistance (T33)’ 와 ‘operating temperature (T45)’는 매우 높은 증가율을 보이며 유망 영역에 위치해 있다. 이러한 분석 결과에 따라 현재의 고분자 전해질막 기술이 물리적 내구성은 상당한 수준만큼 올라와 있으며, 열안정성에 대해서는 최근 많은 관심을 갖고 있는 것으로 분석할 수 있다. 이외에도 막에 촉매를 분산시키는 방법에 관한 기술이 유망 영역에서 발견되며, ‘dispersing solution (T24)’, ‘catalyst dispersion (T5)’, ‘coating (T10)’, ‘dipering solution (T22)’, 과 ‘CCM (T6)’이 해당된다. 그리고 전해질막의 무게를 줄일 수 있도록 하는 다공성 구조체와 관련한 기술들 역시 이 영역에 위치해 있으며 ‘porous polymer (T50)’, ‘filling pores method (T31)’, 과 ‘diameter (T20)’이 해당된다.



<그림 11> 전해질막 기술의 기술 포트폴리오 맵

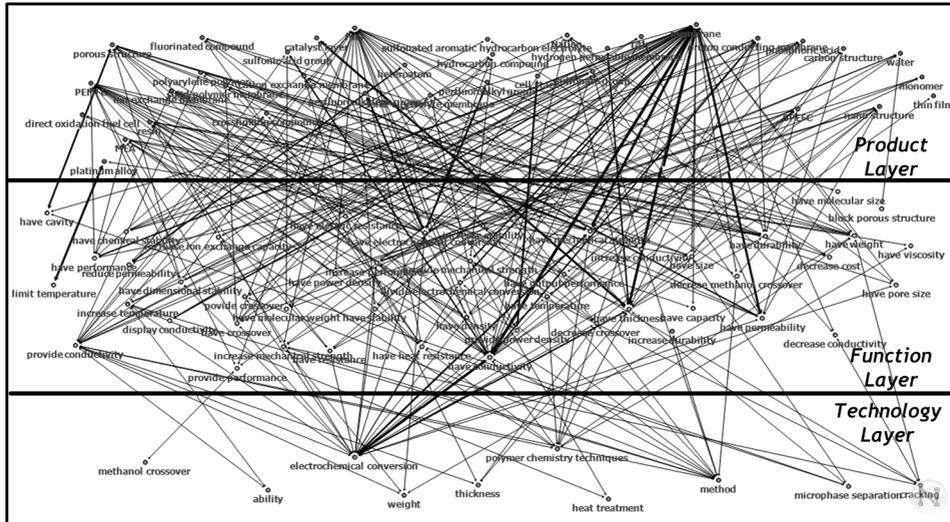
2.4.2 제품-기능-기술 연관관계 맵

네트워크 분석 기법을 PFT 관계 맵에 사용하여 제품과 기술들이 어떻게 기능과 관계를 맺고 있는지 파악하며, 나아가 제품과 기술이 어떤 목적을 가지고 있는지 발견할 수 있다. 여기서 사용되는 네트워크 분석 기법은 degree 분석과 centrality 분석이다. 네트워크 이론에 따르면 degree는 한 노드에 연결된 링크의 수를 나타낸다 (Diestel, 2005b). PFT 관계 맵에서도 제품과 기능 또는 기술과 기능 사이에 맺고 있는 관계의 수를 표현한다. Centrality는 어떤 노드가 전체 네트워크의 중심과 비교하여 어디쯤 위치하고 있는지를 의미한다. 현재 centrality를 측정하기 위한 다양한 방법들이 사용되고 있는데, 본 연구에서는 closeness-centrality 분석을 이용한다. 한 노드의 closeness-centrality를 산출하기 위해 노드들 간의 최단 측지 거리를 계산한다 (Sabidussi, 1966). 높은 closeness-centrality를 보이는 기능은 제품 또는 기술의 핵심적인 목적과 매우 밀접하게 연관된 것으로 이해할 수 있다 (Yoon et al., 2011).

degree분석은 전반적인 기술 트렌드를 파악하고 어떤 기술이나 제품이 중요한 기능과 연관되어 있는지를 이해하기 위해 수행된다. 또한 centrality 분석은 어떻게 핵심 기능들이 시간 순으로 변화해 가는지를 보여준다. 이와 같은 네트워크 정보를 분석하기 위해 NetMiner3 (<http://www.netminer.com/>)을 사용한다.

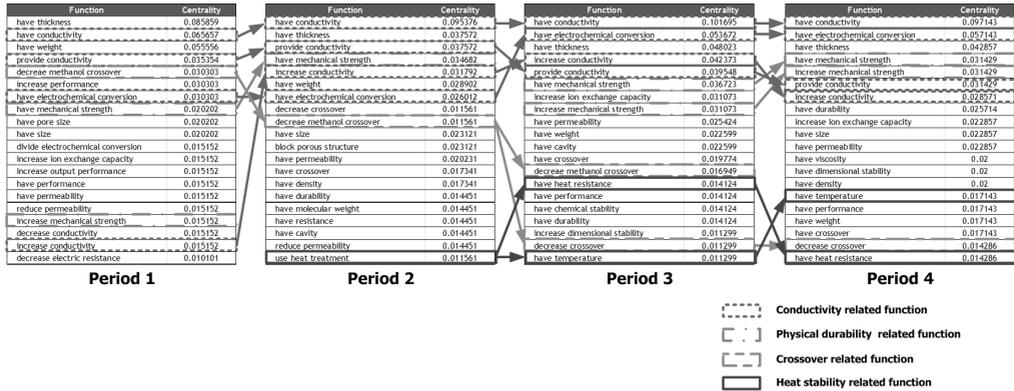
<그림 12>는 1991부터 2011년까지 전해질막 기술의 PFT 관계 네트워크를 보여준다. 네트워크 그래프에서 기술적 기능이 가운데에 위치하고, 이와 관계를 맺고 있는 제품과 기술이 위아래로 각각 위치해 있다. 연결된 선의 두께는 관계의 정도를 의미하며 동시 출현의 빈도에 비례하여 표시된다. 대체로 기능 포트폴리오 맵에서 언급하였던 기능들은 ‘membrane’ 제품과 높은 degree를 가진다. 이는 많은 기능들이 전해질막의 개선을 통해 달성될 수 있음을 의미한다. 또 다른 접근으로, 특정한 기능을 달성하기 위해 활용될 수 있는 구체적인 제품과 기술을 찾을 수 있다. 예를 들어, ‘increase mechanical strength’, ‘provide mechanical strength’와 같이 물리적 내구성과 관련된 기능들이 ‘porous structure’, ‘cracking’과 연결되어 있음을 확인할 수 있다. 여기서 ‘porous structure’는 전해질막의 한 형태인데 ‘have cavity’라는 기능과 관계를 맺고 있다는 점에서 의미를 생각해 볼 수 있다. 즉, 다공성 구조를 가지고 있는 전해질막은 구멍을 통해 이온을 전달함으로써 전도성을 증가하면서도 전해질막의 두께를 유지함으로써 기계적 강도 또한 유지할 수 있다. ‘cracking’은 촉매층이 갈라지는 현상을 의미한다. 이 현상은 촉매를 악화시키고 촉매의 반응을 저하시키며 결국 전해질막의 내구성을 하락시킨다. ‘have heat resistance’ 기능은 ‘fluorinated compound’와 관계를 맺고 있다. 이는 불화수소계막의 열내구성에 관한 연구가 수행되었음을 의미한다. 촉

매의 핵심 물질인 ‘platinum alloy’는 ‘limit temperature’ 기능과 매우 밀접한 관계를 보이는 것으로 나타난다. 따라서 백금 합금이 PEMFC의 작동 온도에 지대한 영향을 미치고 있음을 파악할 수 있다.



<그림 12> 전해질막 기술의 제품-기능-기술 관계 맵 (1991-2011)

둘째, 기간에 따른 centrality 분석을 통해 전해질막 기술의 주요 또는 목적 기능을 분석한다(<그림 13>). 분석을 통해 기능과 관련된 네 개의 기술적 트렌드를 도출해 낼 수 있었다. 첫째는 전도성과 관련한 기능들이 전 기간에 걸쳐 핵심 기능으로 고려된다는 점이다. ‘have conductivity’와 ‘provide conductivity’ 기능이 기간 1에서 높은 centrality를 보이고 있고, PEMFC의 성능과 직접적인 관련이 있는 ‘increase conductivity’ 기능의 centrality가 기간 1 이후 급격히 증가하였다. 둘째로 물리적 내구성과 관련한 기능들에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 특히 이 기능들은 기간 2와 3에서 상당한 수준의 증가를 보였으며, 기간 4에서는 전도성과 관련한 기능보다 더 높은 centrality 값을 가지고 있다. 셋째, 크로스오버와 관련한 기능들의 centrality는 점차 감소하고 있다. 기간 1에서 이 기능들은 핵심 기능들로 고려되고 있지만 기간 2를 지나면서 점차 하락세를 보이고 있다. 마지막으로, 열안정성과 관련한 기능들은 새롭게 나타나고 있다. 이 기능들은 기간 2에서 처음 나타났으며 기간 3과 4에서 지속적으로 보이고 있다.



<그림 13> 고분자전해질막 기술의 기능 Centrality 분석

2.4.3 제품-기능-기술 전개 맵

본 예제에서는 PFT 전개 맵을 사용하여 핵심 목적 기능과 높은 연관을 맺고 있는 효과기능 및 이와 관련된 기술들을 보여준다. 여기서는 만약 기술과 제품 간에 관계가 존재한다면 효과기능과 연관된 기술이 목적 기능과 연관된 제품에 영향을 미칠 것이라고 가정한다. 더불어 이들 간의 관계를 맺는 빈도가 높을수록 그 관계의 강도가 높다고 생각할 수 있다.

고분자전해질막 기술에는 많은 목적 기능과 효과기능이 있지만, 기능 포트폴리오 맵과 PFT 관계 맵에서 이미 중요한 목적 기능들과, 이 목적 기능과 연관을 맺고 있는 effect 기능을 선정하였다 (<그림 14>). 목적 기능으로는 물리적 내구성과 관련된 'Increase mechanical strength', 성능과 관련된 'Increase conductivity', 열안정성과 관련된 'Have heat resistance(또는 use heat treatment)' 세 가지가 있다. 이와 함께 효과기능으로는 'Comprise crosslinking compound', 'use cracking', 'Have porous structure', 'fill porous structure', 'Comprise coating method'의 다섯 가지이다. 이 다섯 가지 기능은 다시 세 가지 기술 카테고리 분류할 수 있는데 막 제조 기술, 다공성 구조 기술, 촉매 분산 기술이다. 이러한 관계로부터 'increase mechanical strength' 기능이 제조 기술과 다공성 구조 기술과 높은 관련이 있음을 발견할 수 있다. 'increase conductivity' 기능의 경우 언급한 모든 기술이 이 기능에 영향을 미친다. 또한 이 매트릭스는 'Have heat resistance (또는 use heat treatment)' 기능이 막 제조 기술과 다공성 구조 기술에 의해 영향을 받음을 보여주고 있다.

		Effect Functions					
		...	Comprise crosslinking compound	use cracking	Have porous structure	fill porous structure	Comprise coating method
Purpose Functions	⋮						
	Increase mechanical strength		42	45	46	45	20
	Increase conductivity		38	36	43	49	33
	Have heat resistance (use heat treatment)		29	30	25	32	15
	⋮						

<그림 14> Effect-Purpose 매트릭스의 일부

2.5 기술 로드맵

본 장에서는 제안된 PFT맵을 기반으로 고분자전해질막 기술의 기술 로드맵을 제안한다. 단 본 논문에서는 TRM을 활용하는 조직을 명확히 정의할 수 없기 때문에, R&D 계획을 제외한 전반적인 시장 상황을 고려하여 TRM을 제시한다. 그럼에도 불구하고 본 케이스가 R&D 계획을 위한 SAO기반의 TRM에 어떻게 적용할 수 있을지에 대한 이해를 도울 수 있을 것으로 기대한다. 본 케이스의 결과는 한국 특허청 보고서의 고분자전해질막에 대한 정성 분석결과와 비교하게 된다.

2.5.1 시장 상황

아직까지 PEMFC 산업에서 수익을 내는 공식적인 기업은 없었다. 하지만 관련 산업의 규모는 지속적으로 성장 중이고 연료전지 산업의 매출은 2010년 전세계적으로 750만 달러에 다다르고 있다. 상업화의 관점에서 보자면 일본의 자동차 기업인 혼다와 도요타가 2015년 PEMFC 자동차를 시장에 내놓을 계획이다. 많은 전문가들은 PEMFC 시장이 2015년에 본격적으로 활성화 될 것으로 전망하고 있으며, 2020년까지 연료 전지 자동차가 50만대에 이를 것으로 예상하고 있다. 제안된 TRM에서는 시장 상황을 반영하여 2020년에 상업화 제품을 만드는 것으로 집중하고 있다.

2.5.2 제품 계획

제품 포트폴리오 맵으로부터 불화수소계막이 주요 제품이라는 것을 파악하였으며, 반

면 탄화수소계막은 유망한 제품으로 인식할 수 있었다. 실제로 전해질막 분야에서 불화수소계막의 성능과 내구성을 향상시키기 위한 연구들이 활발하게 수행되고 있다. 또한 Avista (www.avistautilities.com)와 Ballard Power(www.ballard.com)와 같은 회사들은 제조비용을 줄여 불화수소계막 제품을 출시하였다. 하지만 여전히 불화수소계막의 비용은 매우 높고 80도 이상의 작동조건에서 성능이 급격히 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 반면 탄화수소계막은 제조 비용이 낮고, 성능 개선의 여지가 매우 높으며, 제조 과정이 복잡하지 않다. 이러한 전해질막의 특징으로 전해질막 시장은 향후 불화수소계막에서 탄화수소계막으로 주도권이 옮겨갈 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이러한 점에서 미래를 주도할 전해질막은 탄화수소계막이라고 할 수 있다.

2.5.3 기능 계획

제안한 PFT맵의 분석결과를 통해 다음과 같은 기능 트렌드를 정리할 수 있다. 현재 중요한 기능은 여전히 전도성을 향상시키기 위한 성능과 관련한 기능이다. 내구성의 측면에서 보자면 ‘improve mechanical strength’와 같이 물리적 내구성과 관련한 기능들이 핵심 연구 이슈로 고려되고 있다. 그리고 ‘have heat resistance’와 같이 열안정성과 관련한 기능은 유망 연구 목적으로 고려되고 있다.

실제로 고분자전해질막 분야에서 열적저항과 기계적 강도를 향상시키기 위한 기능들은 매우 중요한 기술이다. 특히 탄화수소계막이 불화수소계막보다 더 낮은 전도성을 보이고 있었기 때문에 상대적으로 연구비중이 더 낮았다. 그런데 고온 작동에서는 화학적 반응이 더욱 활성화되고 이에 따라 탄화수소계막의 성능을 향상시킨다. 더불어 고온 작동이라는 조건은 촉매의 활성 역시 향상시키기 때문에 촉매의 사용량을 저감하거나 기존에는 사용이 불가능했던 비백금촉매를 사용할 수 있는 가능성을 높여준다. 이는 곧 촉매 비용의 절감이라는 효과를 가져다 준다. 또한 고온에서는 기존의 PEMFC의 주요 기술적 과제였던 CO피독현상이 원천적으로 발생하지 않기 때문에 PEMFC의 내구성 측면에서 개선을 가져다 준다. 그런데 불화수소계막은 고온에서 기계적 강도가 약해지고 전도도가 급격하게 떨어지는 치명적인 단점을 가지고 있다. 대표적인 불화수소계 상용제품인 나피온은 실제로 성능 하락 문제로 인해 80도 이상에서는 사용이 어렵다.

이러한 측면들을 고려했을 때, 탄화수소계막의 고온 운전을 통해 낮은 전도성을 향상시키고 촉매 비용을 낮출 수 있을 것으로 결론 내릴 수 있다. 따라서 탄화수소계막 계열의 제품을 목표로 하고 ‘improve heat resistance’와 ‘improve durability’를 목표 기능으로 선정할 수 있다. 실제로 미국 Government Department of Energy(DOE)에서는 이미

2006년부터 고온형 PEMFC에 집중해 오고 있다 (Schmittinger and Vahidi, 2008).

2.5.4 기술 계획

지금까지의 분석을 통해 전해질막과 전극을 접합하기 위한 제조기술이 매우 중요함을 파악할 수 있었다. 더불어 기술적 지표관점에서 물리적 내구성과 관련한 기술은 성숙한 수준이었다. 기능 분석의 결과에서처럼 ‘heat resistance’와 관련한 기술들이 점차 관심을 받고 있는데, 역시나 유명 기술 영역에 위치해 있었다.

PFT맵의 결과에 따라 탄화수소계막의 열적저항을 개선시키기 위한 기술들을 정의하였다. 열처리와 제조기술은 적합한 전해질막을 개발하기 위해 반드시 필요하다. 또한 기계적 강도를 개선하기 위해 다공성 구조 기술의 개선 역시 고려해야 한다. 마지막으로 일정 수준의 내구성이 달성된 후에는 새로운 촉매 분산 방법을 개발하여 지속적인 비용 저감을 목표로 해야 한다.

2.5.5 고분자전해질 기술의 기술 로드맵

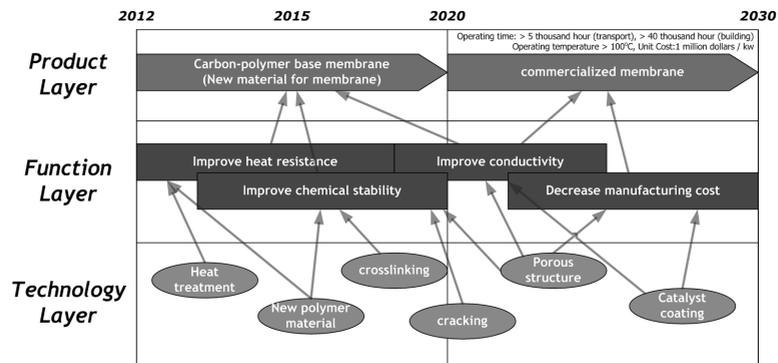
지금까지의 분석 결과에 따라 본 연구에서는 전해질막 기술의 SAO기반의 TRM을 제안한다(<그림 15>). TRM은 두 영역으로 구분된다. 많은 전문가들이 2020년부터 PEMFC 시장이 본격적으로 열릴 것으로 기대하고 있기 때문에, 2020년 전까지는 전해질막의 내구성 개발에 이후에는 전해질막의 상업화에 초점을 맞추었다.

제안한 TRM에서는 2020년 전에 탄화수소계막의 내구성, 기계적 강도, 열적저항 그리고 화학적 안정성을 개선하는 것을 제안한다. 실제로 고온형 PEMFC를 개발하는데 있어서 높은 우선순위를 보이는 개발주제는 고온 조건에서의 내구성을 유지하는 것이다. 만약 PEMFC가 적정 수준의 내구성을 보장하지 못한다면 가스 누출과 같은 매우 치명적인 결점을 보일 수 있다. 따라서 고분자전해질막의 내구성은 시장 진입에 있어서 선결조건이 되어야 한다. 이 문제가 해결된 후에는 기술 개발의 주제가 전도성 향상이나 비용 저감으로 전환되어야 할 것이다. 이를 위해서는 열처리와 새로운 고분자 물질에 관한 기술을 개발에 주목해야 하며 이것이 곧 미래의 PEMFC 시장을 선점할 수 있는 대책이 될 것이다.

제안한 TRM에서 2020년 후에는 높은 전도성을 가진 상업화된 전해질막을 제안한다. 내구성에 관한 기술이 어느 수준에 올라선다면 전해질막은 시장이 요구하는 성능을 충족시켜야 한다. 비록 고온형 PEMFC가 많은 장점을 가지고 있지만 고온운전이라는 조건이 곧 높은 전도성을 보장하는 것은 아니기 때문이다. 시장의 요구를 충족시키기 위해서

기업들은 전해질막 제조와 다공성 구조 등에 대해 지속적으로 투자해야 한다.

마지막으로, 제안한 TRM은 비용효과적인 기술의 개발을 지적하고 있다. PEMFC 시장이 본격적으로 열리기 시작하면 전해질막의 기술 개발 목표는 성능과 내구성에서 가격으로 전환될 것이다. 이러한 변화는 대부분의 기술 경쟁에서 매우 일반적인 현상이기 때문이다. 여기서 한 가지 예상되는 점은 향후 전해질막 기술에서의 경쟁이 메모리 산업에서의 경쟁과 비슷할 것이라는 점이다. 결국 시장이 어느 정도 형성된 후에는 전해질막의 성능이나 내구성에 대한 기업들간의 기술 격차가 없어질 것이며 비용절감 경쟁이 치열하게 벌어질 것이다. 단, 탄화수소계막은 불화수소계막보다 비용에서의 이점을 가지고 있기 때문에 다소 장기적인 기술개발과제로써 다루어질 수 있다. 비용을 줄이기 위해서 촉매의 주 원료인 백금의 사용을 줄이기 위한 기술이나 촉매 분산 방법 등에 대한 연구는 지속적으로 이루어져야 한다.



<그림 15> 고분자전해질 기술의 SAO기반의 TRM

III. 결론

본 논문은 정성적 접근법에 기반한 새로운 로드맵핑 방법론으로써 SAO기반의 TRM을 제안하였다. 이를 위해, 텍스트마이닝 기법과 NLP기법을 활용하여 SAO구조를 특허 문서로부터 추출하였다. 또한 추출된 SAO구조를 TRM의 기반자료로 사용하기 위한 변환 프로시저를 제안하였다. 본 논문은 전 처리된 데이터를 바탕으로 SAO기반의 TRM 다이어그램을 작성하였으며, 새롭게 제시된 TRM 다이어그램은 기존의 제품과 기술 중심이 아닌 기능이라는 레이어를 추가하여 제품과 기술간의 관계를 명확히 보여주었다.

또한 제시되는 TRM 다이어그램을 작성하기 위해 PFT맵을 제시하였다. 마지막으로 제안한 방법론의 실행가능성을 검증하기 위해, PEMFC 기술에 대한 SAO기반의 TRM을 개발하는 케이스 스터디를 수행하였다.

TRM개발 방법이라는 측면에서, 제안된 접근법은 특허 정보를 이용한 정량적 방법을 제공하고, 기능 레이어를 추가한 새로운 형태의 TRM 다이어그램을 제시한다. 본 접근법은 TRM 개발에 있어서 키워드를 기반으로 하는 기존의 정량적 접근법과 비교할 수 있다. 본 연구에서는 SAO구조를 사용하는데, 이는 키워드가 제공할 수 없는 수단-목적 관계나 기술의 목적과 같은 정보를 제공한다. 따라서 본 방법론은 의사결정 과정에서 기술에 관한 다양한 관점을 제공하며, R&D 책임자들이 TRM을 개발하는데 있어서 제품과 기술에 대한 관점을 확장할 수 있도록 한다. 더불어 본 방법론은 컴퓨터를 통해 준자동화로 수행되므로, TRM 개발에 소요되는 시간과 비용 절감하여 R&D 의사결정자들의 빠르고 정확한 의사결정을 지원한다.

본 방법론을 실제 적용시키기 위해서는 방법론적 측면과 이론적 측면에서 다음의 이슈들이 고려되어야 한다. 먼저 방법론적 측면에서는 사용자의 편의를 향상시키기에 정형화된 프로세스를 지원하는 TRM 개발 시스템이 필요하다. 현재 본 논문이 활용하는 시스템은 본 논문의 방법론의 전체 프로세스를 완벽하게 지원하지 못하여 따라서 향후 제안된 접근법을 보다 실제적으로 적용할 수 있는 기술적 데이터베이스를 포함하는 최적화된 시스템의 개발이 필요하다. 현재 제안된 접근법을 R&D 관리자가 사용하기에 다소 복잡하며 통일된 시스템이 구축되어 있지 않아 실무에서 사용하기에 어려움이 따른다. 이를 해결하기 위해 향상된 SAO 추출 소프트웨어와 잘 정의된 기술 데이터베이스를 포함한 SAO 기반의 TRM 구축 시스템이 필요하다. 또한 제시되는 방법론의 신뢰성을 확보하기 위해 본 방법론을 사용하여 다양한 분야의 TRM을 구축하고 이에 대한 전문가의 검증과정을 추가적으로 확보할 필요가 있다. 이론적인 측면에서 본 연구는 기술외적인 측면을 고려한 TRM 작성 방법론이 필요하다. 현재 본 연구는 제품-기능-기술의 관점만을 활용하여 TRM을 작성하고 있으며, 기술외적인 요소인 시장, 수요, 비용 등을 고려하지 못하고 있다. TRM의 성공적인 작성을 위해서는 기술외적인 요소를 반드시 고려하여야 하므로 추후연구에서 시장이나 비용과 같은 요소들을 본 방법론에 어떻게 적용시켜야 할지 고려하여야 한다.

참고문헌

- Albright, R. E. and T. Kappel. (2003). "Roadmapping in the corporation", *Engineering Management Review*, IEEE, Vol. 31, No. 3, pp. 32-32.
- Altshuller, G. S. (1984), *Creativity as an exact science: the theory of the solution of inventive problems* (Vol. 5): CRC.
- Archibugi, D. and M. Planta. (1996). "Measuring technological change through patents and innovation surveys", *Technovation*, Vol. 16, No. 9, pp. 451-468.
- Bergmann, I., D. Butzke, L. Walter, J. P. Fuerste, M. G. Moehrle and V. A. Erdmann. (2008). "Evaluating the risk of patent infringement by means of semantic patent analysis: the case of DNA chips", *R&D Management*, Vol. 38, No. 5, pp. 550-562.
- Callon, M., J. P. Courtial and F. Laville. (1991). "Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry", *Scientometrics*, Vol. 22, No. 1, pp. 155-205.
- Cascini, G., A. Fantechi and E. Spinicci. (2004). "Natural language processing of patents and technical documentation", *Document analysis systems VI*, No., pp. 89-92.
- Cascini, G. and D. Russo. (2007). "Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions", *International Journal of Product Development*, Vol. 4, No. 1, pp. 52-67.
- Cascini, G. and M. Zini. (2008). "Measuring patent similarity by comparing inventions functional trees", *Computer-Aided Innovation (CAI)*, No., pp. 31-42.
- Cascini, G., D. Luehesi and P. Rissone. (2001), "Automatic patents functional analysis through semantic processing". In.
- Chen, L., N. Tokuda and H. Adachi. (2003), "A patent document retrieval system addressing both semantic and syntactic properties". In (pp. 1-6): *Association for Computational Linguistics*.
- Choi, S., J. Yoon, K. Kim, J. Y. Lee and C. H. Kim. (2011). "SAO network analysis of patents for technology trends identification: a case study of polymer electrolyte membrane technology in proton exchange membrane fuel cells", *Scientometrics*, No., pp. 1-21.
- Dale, B. G. (2003), *Managing quality*: Wiley-Blackwell.
- Diestel, R. (2005a). "Graph theory. 2005", *Grad. Texts in Math*, No.
- Diestel, R. (2005b), *Graph theory*: *Grad. Texts in Math*.
- Diestel, R. (2010), *Graph Theory* (4th ed. Vol. 173), Heidelberg: Springer-Verlag.
- ERIMA. (1997), "Technology Roadmapping: Delivering Business Vision". In.

- Fleisher, C. S. and B. E. Bensoussan. (2003), *Strategic and competitive analysis: methods and techniques for analyzing business competition*: Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Garcia, M. L. and O. H. Bray. (1997), *Fundamentals of technology roadmapping*: Sandia National Laboratories.
- Guglielmi, M., E. Williams, P. Groepper and S. Lascar. (2010). “The technology management process at the European space agency”, *Acta Astronautica*, Vol. 66, No. 5-6, pp. 883-889.
- Hirtz, J., R. Stone, D. McAdams, S. Szykman and K. Wood. (2002). “A functional basis for engineering design: Reconciling and evolving previous efforts”, *Research in Engineering Design*, Vol. 13, No. 2, pp. 65-82.
- Hirtz, J., R. B. Stone, D. A. McAdams, S. Szykman and K. L. Wood. (2001). “A functional basis for engineering design: reconciling and evolving previous efforts”, *Research in engineering Design*, Vol. 13, No. 2, pp. 65-82.
- KIPO. (2006a), “Patent Map Repoart: Proton exchange membrane fuel cell”. In. Seoul, Korea: Korea Intellectual Property Office.
- KIPO. (2006b), Patent Map Report: Proton exchange membrane fuel cell, Seoul. Korea: Korea Intellectual Property Office.
- Kostoff, R. N. (1998). “The use and misuse of citation analysis in research evaluation”, *Scientometrics*, Vol. 43, No. 1, pp. 27-43.
- Kostoff, R. N., R. Boylan and G. R. Simons. (2004). “Disruptive technology roadmaps* 1”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, No. 1-2, pp. 141-159.
- Kostoff, R. N. and R. R. Schaller. (2001). “Science and technology roadmaps”, *Engineering Management, IEEE Transactions on*, Vol. 48, No. 2, pp. 132-143.
- Lee, B. and Y. I. Jeong. (2008). “Mapping Korean national R&D domain of robot technology by using the co-word analysis”, *Scientometrics*, Vol. 77, No. 1, pp. 3-19.
- Lee, C., J. Jeon and Y. Park. (2011). “Monitoring trends of technological changes based on the dynamic patent lattice: A modified formal concept analysis approach”, *Technological Forecasting and Social Change*, No.
- Lee, S., H. Seol and Y. Park. (2008). “Using patent information for designing new product and technology: keyword based technology roadmapping”, *R&D Management*, Vol. 38, No. 2, pp. 169-188.
- Lee, S., B. Yoon, C. Lee and J. Park. (2009). “Business planning based on technological capabilities: Patent analysis for technology-driven roadmapping”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 76, No. 6, pp. 769-786.
- Li, Y. R. (2009). “The technological roadmap of Cisco’s business ecosystem”, *Technovation*,

Vol. 29, No. 5, pp. 379-386.

- Miller, W. L. and L. Morris. (2008), *Fourth generation R&D: Managing knowledge, technology, and innovation: Wiley-India*.
- Moehrle, M. G. (2010). "Measures for textual patent similarities: a guided way to select appropriate approaches", *Scientometrics*, Vol. 85, No. 1, pp. 95-109.
- Moehrle, M. G., L. Walter, A. Geritz and S. Muller. (2005). "Patent based inventor profiles as a basis for human resource decisions in research and development", *R&D Management*, Vol. 35, No. 5, pp. 513-524.
- Narin, F. (1993). "Technology indicators and corporate strategy", *REVIEW OF BUSINESS-SAINTE JOHN'S UNIVERSITY*, Vol. 14, No., pp. 19-19.
- Park, H., J. Yoon and K. Kim. (2011). "Identifying patent infringement using SAO based semantic technological similarities", *Scientometrics*, No., pp. 1-15.
- Petrick, I. J. and A. E. Echols. (2004). "Technology roadmapping in review: A tool for making sustainable new product development decisions", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, No. 1-2, pp. 81-100.
- Phaal, R., C. J. P. Farrukh, J. F. Mills and D. R. Probert. (2003), "Customizing the technology roadmapping approach". In (pp. 361-369): IEEE.
- Phaal, R., C. J. P. Farrukh and D. R. Probert. (2001), "Characterisation of technology roadmaps: purpose and format". In (pp. 367-374 vol. 362): IEEE.
- Reitzig, M. (2004). "Improving patent valuations for management purposes--validating new indicators by analyzing application rationales", *Research Policy*, Vol. 33, No. 6-7, pp. 939-957.
- Sabidussi, G. (1966). "The centrality index of a graph", *Psychometrika*, Vol. 31, No. 4, pp. 581-603.
- Savransky, S. D. (2000), *Engineering of creativity: Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving: CRC*.
- Schmittinger, W. and A. Vahidi. (2008). "A review of the main parameters influencing long-term performance and durability of PEM fuel cells", *Journal of Power Sources*, Vol. 180, No. 1, pp. 1-14.
- Schumpeter, J. A., R. Opie and J. E. Elliott. (1934), *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle: Harvard University Press Cambridge, MA*.
- Sternitzke, C. and I. Bergmann. (2009). "Similarity measures for document mapping: A comparative study on the level of an individual scientist", *Scientometrics*, Vol. 78, No. 1,

pp. 113-130.

- Suh, J. H. and S. C. Park. (2009). "Service-oriented Technology Roadmap (SoTRM) using patent map for R&D strategy of service industry", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 3, pp. 6754-6772.
- Tseng, Y. H., C. J. Lin and Y. I. Lin. (2007). "Text mining techniques for patent analysis", *Information Processing & Management*, Vol. 43, No. 5, pp. 1216-1247.
- Vatananan, R. S. and N. Gerdri. (2010), "The current state of technology roadmapping (TRM) research and practice". In (pp. 1-10): IEEE.
- Wanner, L., R. Baeza-Yates, S. Bruggmann, J. Codina, B. Diallo, E. Escorsa, M. Giereth, Y. Kompatsiaris, S. Papadopoulos and E. Pianta. (2008). "Towards content-oriented patent document processing", *World Patent Information*, Vol. 30, No. 1, pp. 21-33.
- Yoon, B., R. Phaal and D. Probert. (2008a). "Morphology analysis for technology roadmapping: application of text mining", *R&D Management*, Vol. 38, No. 1, pp. 51-68.
- Yoon, B., R. Phaal and D. Probert. (2008b), "Structuring technological information for technology roadmapping: data mining approach". In (pp. 417-422): World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- Yoon, J., S. Choi and K. Kim. (2011). "Invention property-function network analysis of patents: a case of silicon-based thin film solar cells", *Scientometrics*, Vol. 86, No. 3, pp. 687-703.
- Yoon, J. and K. Kim. (2011). "Identifying rapidly evolving technological trends for R&D planning using SAO-based semantic patent networks", *Scientometrics*, Vol. 88, No. 1, pp. 213-228.
- Yoon, J., J. Lim, S. Choi, K. Kim and C. Kim. (2011). "Ontological functional modeling of technology for reusability", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 8, pp.10484-10492

□ 투고일: 2012. 02. 09 / 수정일: 2012. 02. 28 / 게재확정일: 2012. 04. 12