

## 초고속 자기부상철도 기술개발 동향조사 및 분석

이진호<sup>1\*</sup>, 한영재<sup>1</sup>, 조정민<sup>1</sup>, 이창영<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국철도기술연구원 초고속자기부상철도연구단

### A Study on Trend of Technology Development for Super-Speed Maglev

Jin-Ho Lee<sup>1\*</sup>, Young-Jae Han<sup>1</sup>, Jeong-Min Jo<sup>1</sup> and Chang-Young Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Super Speed Maglev Train Research Team, Korea Railroad Research Institute

**요약** 본 논문에서는 특허 분석을 통하여 초고속 자기부상철도 기술과 관련된 주요 국가의 기술 개발 동향을 파악하고, 이를 바탕으로 국내 기술 개발의 발전 방향을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 먼저 초고속 자기부상철도를 구성하는 핵심기술을 14개로 분류하고, 각 기술 별로 주요 국가에서 출원된 특허의 건수, 증가율 및 점유율과 같은 양적 분석을 통하여 나라별 기술개발 현황 및 집중분야를 파악하였으며, 특허활동 집중도, 인용도 및 시장확보지수와 같은 질적 분석을 통하여 기술개발의 수준 및 시장확보력을 살펴보았다. 분석된 결과와 주요 기술의 발전 방향을 고려하여 국내 초고속 자기부상철도 기술 개발에 있어서 중점 개발하여야 할 분야 및 개발 방향 등을 제시하였다.

**Abstract** In this study, to understand the technology development trend of super-speed maglev, the patents applied by major countries are analyzed. And based on the analyzed results, the domestic technology development direction are suggested. For patent analysis, the major technologies for super-speed maglev are classified into 14 parts. Then, through the quantitative analysis method such as number, increase rate and share rate, the overview of technology development and focused parts by each country are investigated. Also through the qualitative analysis method such as concentration degree, citation index and market share index, the technology level and market securing ability of each country are anticipated. Considering the analyzed results and technology development trend, the domestic technology development direction such as priority development fields and methods are proposed.

**Key Words** : Patent analysis, Super speed Maglev, Technology competitiveness, Technology trend

#### 1. 서론

최근 지구온난화 및 원유 공급 감소로 에너지 효율성이 높고 저탄소 녹색 성장을 주도할 수 있는 철도산업에 대한 관심이 고조되고 있다. 편리하고 친환경적인 철도는 운송시스템으로서 그 중요성이 점점 커지고 있으며, 이와 더불어 증속에 대한 요구도 날로 높아져가고 있다. 이러한 증속 요구를 해결하고자 하는 방안으로서 초고속 자기부상철도가 하나의 대안으로 각광을 받고 있다. 초고

속 자기부상철도는 고효율 및 급가속이 가능한 LSM(Linear Synchronous Motor)을 추진동력으로 이용하고, 차량이 궤도로부터 일정간격 부상한 상태로 운행하여 마찰력을 획기적으로 줄임으로써 500km/h 이상의 속도로 주행이 가능하다[1-4].

독일에서는 초고속 자기부상열차인 Transrapid를 개발하여 중국 상하이의 푸둥공항과 도심에 잇는 33km 구간에 설치하여 현재 430km/h의 최고속도로 운행 중에 있으며[5], 일본은 초전도를 이용한 초고속 자기부상열차인

본 연구는 국토교통부에서 시행하는 “초고속 자기부상철도 핵심기술개발” 과제로부터 지원을 받아 수행한 연구 결과입니다.(11PRTD-B061485)

\*Corresponding Author : Jin-Ho Lee(Korea Railroad Research Institute)

Tel: +82-31-460-5235 email: jinholee@krri.re.kr

Received April 17, 2013

Revised (1st May 6, 2013, 2nd May 22, 2013)

Accepted June 7, 2013

MLX를 개발하여 야마나시의 시험선로(18.4km)에서 테스트를 완료하였고, 현재 시험선로를 42.8km로 확장하는 공사를 진행중에 있다[6,7].

국내에서는 중저속 자기부상철도에 대한 기술 개발이 완료되어 인천 영종도의 국제공항 교통센터와 용유역을 잇는 6.1km 구간이 2013년 9월 경에 개통될 예정이다. 하지만 최고 속도가 시속 100km 내외인 중저속 자기부상열차와는 다른 추진 및 부상/안내 방식을 사용하는 초고속 자기부상철도에 대한 국내의 연구는 이제 막 시작한 단계로서, 2012년부터 한국철도기술연구원 주관으로 핵심기술개발 위주의 대책 연구과제가 수행 중에 있다. 그러나 선두 개발국인 독일, 일본, 미국 및 중국에서 이미 많은 원천기술을 확보하고 특허 등으로 보호하고 있어 관련 기술의 개발 및 진입이 쉽지 않은 상황이다. 따라서 초고속 자기부상철도 선진국이 중점적으로 개발하고 있는 기술과 경쟁력이 우수하여 진입장벽이 높은 기술, 그리고 향후 시장성을 확보할 가능성이 높은 기술 등에 대해서 분석하여 국내 연구개발 방향을 설정하는데 참조할 필요가 있다.

이를 위하여 본 논문에서는 주요 선진국 및 국내의 초고속 자기부상철도 기술에 대해서 출원된 특허를 대상으로 양적, 질적 분석을 통해 국가별 기술개발 동향을 파악하여 국내 기술개발의 발전방향을 제시하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 기술 분류

초고속 자기부상철도 기술은 [Table 1]과 같이 크게 4개의 대분류 기술과 14개의 중분류 기술로 나눌 수 있다. 시스템 엔지니어링 기술은 시스템의 성능을 평가하는 기술과 시스템 제어를 위한 신호 및 통신기술로 나뉘어 진다. 가이드웨이 기술은 가이드웨이에 부착되는 추진코일에 가해지는 추진력과 흡인력을 지탱할 수 있는 구조설계와 부상 및 안내 공극의 유지를 위한 정밀 시공 기술 등이 핵심이 된다. 전력시스템 기술은 초고속 추진을 위한 LSM 설계 및 제작 기술, 전력변환장치로서의 인버터 기술, LSM 제어를 위한 정밀위치검지기술과 전력손실저감을 위한 섹션전환기술 등으로 이루어 진다. 차량 기술은 부상, 안내, 제동을 위한 마그네트를 설계, 해석 하고 이를 제어하는 기술과 마그네트를 취부하는 대차의 설계, 제작 기술 등이 핵심이 된다.

[Table 1] Classification of super speed maglev technology

| Level I            | Level II                      |
|--------------------|-------------------------------|
| System Engineering | System performance evaluation |
|                    | Signal/Communication          |
| Guideway           | Guideway                      |
|                    | Switch                        |
| Power system       | LSM                           |
|                    | Inverter                      |
|                    | Position detection            |
|                    | Section change                |
| Vehicle            | Levitation magnet             |
|                    | Guidance magnet               |
|                    | Brake magnet                  |
|                    | Bogie                         |
|                    | Car frame                     |
|                    | Electronic units              |

### 2.2 분석 방법

초고속 자기부상철도와 관련하여 앞에서 분류된 14개의 중분류 기술별로 1980년부터 2011년까지 한국, 미국, 일본, 중국 및 유럽에서 출원된 특허에 대해서 분석하였다. 전반적인 기술개발 현황 분석을 위하여 출원건수, 증가율 및 점유율 등의 양적 지표를 이용하였으며, 국가나 기업의 특허활동 집중도, 경쟁력 및 시장확보력 등을 분석하기 위하여 특허 활동 지수, 인용도 지수 및 시장확보 지수와 같은 질적 지표를 활용하였다[Table 2].

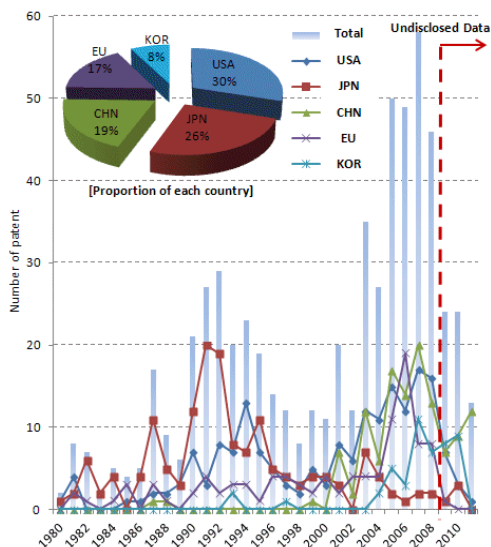
[Table 2] Patent analysis index

| Index                        | Explanation  |
|------------------------------|--|
| Application number [8]       | -  |
| Activity Index(AI) [9]       | $AI = \frac{\frac{\text{Total patent number of specific applicant in specific area}}{\text{Total patent number in specific area}}}{\frac{\text{Total patent number of specific applicant}}{\text{Total patent number}}}$ |
| Cites Per Patent(CPP) [10]   | $CPP = \frac{\text{Citation number}}{\text{Total patent number}}$  |
| Patent Family Size(PFS) [11] | $PFS = \frac{\text{Average number of family patent by specific applicant}}{\text{Average number of total family patent}}$  |

### 3. 결과 및 고찰

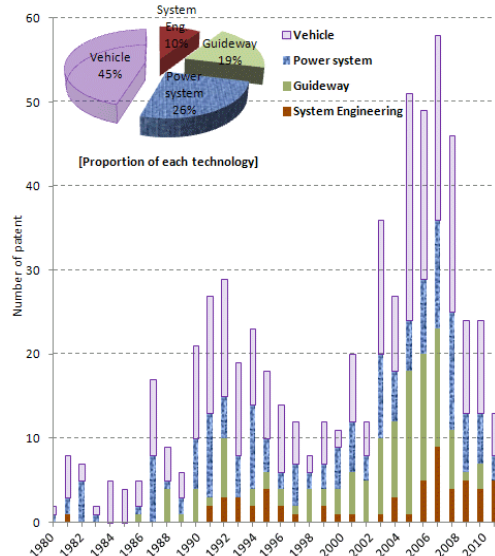
#### 3.1 전체 특허 현황 분석

초고속 자기부상철도와 관련하여 1980년부터 2011년까지 한국, 미국, 일본, 중국 및 유럽에서 출원된 특허는 [Fig. 1]과 같이 총 619건으로 꾸준히 증가하고 있는 것으로 조사되었다. 그래프에서 2009년 이후 특허 출원 건수가 급격히 감소하는 것은 특허제도상 특허 정보의 공개가 출원 후 2~3년이 경과된 후에 이루어져 이 기간 동안 미공개 특허가 존재하기 때문이다. 나라별 특허 출원 비중을 보면, 미국이 30%, 일본이 26%로 전체 특허의 절반 이상인 56%를 차지하고 있으며, 중국, 유럽, 한국이 각각 19%, 17%, 8%를 차지하고 있다. 미국 특허의 경우 1990년대 중반까지 증가하다가 건수가 감소한 뒤, 2000년대 이후에 다시 크게 증가하고 있는데, 이는 1990년대 초반에 국가적으로 자기부상철도에 대한 관심이 증대되었던 것과, 2000년대 초반에 중저속 자기부상철도에 대한 국가지원이 이루어졌던 것이 영향을 미친 것으로 분석되었다. 일본의 경우 1990년대까지 특허가 증가하다가, 그 이후로 꾸준히 감소하고 있는 것으로 조사가 되었다. 유럽, 중국, 한국의 경우 모두 2000년 이후에 관련 특허가 급격히 증가하고 있는 것으로 확인이 되었고, 특히 중국의 증가가 두드러지는 것으로 조사되었는데 이는 2000년대 초반에 중국이 독일의 Transrapid를 도입하면서 관련 연구 개발이 활발해졌음을 반영하는 것으로 보인다. 한국 역시 비슷한 시기에 도시형자기부상열차 개발 사업을 추진하면서 관련 특허의 출원이 활발해진 것으로 분석된다.



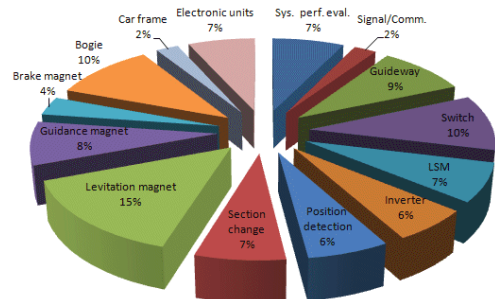
[Fig. 1] Patent status for each country

4개의 대분류 기술별 특허출원 현황은 [Fig. 2]와 같이 차량 기술에 대한 특허가 45%로 가장 많이 차지하고 있고, 전력시스템 기술, 가이드웨이 기술 및 시스템엔지니어링 기술이 각각 26%, 19%, 10%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다.



[Fig. 2] Patent status for each technology

14개의 중분류 기술별 출원현황은 [Fig. 3]과 같다. 차량 기술 중에서는 중저속 자기부상철도 개발부터 연구된 부상 마그넷에 관한 특허가 15%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 승차감 및 추력과 같은 차량의 성능과 직접 연관이 있는 대차에 관련된 특허가 그 다음으로 많은 비율을 차지하고 있다. 전력시스템 기술에 속하는 중분류 기술들과 가이드웨이 기술은 6~10%로 비슷한 비율을 보이지만, 그 중에 최근 증가추세가 두드러진 분야는 가이드웨이 기술, 분기기 기술과 위치검지 기술로 분석되었다.



[Fig. 3] Patent portion of detail technologies

### 3.2 국가별 기술개발 집중도 분석

앞 절에서는 특허가 출원된 국가를 기준으로 분석함으로써 전체적인 현황을 살펴보았으나, 본 절부터는 특허를 출원한 출원인의 국적을 기준으로 분석함으로써 해당 국가의 실질적인 기술개발 수준을 분석하고자 하였다.

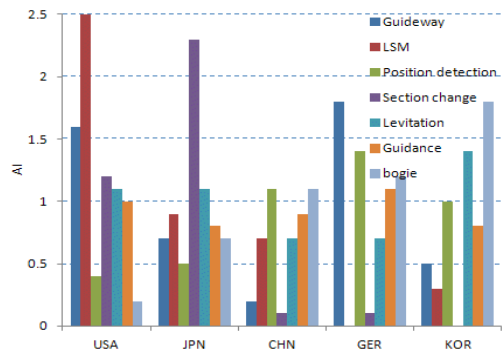
국가별 기술개발 집중도를 살펴보기 위해 출원인 국적별로 출원된 특허의 기술별 분포를 [Table 3]에 나타내었다. 미국의 경우 가이드웨이기술, LSM 설계 및 제작 기술 및 부상 기술에 중점을 두고 있고, 일본의 경우 성능평가기술, 섹션전환기술 및 부상 기술에 중점을 두고 있는 것으로 조사가 되었다. 중국의 경우 대차 기술에 관련된 특허가 가장 많이 출원 되었으며, 독일의 경우 분기기 기술에 관련된 특허가 가장 많이 출원된 것으로 분석되었다. 한국의 경우 70% 이상의 특허가 성능평가, 분기기, 부상 및 대차 기술에 집중되어 있어 기술별 집중도 편차가 심한 것으로 나타났다. 대부분의 나라에서 부상기술에 대한 특허가 집중되고 있는 것으로 보아, 이 분야의 기술경쟁이 가장 치열한 것으로 예상이 되었고, 한국의 경우 선진국이 중점적으로 기술개발에 집중하고 있는 가이드웨이 기술, LSM 설계 기술 및 섹션전환 기술에 대해서 상대적으로 기술개발의 집중이 저조함을 알 수 있다.

[Table 3] Patent status for each country and technology

| Technology         | USA | JPN | CHN | GER | KOR |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sys. perf. eval.   | 0   | 19  | 10  | 7   | 8   |
| Signal/Comm.       | 3   | 0   | 6   | 4   | 1   |
| Guideway           | 16  | 11  | 2   | 23  | 2   |
| Switch             | 6   | 8   | 5   | 32  | 8   |
| LSM                | 20  | 12  | 9   | 0   | 1   |
| Inverter           | 7   | 16  | 4   | 6   | 0   |
| Position detection | 3   | 6   | 10  | 12  | 3   |
| Section change     | 9   | 28  | 1   | 1   | 0   |
| Levitation magnet  | 18  | 30  | 15  | 14  | 10  |
| Guidance magnet    | 10  | 12  | 10  | 12  | 3   |
| Brake magnet       | 6   | 2   | 3   | 9   | 0   |
| Bogie              | 2   | 14  | 17  | 18  | 9   |
| Car frame          | 0   | 5   | 6   | 1   | 0   |
| Electronic units   | 14  | 19  | 3   | 3   | 3   |

나라별로 집중하고 있는 기술에 대한 보다 효과적인 분석을 위하여 특허활동 지수(AI)를 이용하였다. 특허 활동지수란 특정국가가 특정 기술분야에 대해서 상대적으로 어느 정도로 특허활동을 집중하고 있는가를 나타내는 지수로 1 이하이면 특허활동이 부진함을 의미하고, 1~2 이면 비교적 활발함을, 2 이상이면 매우 활발하게 관련분야의 특허활동이 진행됨을 나타낸다. [Fig. 4]에 나타난

국가별-기술별 특허활동 지수를 보면, 미국의 경우 LSM 설계 분야에서 다른 나라에 비하여 특허활동이 가장 활발한 것으로 나타났으며, 가이드웨이 기술, 섹션전환 기술 및 부상 기술에서도 특허활동이 집중된 것으로 조사 되어 대부분의 주요 기술에서 특허활동을 활발히 하고 있는 것으로 분석되었다. 일본은 섹션전환 기술에 대해서 특허활동이 가장 많이 집중되고 있으며, 특히 기술별 특허활동 지수의 편차가 다른 나라에 비해 가장 적게 나타나 초고속 자기부상철도 기술 전반에 대해서 특허활동이 고르게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 독일의 경우 가이드웨이 기술에서 특허활동이 다른 나라에 비해 가장 많이 집중되고 있으며, 그 외에 초고속 자기부상철도의 핵심 기술인 위치검지기술, 안내기술 및 대차기술 등에서도 활동지수가 1이상으로 활발한 활동이 이루어지고 있음이 확인되었다. 중국의 경우 타기술 대비해서, 위치검지기술과 대차기술에 특허활동이 상대적으로 집중되고 있고, 전반적인 활동지수는 낮은 것으로 분석되었다. 한국은 부상과 대차기술에 대해서 상대적으로 특허활동이 활발하나, 가이드웨이 기술, LSM 설계 및 제작 기술 및 섹션전환 기술 등에서 특허활동이 미흡하여 향후 기술개발의 집중이 필요한 분야로 파악되었다.

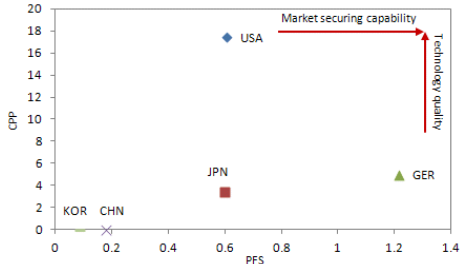


[Fig. 4] Patent activity index for each country

### 3.3 국가별 기술 경쟁력 분석

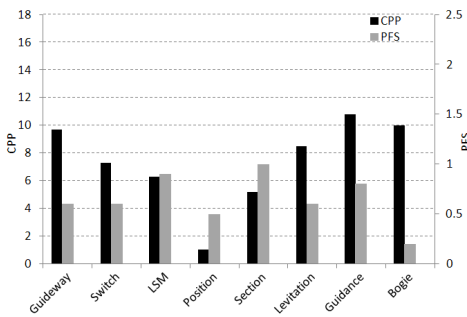
국가별 특허의 기술 경쟁력을 분석하기 위하여 출원 특허에 대한 인용도 지수(CPP)와 시장확보 지수(PFS)를 이용하였다. 특허의 인용도 지수가 높을수록 기술보유수준이 높고, 시장확보 지수가 높을수록 관련기술에 대한 시장확보력이 큼을 나타낸다. 우선 나라별로 기술경쟁력을 조사한 결과 [Fig. 5]와 같이 초고속 자기부상철도 기술에 대해서 기술수준이 가장 높은 나라는 미국이고, 시장확보력이 가장 큰 나라는 독일로 분석되었다. 미국의 시장확보력은 일본과 비슷한 수준으로 상대적으로 독일보다 낮으며, 독일이 보유한 기술수준은 일본과 비슷하게

분석되었다. 중국과 한국의 경우 특허의 질적수준이나 시장확보력 측면에서 선진국에 비해 미흡한 것으로 확인되었다.

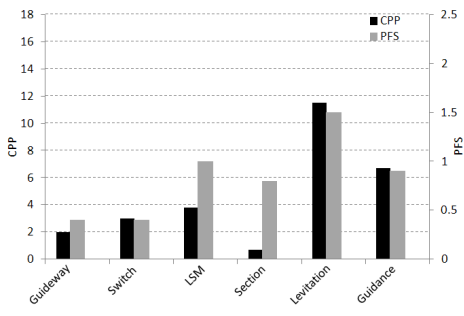


[Fig. 5] Technology competitiveness for each country

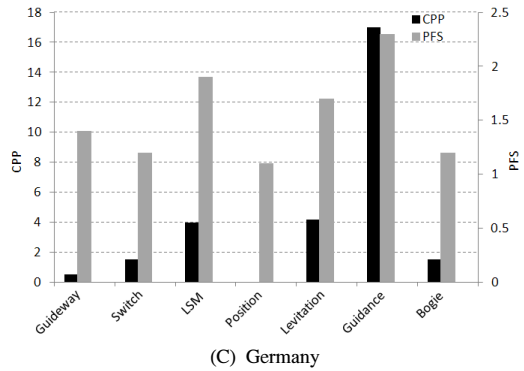
주요 중분류 기술별로 세분화하여 주요 국가별 인용도 지수 및 시장확보 지수를 분석하여 [Fig. 6]에 나타내었다. 미국의 경우 초고속 자기부상철도에 필요한 핵심기술들에 대해서 전반적으로 인용도 지수가 높게 조사되어 경쟁력이 우수하고, 독일은 대부분의 분야에서 시장확보력이 높은 것으로 확인되었다. 일본의 경우 부상 기술에 대해서 기술경쟁력과 시장확보력이 모두 높은 것으로 나타나며, 독일의 경우 안내 기술에서 특허의 경쟁력이 높은 것으로 조사되었다. 위치검지 기술의 경우 3개국 모두 인용도 지수가 1이하로 나타나 다른 기술에 비해 상대적으로 진입 장벽이 낮은 분야로 파악되었다.



(a) USA



(b) Japan



(C) Germany

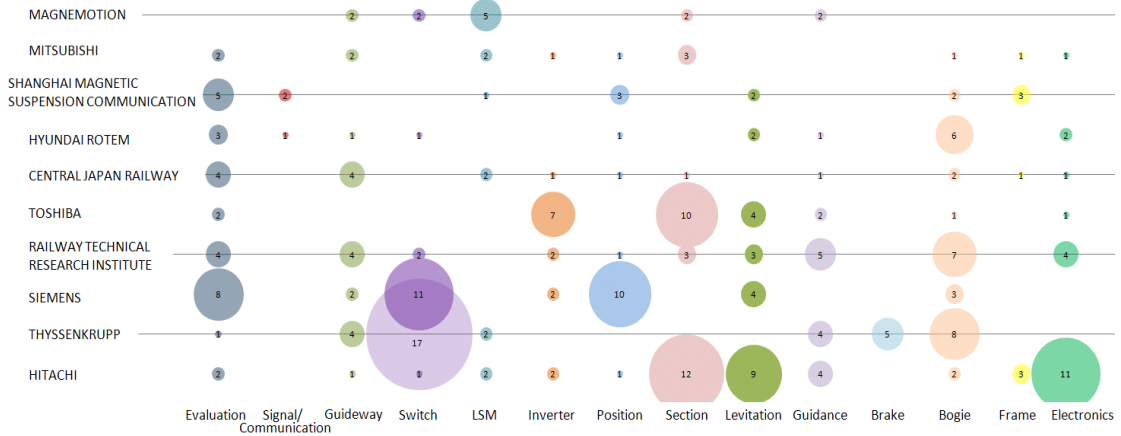
[Fig. 6] Detailed technology competitiveness for each country

### 3.4 주요 특허 출원인 분석

초고속 자기부상철도와 관련된 특허를 많이 출원한 상위 10개 기관에 대한 기술별 특허 건수를 [Fig. 7]에 나타내었다. 상위 10개 기관 중 일본기업이 5개로 가장 많으며, 독일기업이 2개, 그리고 미국, 한국, 중국 기업이 각각 1개로 조사되었다. 가장 많은 특허를 출원한 기업은 일본의 Hitachi로서 섹션전환기술, 부상기술 및 차량전장품기술에 관련된 특허를 주로 출원하였다. 독일의 Thyssenkrupp은 분기기기술 및 대차기술에 대한 특허 출원이 많은데 특히 대차기술에 대해서는 2005년 이후에 피인용 지수가 높은 경쟁력 있는 특허를 다수 출원하고 있는 것으로 조사되었다. 독일의 Siemens의 경우 성능평가, 분기기, 위치검지기술에 대한 특허를 많이 출원하였는데, 특히 위치검지기술에 대해서 경쟁력이 높은 특허를 비교적 최근인 2007년 이후에 다수 출원하였다. 한국기업으로는 Hyundai Rotem이 성능평가 기술과 대차기술에 대한 특허가 상대적으로 다른 기술에 비해 많았으며, 중국 기업인 SMSC의 경우 성능 평가에 대한 특허 출원이 다수를 차지하였다. 미국기업으로 Magnemotion은 LSM 설계 분야에 많은 특허 출원을 하고 있는 것으로 확인되었다.

### 3.5 최근 출원 특허 분석

초고속 자기부상철도 관련된 특허가 다시 증가하기 시작하는 2000년 이후에 출원된 특허의 출원국과 질적수준을 살펴봄으로써 최근의 선진국 기술개발 경향을 파악하고자 하였다. 조사결과, 2000년 이후에 출원된 특허의 비중은 독일이 46%로 가장 많고, 미국과 일본이 각각 42%, 12%로 나타나 독일의 활동이 가장 활발한 것으로 확인되었다. 주요 출원국인 독일과 미국에 대해서 기술별로 출원 건수와 피인용 건수를 분석한 결과가 [Fig. 8]에 나



[Fig. 7] Patent portion for major companies

타나 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 독일은 분기기, 위치검지 및 대차기술에서 미국보다 양적, 질적으로 모두 우수한 것으로 나타났으며, 미국은 LSM, 섹션전환 및 부상기술에서 독일보다 앞서는 것으로 분석되었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 초고속 자기부상철도 관련 특허를 분석함으로써 국내 기술 개발 방향을 설정하는데 참고하고자 하였다. 주요 분석결과는 다음과 같다.

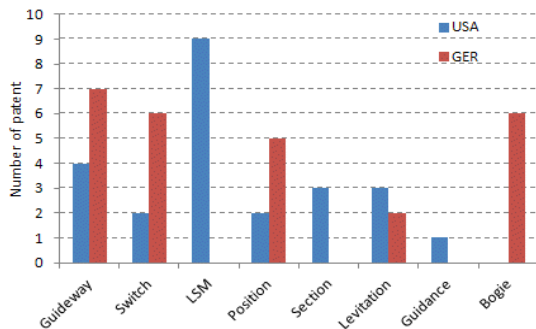
첫째, 관련 특허는 1990년대 초반 이후 일시적으로 감소하였다가 2000년대에 들어와 다시 급격히 증가하고 있는데, 이는 철도의 증속요구에 대한 가장 현실적인 대안으로서 초고속 자기부상철도의 중요성을 반영한 결과로 볼 수 있다.

둘째, 기술의 질적 수준과 경쟁력을 종합적으로 분석한 결과, 초고속 자기부상철도 기술이 가장 우수한 나라는 독일로 분석되었다.

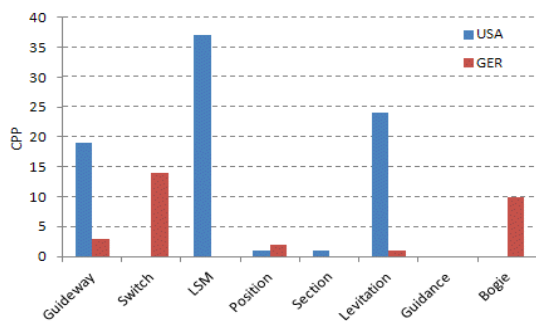
셋째, LSM 설계기술, 부상기술 및 안내 기술은 선진국이 중점적으로 개발해 왔으며 기술수준도 높아 기술 진입이 쉽지 않은 분야로 판단된다. 따라서 본 기술들에 대해서는 핵심기술개발 보다는 국내의 환경에 특화된 기술 또는 가격 경쟁력을 높이는 방향으로 기술 개발의 초점을 맞출 필요가 있다.

넷째, 위치검지 기술과 섹션전환 기술은 타 기술에 비해 상대적으로 기술 공백이 크고, 선진국의 기술 장벽도 높지 않은 것으로 분석되어 국내에서 중점적으로 육성한다면 선진국 대비 기술 우위를 선점할 수 있는 분야로 파악되었다.

다섯째, 가이드웨이 기술의 경우 선진국의 기술 점유 및 수준 정도가 높아 진입이 쉽지 않으나, 시스템의 성능을 좌우하고 막대한 건설 비용의 대부분을 차지하는 기술이므로, 국내 환경에 맞고 저비용으로 가이드웨이를 건설할 수 있는 독자적인 기술 개발이 반드시 필요한 것으로 사료된다.



(a) Number of patent



(b) Cites per patent

[Fig. 8] Recent technology competitiveness of major country



마지막으로 주요 기술에 대한 최근의 발전 방향을 살펴보면, 가이드웨이의 경우 정밀도를 유지하면서도 시공성을 좋게 하도록 철제 타입, 하이브리드 타입, 콘크리트 타입 순으로 변화하고 있다. 차량의 경우 추진, 부상, 안내 기능이 통합된 마그넷 시스템이 일본 MLX의 최신 차량에 장착된 바 있다. 위치 감지 시스템의 경우 내환경성과 성능은 유지하면서도 최소의 비용으로 설치가 가능하도록, 엔코더 타입, 전자 코일 타입, 코어 인식 타입 순으로 변화하고 있다.

향후 관련 기술개발 동향의 지속적인 조사 및 분석을 통하여 보다 효과적이고 전략적인 국내 기술 개발 방향을 수립하는데 활용하는 것이 필요하다.

## References

- [1] S. Yamamura, "Magnetic levitation technology of tracked vehicles present status and prospects", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol.12, No.6, pp.874-878, 1976.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TMAG.1976.1059125>
- [2] P. Sinha, "Design of a magnetically levitated vehicle", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol.20, No.5, pp.1672-1677, 1984.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TMAG.1984.1063552>
- [3] D. Rogg, "General survey of the possible applications and development tendencies of magnetic levitation technology", *IEEE Trans. on Magnetics*, vol.20, No.5, pp.1696-1701, 1984.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TMAG.1984.1063347>
- [4] A. R. Eastham, W.F. Hayes. "Maglev systems development status", *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol.3, No.1, pp.21-30, 1988.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/62.843>
- [5] W. Doris, B. Viola, "Further development programme for the TRANSRAPID of the Federal Ministry of Transport, Building and Housing", *Maglev 2004*, vol.I, pp.23-31, 2004.
- [6] S. Miyamoto, Y. Osada, Y. Katsumi, F. Tsutomu, "The Status of the running tests of JR-Maglev", *Maglev 2004*, vol.I, pp.60-64, 2004.
- [7] The final stage of test line extension construction, <http://www.sannichi.co.jp/linear/news/2013/02/15/16.html>, 2013.2.15
- [8] Y. Okubo, "Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples", *OECD working papers, Organización de Cooperación y*

*Desarrollo Económicos*, Vol.41, 1997.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/208277770603>

- [9] H. Grupp, "The measurement of technical performance of innovations by technometrics and its impact on established technology indicators", *Research Policy*, vol.23, pp.175-193, 1994.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)90052-3](http://dx.doi.org/10.1016/0048-7333(94)90052-3)
- [10] F. Narin, "Measuring Strategic Competence", Tech-Line Background Paper, *Imperial College Press Technology Management Series*, 1999.
- [11] M. Trajtenberg, R. Henderson, A. B. Jaffe, "University versus Corporate Patents : A Window on the Basicness of Invention", *Economics of Innovation and New Technology*, vol.5, pp.19-50, 1977.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10438599700000006>

## 이진호(Jin-Ho Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 한국과학기술원 기계공학과 (공학학사)
- 2000년 2월 : 광주과학기술원 전기공학과 (공학석사)
- 2005년 12월 : University of Florida 기계공학과 (공학박사)
- 2006년 4월 ~ 2009년 12월 : 삼성코닝정밀소재 책임연구원
- 2010년 1월 ~ 2011년 12월 : 국방기술품질원 선임연구원
- 2012년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

기계제어, 열차시스템

## 한영재(Young-Jae Han)

[정회원]



- 1994년 2월 : 홍익대학교 전기제어공학과 (공학학사)
- 1996년 2월 : 홍익대학교 전기제어공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 홍익대학교 전기정보제어공학과 (공학박사)
- 2013년 2월 : 성균관대학교 경영학부 (경영학학사)
- 1995년 12월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 책임연구원

<관심분야>

추진제어시스템, 전기철도

**조 정 민**(Jeong-Min Jo)

[정회원]



- 1999년 2월 : 명지대학교 전기공학  
학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 명지대학교 전기공학  
학과 (공학박사)
- 2007년 9월 ~ 2009년 3월 : 현대  
대로템 선임연구원
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한국철도  
기술연구원 선임연구원

<관심분야>

전력변환시스템, 철도차량시스템

---

**이 창 영**(Chang-Young Lee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 부산대학교 전기공학  
학과 (공학학사)
- 1995년 2월 : 부산대학교 전기공학  
학과 (공학석사)
- 2012년 2월 : 연세대학교 전기전  
자공학과 (공학박사)
- 1994년 12월 ~ 2005년 12월 : LS  
(前LG)전선 전력연구소 선임연구원
- 2006년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

초전도기기, 열차추진시스템, 철도차량정밀진단