

경전철 산업 현황

The State of Light Railway Industry

최용훈* · 윤세균** · 김경택*** · 정경렬****

Yong-Hoon Choi, Se-Kyun Yoon, Kyung-Taek Kim and Kyung-Ryul Chung

Key Words : Light Railway(경전철), Monorail(모노레일), Guideway(궤도), Urban Transportation(도시교통수단), Automatic Guided Transit(무인자동 대중교통수단), Linear Induction Motor(선형 유도 모터)

ABSTRACT

Light railway system has many characteristics of better accessibility, frequency service, low construction cost, reduced air pollution and medium-capacity public transport etc. Light railway system as a urban transportation system has been growing worldwide since the late 20th century. More than 300 cities around the world have light railway systems. Many medium-size cities in domestic site is planning the construction of light railway. This paper reviews the domestic and foreign light railway system.

1. 서 론

철도는 그간 국가의 중추적 교통수단으로서 경제발전에 큰 기여를 하였으며, 철도 고유의 특성인 정시성, 대량수송성, 안정성, 환경친화성 등의 장점 때문에 21세기에 가장 큰 역할을 할 교통수단으로 부각되어 새로운 르네상스 시대가 열리고 있다.

경전철은 처음 소개될 당시만 해도 전체적인 기술 및 서비스의 낙후, 자동차 및 일반대중교통수단에 밀려 크게 각광을 받지 못하였지만 최근 들어 환경친화성, 정시성 등의 일반적인 철도의 장점에 기술발전에 의한 건설비용 절감, 통제 시스템의 자동화가 더해지면서 도시간 또는 도시내의 대중교통수단으로 새롭게 인식되고 있다. 세계적으로 1960년대부터 경전철은 대중교통수단의 하나로서 주목받기 시작했으며 1980년대 이후 전기공급·신호체계·선로 등에 대한 전자·컴퓨터 기술의 급격한 발전에 힘입어 본격적으로 실용화되기 시작하였다. 이미 미국, 유럽, 일본의 주요 선진국들과 싱가포르나 말레이시아 등의 후발국에서 새로운 도시교통 시스템으로서 경전철이 활발히 도입되고 있다. 반면 우리나라는 관

련 계획수립이나 실행이 초기단계이다. 그러나 1996년 경부 고속전철도입사업을 통해서 철도산업 발전의 전환점이 마련되었고, 21세기에는 철도가 간선교통 및 도시교통의 중추수단으로 자리매김할 것으로 전망되는 가운데 국내에서도 여러 지자체들을 중심으로 환경, 교통혼잡 및 기존 지하철의 과중한 건설비 부담 등의 문제해결을 위한 대안으로 경전철을 주목하고 있다. 현재 세계 여러 나라에서는 시스템 제작 사별로 각기 서로 다른 독특한 차량특성과 시스템 특성을 가진 다양한 첨단 경전철들이 제작되고 있고 노선의 환경, 문화, 정책적인 특성에 따라 달리 운행되고 있다. 현재의 도시교통 문제점의 해결과 미래의 새로운 도시교통문화의 창출을 위해서 경전철에 대한 인식과 도입 방안에 대한 검토가 시급한 시점이다.

2. 경전철의 개념

경전철은 대량수송 및 정시성 등의 기존 대중교통수단을 만족하면서 복수의 차량으로 편성된 열차가 한 방향을 기준으로 시간당 5000~30,000명까지 수송하고, 무인운전이 가능한 교통시스템으로 차량크기나 수송인원이 기존의 지하철(정확한 표현은 중량전철)보다는 작으나 버스보다는 큰, 새로운 개념의 도시철도라 할 수 있다. 도시에서 일반적으로 지하철과 연계하여 보조수단으로 사용되고 있으며 연장길이가 10~20 km 내외인 도시간 노선을 통상적으로 경전철로 계획하고 있다. 경전철은 배기가스를 배출하지 않고 육상교통수단보다 안전하고 편안하며 일반 교통수단과 분리되어 운행

* 한국생산기술연구원, 운동메카니즘연구팀 연구원

** 한국생산기술연구원, 운동메카니즘연구팀 연구원

*** 한국생산기술연구원, 메디컬헬스팀 선임연구원

**** 한국생산기술연구원, 운동메카니즘연구팀 수석연구원

E-mail : Chungkr@kitech.re.kr

Tel : (041)580-8253, Fax : (041)580-8230

되기 때문에 건설과 운영, 수송효율, 환경, 승객서비스 측면에서 아주 효율적인 교통수단이다. 그림1은 경전철이 인구가 20만~60만 사이의 중소도시에서 적합한 교통수단임을 보여 주고 있다.

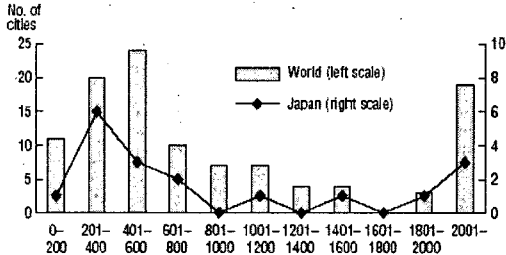


그림 1. 인구별 노면전차 운행 도시 현황¹⁾ (단위: 천명)

3. 경전철의 유형

현재 세계적으로 운행되고 있는 경전철은 시스템 제작사별로 상이한 특성을 가지고 있기 때문에 체계적인 분류가 어려운 상태이다. 경전철은 분류방법에 따라 다소 차이가 있지만 차량의 동작원리 및 운행방법에 따라 크게 노면전차(Street Car), 무인자동 대중교통수단 (AGT: Automatic Guided Transit, APM: Automated People Mover), 모노레일(Monorail), 케도승용차(PRT: Personal Rapid Transit), 자기부상열차(Magnetic Levitation Train), 선형유도모터 열차(LIM: Linear Induction Motor) 등으로 유형화 될 수 있다.

3.1 노면전차

노면전차는 19세기 말 도로교통 근대화의 한 방편으로 미국에서 처음으로 실용화되었다.

1920년대 이후에는 기동성이 우수한 버스의 보급으로 쇠퇴하여, 미국에서는 대부분의 도시에서 노면전차가 일소되었으나, 독일을 중심으로 한 유럽 대륙의 여러 나라는 전차의 고성능화와 더불어 궤도의 전용 노선화 및 지하터널화하여 버스를 능가하는 수송능력을 갖춘 도시가 많다. 수송수요가 많지 않은 중·소도시의 교통 효율증대를 위해 도입이 가능하고 도시 중심부 도로가 협소하고 주차 공간이 부족한 유럽 대부분의 도시에서 준고속 대중교통수단으로서 많은 비중을 차지하고 있다.

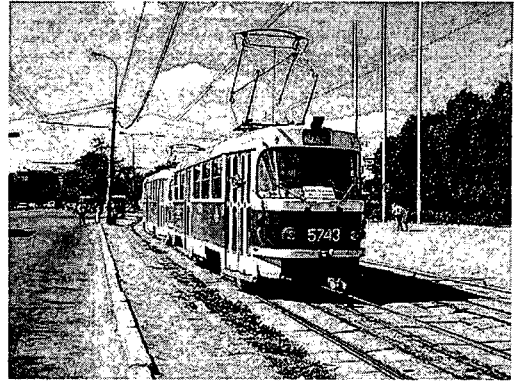


그림 2. 노면전차

3.2 무인자동 대중교통수단

경전철의 대표적인 유형인 무인자동대중교통수단은 고가의 전용궤도에서 컴퓨터에 의한 무인운전이 가능한 시스템이다. 고무차륜형과 철제차륜형 2가지 형태로 구분되며 고무차륜형은 소형경량의 고무타이어를 부착한 시스템을 말한다. 노선의 구성은 일반적으로 매우 단순하여 두 개의 양끝 터미널과 이를 잇는 단선인 경우가 많다. 우리나라의 경우도 AGT 시스템을 표준사양으로 권고하고 있으며 경전철 도입을 계획하고 있는 대부분의 사업에서 고무차륜 AGT 시스템의 도입을 추진하고 있다.

3.3 모노레일

모노레일은 보통의 철도가 2개의 철제레일(궤도)을 이용하여 차량이 달리는 데 비해, 하나의 주행궤도를 사용하여 차량을 주행시키는 철도. 단궤철도(單軌鐵道)라고도 하며 교좌식(跨座式)·현수식(懸垂式)이 있다.

모노레일은 주로 고가구조를 가지며 점용 면적도 비교적 작으므로 한정된 도시 공간을 효율적으로 이용할 수 있는 이점이 있다. 또한 고무타이어를 사용하므로 소음도 적을 뿐더러 고속주행도 가능하며, 차대 구조가 급곡선에서도 주행 가능하게 되어 있어 노선 선정이 자유롭다. 물론 소방 활동의 문제에서 도로확장을 일부 수반하는 일도 있지만 건설비는 지하철에 비해 저렴하다. 수송력에서 보면 버스보다 훨씬 크지만 일조·도시미관 등의 문제로 고가역 승강장의 길이가 제한되며, 열차 편성 길이에도 한계가 있으므로 지하철이나 고가철도에 뒤떨어진다. 새로운 용지 확보가 어려운 도시지역에서 지하철 건설만큼 이용자가 많지 않고, 버스로서는 수송력이 부족한 경우의 교통기관으로 적합하다고 보고 있지만, 건설비가 비싸므로 개통 후 수지 균형이 어려울 것으로 예상되어 보급에 한계를 보이고 있는 실정이다.

1) Kiyohito Utsunomiya, 2004, "When will Japan Choose Light Rail Transit?", Japan Railway & Transport Review No. 38, pp. 12~13.

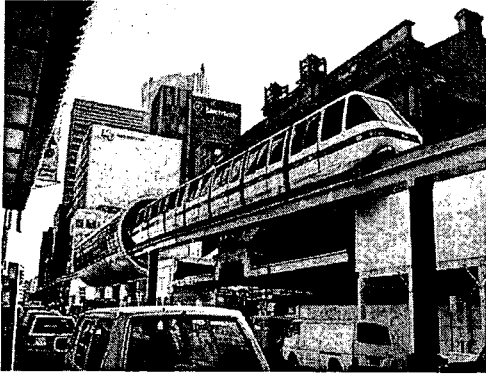


그림 3. 모노레일

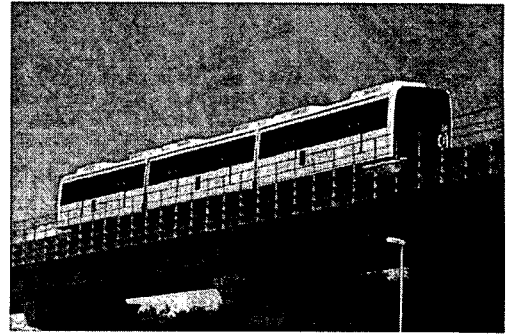


그림 4. 일본의 자기부상열차 Linimo

3.4 케도승용차

개인대중교통수단, 개인케도수송시스템, 케도택시, 스카이택시, 무인자동차 등으로 불리는 케도승용차(PRT)는 전용의 케도위를 목적지까지 무정차 주행하는 첨단 제어장치에 의한 무인운전 시스템이다. 모노레일의 발전된 형태로, 정해진 케도를 택시 크기의 무인(無人) 순환차량들이 시속 60km 속도로 계속 이동하고, 승객들은 곳곳에 설치된 승강장에서 타고 내린다. 완전무인운전으로 1~4인이 승차하여 환승/정차 없이 논스톱 운행하게 된다. 케도승용차는 1970년대부터 제안된 시스템으로서 아직 실용화되지는 않았고 미국과 영국 등에서 시범 운영되고 있다.

3.5 자기부상열차

자기부상열차는 자석의 힘으로 차량을 지지(부상)하고 가이드웨이 상에서 자기장에 의해서 일정한 갭(gap)을 유지하면서 선형전동기로 추진하는 새로운 형태의 교통수단이다. 자기부상열차는 자석의 인력(引力: 끌어당기는 힘)과 척력(斥力: 미는 힘)을 이용하는데 부상방식은 자석간의 인력을 이용한, 지지레일과 자석간의 인력으로 부상시키는 흡인식과 같은 극의 자석 간에 작용하는 반발력을 이용한 반발식으로 나눌 수 있다. 자기부상방식은 일반적인 의미의 바퀴가 존재하지 않으며, 견인모터가 차량 자체에 탑재되어 있지 않고 트랙에 설치되어 있다. 이러한 원리로 움직이는 도시형 자기부상열차는 레일과의 비접촉에 따른 우수한 주행특성과 저소음, 저공해성을 지닌 첨단 교통수단이라는 장점 때문에 지난 20여년 이상 독일, 일본, 영국 등을 중심으로 활발한 실용화 모델 개발이 진행되고 있으며, 현재 중국(독일의 Transrapid 도입)과 일본에 상업노선이 있다. 1990년대초부터 우리나라도 국책연구사업 등을 진행하여 핵심기술을 확보해 나가고 있다. 장기적인 안목으로 볼 때 자기부상식이 일반시스템에 비해 초기 건설비용이 비싸나 에너지 비용 및 운영비용을 비교해 볼 때 상대적으로 저렴하다는 것이 이 시스템의 주목할 만한 특징이다.

3.6 선형유도모터 열차

선형유도모터방식은 바퀴가 달린 선형 유도 전동기에 의해 추진되는 방식으로 자기부상열차의 원리에서 부상의 기능만 제외시킨 열차방식이다. 리니어모터는 평판모양의 전동기로서 차량하부를 낮출 수 있어 회전형 전동기를 장착한 차량에 비해 차량의 높이를 현저히 낮출 수 있다. 이를 통해 차량 단면을 줄일 수 있어 지하구간이나 터널구간이 긴 노선에서는 터널 단면을 적게 함으로서 토목공사비를 대폭 줄일 수 있는 장점이 있다. 일본의 오사카와 말레이시아의 쿠알라룸푸르 등에서 운행되고 있다.

4. 경전철 운행현황

4.1 해외 각국의 주요 경전철 운행현황

일본 동경이나 프랑스의 파리, 독일의 프랑크푸르트에선 이미 80년대부터 경전철을 기존 도시철도망과 조화시켜 건설·운영함으로써 도시철도의 교통분담이 적게는 66%부터 최대 89%까지 이르고 있다. 일본은 1960년대에 승용차 보유 붐(motorization)이 불면서 일부 중소도시를 제외한 대도시에서 전차는 급속히 쇠락하였다. 그러나 꾸준한 현대화로 인하여 1970년대부터 중요한 대중교통망으로 발전하였다. 일본에서는 AGT경전철이 활발히 도입되고 있으며 모노레일, LRT는 물론 최근의 자기부상열차에 이르기까지 탄탄한 기술력과 경제력을 바탕으로 경전철 노선을 확대해 나가고 있다. 영국은 1960년대부터 추진한 법제화의 결과 1973년 Tyneside 여객교통국이 서비스 중단된 지방철도를 이용하는 경전철시스템 건설계획을 제시하여 1984년에 1단계 개통을 보였고, 1982년 런던 동부 도크랜드지역 개발에 경전철을 건설하는 계획이 채택되어 1987년 1단계가 개통되었다. 그 밖에 여러 도시에서 새로운 경전철 사업을 추진하고 있다. 영국은 경전철이 전통적인 전차의 형태에서부터 첨단자동운영시스템에 이르기까지 시스템이 다양하다는 특성을 갖고

있다. 독일의 경우에는 전차의 재건과 재투자가 활발하게 이루어져 대규모관철전차가 개발되기도 하였다. 1980년대부터는 모노레일형태의 경전철개발에도 꾸준한 노력을 기울이고 있다. 이러한 기술적 노력과 더불어 티켓 계절 할인판매 도입, 정류장에서의 티켓 자동판매기 설치, 승객/승무원 비율의 개선 등의 서비스 개선으로 육상대중교통보다 경량전철이 경제적 우위에 서게 되었다. 그밖에도 세계 각국에서 환경 및 교통문제 해결, 지하철 건설비용 부담을 줄이기 위해 경전철 운영을 확대하고 있다.

표 1. 각국의 주요 노면전차 운행현황2)

국가	운행지역수	국가	운행지역수
Armenia	1	Norway	2
Azerbaijan	2	Germany	59
Australia	3	Czech Republic	7
Brazil	2	Serbia	1
Argentina	1	Slovakia	3
USA	19	Spain	3
Mexico	1	Sweden	3
Canada	2	Switzerland	5
Tunisia	1	Croatia	2
Egypt	4	The Notherland	3
Romania	15	Austria	5
Portugal	2	Italy	5
Poland	14	UK	6
Belgium	5	North Korea	2
Bulgaria	1	India	1
France	11	China	5
Finland	1	Turkey	2
Hungary	4	Japan	19

표 2. 아시아과 유럽 주요 모노레일 운행현황3)

대륙	국가	노선	개통년도
유럽	Germany	Wuppertal	1901
		Dortmund	1984
		Europa Park	1996
		Magdeburg	1999
		Düsseldorf	2002
	England	Alton Towers	1990
	Chester Zoo	1991	
Italy	Mirabilandia	1999	
Russia	Moscow	2005	
아시아	Korea	Lotte World	1986
		Taedok	1993
	China	Window on the World	1993
		Shenzhen	1998
Chongqing	2005		

2) Kiyohito Utsunomlya, 2004, "When will Japan Choose Light Rail Transit?", Japan Railway & Transport Review No. 38, pp. 12.

3) <http://www.monorails.org>의 자료를 기초로 재작성 되었음.

대륙	국가	노선	개통년도
아시아	Japan	Ueno Zoo, Tokyo	1957
		Inuyama	1962
		Tokyo-Haneda	1964
		Shonan	1970
		Kitakyushu	1985
		Chiba	1988
		Osaka	1990
		Tama	1997
		Tokyo Disneyland	2001
		Okinawa	2003
	Singapore	Jurong Birdpark	1991
	Sentosa	2006	
	Thailand	Bangkok	1994
	Malaysia	Sunway City	1999
Kuala Lumpur		2003	
Putrajaya		예정	
Indonesia	Jakarta	예정	

4.2 국내 경전철사업 주요 추진현황

최근 국내에서는 전국 6대 도시를 포함한 많은 지방자치단체들이 중·장기적으로 경전철 도입을 구상 및 추진중에 있으며 일부 노선의 경우 타당성 조사 및 시스템 검토 등의 구체적인 움직임을 보이고 있다. 이는 경전철이 대도시와 위성도시의 교통난 해소, 대도시와 위성도시간의 연계, 정시성 및 접근성이 장점인 신교통수단의 역할을 담당할 것으로 기대되기 때문이다.

표 3. 국내 경전철 사업 주요 추진현황

권역	지역	노선구간
수도권	서울	학여울역 - 신사역
		신갈 - 노량진 - 상도동 - 신림 - 신길
		신도림 - 목동 - 가양 - 상암
		연희 - 홍제 - 평창 - 둔암
		군자 - 석관 - 번동 - 방학
		우이동 - 신설동
		상계 - 청량리 - 면목동
	여의도 모노레일	
	하남	강동역 - 창우동
	의정부	송산동 - 도봉산역
	용인	민속촌 - 에버랜드
	부천	신흥동 - 중동신도시 - 신흥동 - 순환
		소사동 - 김포공항
	인천	인천역 - 월미도 - 모래담지앞 - 송림동
인천 - 신공항내 - 순환서물		
안양	평촌 - 신림	
	인덕원 - 남서울역	
성남	산본역 - 인덕원	
	산성유원지 - 이매자연공원	
광명	구로역 - 남서울역	
안산	라성호벨앞 - 우성아파트	
고양	구 일산 순환	
	원당 - 방화	

권역	지역	노선구간
수도권	시흥	부천역 - 인천
		일산 시화공단 순환
	의왕	내촌동 - 부고지구
	구리	구리 - 회기역
	김포	개화동 - 김포읍
수원		세류역 - 성대
		성대역 - 수원역
중부권	대전	청주국제공항 - 대전지하철
	대구	유통단지 - 수성못유원지
	천안	신천안 - 온양
	이리	이리 - 군산 - 장항
부산권	부산	부산역 - 태종대
		서현R - 사직운동장
		반송선
	마산	마산 - 창원 - 진해
	김해	김해 - 부산
	양산	양산읍 - 호포면
	울산	1호선(북구 - 동소동 - 굴화)
		2호선(방어진 - 다운동)
3호선(중구청 - 시청 - 성안입구 순환)		

4. 결 론

대도시의 교통난 해소를 위해서는 개인교통수단을 대중교통으로 흡수 유도하는 것이 가장 시급한 해결책이나 대체 교통수단인 지하철이 시간적, 지역적으로 유동성이 부족하고, 승객의 다양한 성향에 부응하지 못할 뿐 아니라 막대한 투자비 문제로 대도시에 국한되어 건설되는 실정이다. 따라서 건설비용이 저렴하고 향상된 접근성과 우수한 성능 및 수송 효율, 환경친화성 등 경쟁력 우위의 승객 서비스를 제공하며, 투자효율측면에서 혁신적인 경전철 신교통 시스템의 도입은 도시내 대중교통수단으로 새롭게 인식되고 있다. 그러나 현재 국내에서 검토중인 경전철 도입 관련 사업은 경전철 사업추진 경험의 미숙과 중앙정부와 지방정부간의 역할 분담 이견, 무분별한 경쟁적 사업추진, 경제적 타당성 및 기

술적 검증 부족 등의 문제가 제기되고 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 체계적인 도입전략과 행정지원이 요구된다. 먼저 운행될 지역의 경제적·환경적·문화적 특성을 충분히 고려하여 적절한 시스템 및 노선이 결정되어야 한다. 또한 이를 위한 중앙정부의 법적·제도적 측면에서의 적극적인 지원과 타당성 분석 등의 기초연구가 선행되어야 한다. 시스템 선정에 있어서 가장 중요한 요소는 승객수송력일 것이다. 해당 지역의 승객수요예측을 면밀히 조사하되 종합교통의 관점에서 교통특성, 지역규모, 토지이용 등을 함께 고려하여 시스템 선정이 이루어져야 한다. 차량선정에 있어서도 국내의 경우 경전철에 대한 기술개발이 미흡한 실정임을 감안하여 차량 및 부품 분야의 활성화를 도모할 수 있는 방향으로 추진되어야 할 것이다.

정부는 경전철 건설의 필요성을 절감하고 경전철 건설 기준 마련, 기존 노선 검토를 통한 경전철 사업 유도, 지역별 사업 우선순위 선정 및 해당 현안에 대한 구체적인 지원계획을 수립하고 있다. 국내 경전철 관련 기술개발의 완성과 함께 향후 국내 경전철의 도입이 활성화 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) Michael Taplin, 1995, Light Rail in Europe, Capital Transport.
- (2) Kiyohito Utsunomlya, 2004, "When will Japan Choose Light Rail Transit?", Japan Railway & Transport Review No. 38, pp. 10~16.
- (3) 정경렬 등, 2004, "실용화모델 개발체계 및 품질인증 연구, 연구보고서", 산업자원부, 2장
- (4) <http://www.railway-technology.com>
- (5) <http://www.monorails.org>
- (6) <http://frdb.wo.to/>
- (7) <http://www.irail.net/>