

자기부상열차의 추진시스템 개발동향

장 석 명
충남 대학교 공과대학 전기공학과

The recent trends of the propulsion system for Maglev

Jang, Seok Myeong

Chungnam National University,
Department of Electrical Engineering

Abstract

This paper treats of the recent trends in the development of the Magnetically levitated vehicle(Maglev) and the propulsion system of the Maglev in the world. Consequently, The material data for the guide post in the research and formulation of development policy are presented.

1. 서론

磁氣浮上列車는 特有의 여러利點에 의해 일본, 독일, 프랑스, 캐나다, 미국 등에서 개발에 國家的인 심혈을 쏟고 있다. 그러나 우수한 利點에 비해 지금까지 實用化가 늦어진 것은 大規模의 投資가 集中的으로 이루어지지 않았고, 선진국에서는 철도, 고속도로, 항공망등의 大衆交通수단이 매우 발달하였으며, 또한 개발에 참여한 주체가 대부분 항공사였기 때문에 아직은 그 필요성이 멀하여 實用化를 앞당기지 않기 때문으로 판단된다. 현재는 세계 各國이 次世代의 新交通시스템으로서 자기부상열차의 필요성을 충분히 인식하고 개발에 競爭的으로 奮鬥을 올리고 있는 중이다.

1980년대까지 자기부상열차의 개발은 독일, 일본, 영국, 캐나다 등에서 주도 해 왔다. 그러나 최근 1990년대에 들어서는 각국의 개발정도가, 2000년정도까지는 실용화단계로 돌입 되도록 목표를 세워 국가적인 지원하에 빠른 속도로 개발되고 있다. 즉 독일은 실용화선으로 길이 253km의 함부르크-베르린등 4개 노선을 검토하여 결정 후 1995년부터는 착공 할 예정이고, 일본은 42.8km의 야마나시시험선로를 1991년부터 공사하여 1997년 시험완료, 1998년부터 도쿄-나고야-오사카를 잇는 Linear Express라는 상용화선로를 착공하기로 계획하는 등 구체적 실용화가 추진하고 있다. 한편 미국은 육군공병단(USACE), 운수성(DOT), 에너지성(DOE)등의 기술진이 국가자기부상개발 추진체인 NMI를 구성하고, 민간기업을 대거 참여시킨 정부 자기부상열차시스템선정하는 프로젝트(GMSA)를 1992년도에 시작하여

1994년에 종료 한 후 1995년부터 다시 5년간 실용화를 위한 5800억원정도의 대규모 프로젝트를, 강력한 연방지원을 바탕으로 하여 의욕적인 개발이 이미 진행되고 있으며, 한국, 이탈리아, 중국, 러시아등도 국가주도의 지원에 의한 적극참여로 그 개발추이가 어느분야보다도 급격하게 변화하고 있는 단계이다.

세계적인 현황을 요약하면, 미국의 막강한 人的, 物的, 技術的 대공세에 의한 맹추격을 先發圖인 독일, 일본은 선로의 확정 및 건설등 실용화에의 본격 진입으로 벗어나고자 하고, 미국등은 국가의 강력한 지원아래 역전을 위한 맹추격에 혼신의 노력을 다하고 있는 상태라고 할 수 있다. 이렇게 주요 국가들이 自國의 自覺心을 견고 경쟁적으로 개발을 추진하므로써 실용화는 예상보다 빠른 시일로 당겨질 수도 있는 급박한 상황에 와 있다. 항상 최신의 관련자료들을 수집하여 주요 국가별로의 지원 및 개발현황, 실용화 계획의 推移의 면밀한 분석을 중요한 指標로 삼아 우리의 현실을 비추보아야 만 개발방향의 바른 제시와 정책의 확립이 가능하게 되며, 세계의 급격한 발전의 흐름에서 우리나라가 쳐지지 않고 先導할 수 있을 것이다.

그런데 자기부상열차의 핵심기술은 추진, 부상, 제어기술로 요약된다. 推進시스템으로는 기어나 크레인 등의 機械的 變換裝置가 없이도 直接 直線推進이 가능하여 속도의 제한이나 운전이 용이한 리니어모우터로 구동되는 것이 필수적이다. 그런데 자기부상열차 推進용 리니어모우터로는 일반적으로 勵磁型, 同期型 등이 응용되는 데, 최근에는 가공 및 제어기술의 발전, 차량의 경량화등을 위하여 추진/부상력을 동시에 발생하는 복합형 리니어모우터가 개발되는 등 그 종류도 매우 다양화 되어 가는 추세이다. 그 종류에 따라 차량의 운전성능이 크게 달라 지므로 세밀히 분석하여 효율적인 종류를 선정해야 만 한다. 종류에 따른 성능의 장단점을 비교검토하고, 주요 개발국가의 개발동향을 넓게 분석하여 우리의 연구개발방향에 도움이 되고자 한다.

표(1) 유도형 리니어모우터(LIM)의 자기부상열차 推進시스템에의 응용현황

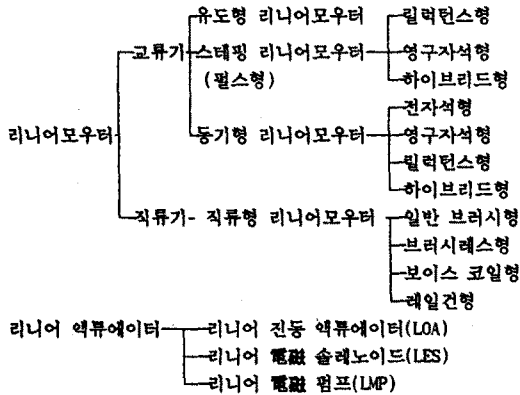
시스템 형식		프로젝트 사항		
추진장치	부상/지지방식	설치위치	참고사항	
LIM (誘導型)	短1차, short primary	鐵바퀴/레일	밴쿠버(캐나다): ALRT, 토론토, 디트로이트(DPW)	바퀴/레일식 도시형 경열차 (최고 86km/h)
		電磁력 (흡인식)	버밍햄(영국)	(1984년 이래 운행중) 600m 트랙, 8ton, 2차스텐션 없음, 무인자동화운전, 54km/h.)
		전자력 (흡인식)	HSST 01-05 프쿠바, 밴쿠버(JAL)	전시운영 공기스프링 2차지지, 운행 30km/h, 300km/h(설계). 1.6km시행트랙 100km/시간은 운수성 의 상업화승인
		전자력 (흡인식)	대전, 안양, 창원 서울	국책사업단 100m 1km선로예정 역스포전사:560m트랙 .현대정공 대우 100m트랙 40인승 한양대
Motor 반발력		Landspeed, 임페리얼 대학 (영국)	모델트랙 Motor수직력중 반발력이용	

2. 자기부상열차의 추진시스템과 리니어모우터

자기부상열차의 핵심은 크게 추진, 부상, 제기기술로 나누어진다. 推進시스템으로는 기어나 크레인 등의 機械的 變換裝置가 없이도 直接 直線推進이 가능한 리니어모우터가 필수적으로 응용된다. 또한 리니어모우터로는 일반적으로 誘導型과 同期型 등이 응용되고 있는데 그 종류에 따라 구조, 성능등의 특성이 매우 다르다. 아래에서 종류, 성능, 특징, 응용현황 및 추이 등에 관하여 아래와 같이 항목별로 검토하기로 한다.

2.1 리니어모우터의 종류와 응용

리니어모우터는 회전형의 경우와 같이 교류기와 직류기로 대별되며 직류형은 리니어직류모우터(LLM)로, 교류기는 다시 유도형(LIM), 동기형(LSM)으로 크게 나뉘어진다. 또 이들 각각은 1차속과 2차속의 형태에 따라 다시 세분되어 지는데 이를 표로 나타내면 그림(1)과 같다. 또한 그림(2)에는 유도형과 동기형 리니어모우터의 기본모델을 소개하였으며, 그림(3)은 지금까지 개발된 각종 동기형 리니어모우터의 모델을 소개하였다. 이들 리니어모우터는 종류에 따라 그 운전특성이 크게 달라지므로 응용목적과 방법에 따라 가장 적당한 종류를 선택해야만 한다.



그림(1) 리니어모우터의 종류

2.2 세계 각국의 자기부상열차의 개발현황과 추진시스템

(1) 추진시스템의 종류별 응용추이를 고려한 각국의 자기부상열차 개발현황

세계 각 국에서 개발되고 있는 자기부상열차의 현황을 추진시스템인 리니어모우터의 종류를 유도형과 동기형으로, 부상시스템인 전자석을 초전도와 상전도시스템으로 구분하여 아래와 같이 표로 요약하였다.

(2) 개발연혁으로부터의 자기부상열차 추진시스템응용추이

선두개발국인 독일에서의 개발연혁과 추진시스템의 응용과정은 아래와 같다. 현재 독일과 일본은 자기부상열차개발에서 실용화단계에 도달한 정도로, 가장 선두의 know-how와 실제의 개발실적을 확보하고 있는 나라들이다. 개발연혁을 살펴 두나라의 共通點을 조사해보면 초기에는 유도형 LIM으로 시작하였다가 70년대 중반 이후 동기형인 LSM 추진시스템으로 바뀌어졌다는 점이다. 즉 獨逸은 초기에는 유도형인 LIM으로 시작하였으나 Transrapid-05 부터는 LSM으로 추진력/부상력을 一體에서 同時에 발생시키는 시스템으로, 日本은 초전도 반발식부상, LSM, 흡인식부상, LIM으로 2원화하여 개발하고 있다. 이것은 고속 주행시 전력을 차량에 공급하는 集電문제와, 전력변환기를 차량에 탑재하지 않음으로써 경량화를 실현하고자 하는 노력등을 종합적으로 고려하여 시도한 것이다. 그런데 상전도흡인식 유도형 리니어모우터(LIM)를 추진시스템으로 하는 日本의 HSST시스템은, 우리나라가 기본모델과 같으며, 本來는 獨逸의 初期자기부상기술을 導入하여 계속 발전시킨 것으로 오사카, 밴쿠버등에서의 EXPO에서 전시운행을 거쳐서 저속/중속/고속용으로의 실용화 개발을 위하여 나고야에 1.6km의 시험트랙을 설치하고 있는 중이다. 일본운수성의 교통안전연구원의 각종 시험평가를 끝내고 상용화 대중교통수단으로 공인을 얻어 놓은 상태이다.

표 (2) 동기형 리니어모우터(LSM)의 자기부상열차 推進시스템에서의 응용개발 현황비교표

시스템 명칭		프로젝트의 참고사항		
추진장치	부상/지지방식	설치위치	참고사항	
LSM (同期형)	long stator	Motor의 흡인력	영스란드, 독일 (Transrapid)	35.5 km 트랙, 2차시스템선, 435km/h 실용선 전로선정간격 : 남부르크-베르린(253km) 유역, 1995년공사시작 (10분간격, 4량편성, 332명 400km/h, 53분소요)
		흡인력 (영구자석, 바퀴)	Braunschweig, 베르린(H-bahn) 독일	시험트랙: Braunschweig 운영시스템: 베르린
		초전도, 반발식	일본, 미야자키 아마나시, MLJ001, MLJ002, MLJ002M	시험트랙 2개, T형/시형 517 km/h당성 42.8km 아마나시트랙을 1997년까지 완공 1998년부터 도쿄-나고야 -오사카(Linear Express)프로젝트
		초전도, 반발식	미국: 4개시스템 버펄, Fort-Miller, Magne Plane시스템, Gruman항공사시스템	1992년부터 개시(기념설 계에 약 65억원투입) (NMI: National Maglev Initiative)에서 주관, 1994년종료후, 1995년 부터 5년간 실용화 프로젝트(5800억원투입)
	초전도, 흡인식 (초전도자석+상전도 전자석을 병용)			
	초전도, 반발식 초전도and/or-상전도	캐나다(NRC) 이탈리아 (Finalizzato Transporti 2)PFT2 프로젝트(1992년 중반시작, 5년간)	토론토-몬트리올 설계속도 480km/h CNR(National Research Council)주관, 초전도/상전도식 (Padova, Bologna, Palermo Milan대학등을, 전기과)	
표1차	Motor의 흡인력 (인덕터 형)	Timorisa, 루마니아 (Magnibus)	150m 시험트랙 Hoopolar형 LSM	
표1차	Motor의 흡인력	미국(보잉, Romag, SRI) 영국(Sussex, Bath, Manchester대학등) 캐나다(Queen's, Toronto대학, CIGOT) 독일, 일본등	스케일모델, 실차모델 시험장치, Hoopolar/ Heteropolar/Reluctance 형 LSM	

* 참고: 러시아, 중국에서도 개발이 이루어지고 있으나 표에서는 제외시켰으므로 알
에서 설명한 각국 별 개발현황을 참고 할 것

표(3) 독일의 자기부상열차 기술개발현역과 시스템

년도	명칭	지지방식	추진방식	속도(km/h)	총중량(ton)	선로길이km	편성(대)
1970	TR 01	EMS	LIM			시험용 모델	
1971	NEB	EMS	LIM	90	5.8	0.66	1
1972	TR 02	EMS	LIM	164	11.3		1
1972	TR 03	Air Spring	LIM	140	10.0		1
1974	TR 04	EMS	LIM	253.2	20.0	2.4	1
1974	NEB 2	EMS	LSM	36.0	2.5	0.1	1
1974	EET 01	EDS	LIM	140	17.0		1
1975	LSV301	EMS	LSM	20.0	2.2		1
1976	KOMET	EMS	로켓트	401.3	8.8	1.3	1
1977	EET02	고부플	LSM	230.0	14.0		1
1977	TR 04	EMS	LIM	253.2	20.0	2.3	1
1979	TR 05	EMS	LSM	90.0	36.0	0.9	2
1982	TR 06	EMS	LSM	400.0	122.0	31.5	2
1988	TR 06	EMS	LSM	412.6	122.0	31.5	2
1988	TR 07	EMS	LSM	400	80.0	31.5	2

(3) 추진시스템의 개발주이

세계적인 개발상황을 요약한 표를 기본으로하여 각국시스템의 추진시스템 應用推移를 검토할 수있다. 그 결과 기술의 단순성, 신뢰성, 유지보수성등에서 SLIM이 매우 적합한 추진시스템 이기는 하지만, 近年에는 독일, 일본등에서 동기형인 LSM을 추진시스템에 주로 채용하고있는 경향이 증가하는 것을 볼 수있다. 더구나 최근에는 미국등에서 LSM이나 LSM과 같이 推進/浮上을 一體 시스템에서 동시에 시행하는 모델을 개발하고자 노력하고 있는 추세도 점차 증가하고 있음을 알 수있다. 이것은 부상시스템과 추진시스템을 각각의 장치에 의하여 실시하는 並列의 방식에서 더욱 발전된 방식으로 一體에 의해 부상/추진이 同時에 가능하도록하는 시스템이다. 이방식은 시스템의 경량화 및 부속장치등의 단순화등에서 매우 효과적인데, 오늘날의 가공, 제어등 제반기반기술의 발전으로 이러한 모델의 설계, 제작, 제어가 가능해졌기 때문이다.

3. 결론

세계의 주요 국가들이 新交通시스템으로서의 자기부상열차의 필요성을 충분히 인식하고 개발에 奮發치를 올리고 있는 중이다. 즉 自國의 自信心을 걸고 경쟁적으로 개발을 추진하므로써 실용화는 예상보다 빠른 시일로 당겨질 수 밖에 없는 급박한 상황에 와 있다. 항상 최신의 관련자료들을 수집하여 주요 국가별로의 최근 발표되는 관련자료들을 근거로 주요 국가별로의 지원 및 개발현황, 실용화 계획의 推移의 면밀한 분석을 중요한 指標로 삼아 우리의 현실을 비추어야만 만 개발방향의 바른제시와 정책의 확립이 가능하게 되며, 세계의 급격한 발전의 흐름에서 우리나라가 쳐지지 않고 先導할 수 있을 것이다. 이러한 견지에서 자기부상열차의 개발현황과 추진시스템의 응용에 관한 세계적동향을 조사분석하여 제시하므로써 세계의 개발의 흐름을 이해하고 우리현실을 조망해 볼 수있는 참고자료가 되도록 하였다.

-4. 참고문헌

- 1). Ulrich Wieschok et al "High-Speed Magnetic Levitation Train Transrapid, Planning of the Development Program Until 1995 and Prospects of Utilization in the Federal Republic of Germany" 13th MAGLEV'93, pp.22-28, Chicago, U.S.A., 1993.5
- 2) Hans Georg Raschichler "Analysis of Prospective Transrapid Applications" 13th MAGLEV'93, pp.29-34, Chicago, U.S.A., 1993.5
- 3). E.Masada "Development of Maglev Transportation in Japan: Present state and future prospects" 13th MAGLEV'93, pp.1-6, Chicago, U.S.A., 1993.5
- 4). M.Fujino "Outline of HSST-100 System and line in Nagoya" 13th MAGLEV'93, pp.16-21, Chicago, U.S.A., 1993.5
- 5) James H.Lever "Technical Assesment of Maglev System Concepts" 13th MAGLEV'93, pp.283-289, Chicago, U.S.A., 1993.5