

신교통시스템으로서의 磁氣浮上열차 검토(1)

(상전도 흡인식 부상시스템을 중심으로)

장 석 명*, 박 찬 일**

(*충남대학교 전기공학과 교수, **한국기계연구원)

1. 서 론

歐美각국에서는 넓고, 조용하고, 자동차이외에는 좀체로 접근하기 곤란한 곳이 고급주택가이며, 살기 좋은 도시라고 생각하여 왔다. 그것은 고속도로나 철도등의 대중교통수단에 의하여 환경의 파괴는 물론이고 많은 사람의 빈번한 출입으로 주거환경이 악화되며, 아울러 주택과 토지값이 하락하는 것으로 판단하였기 때문이다. 그래서 건설에 극력반대를 하였으며, 그 결과로 대중교통수단의 발전이 크게 지연되어왔다. 그러나 근래 생활이 복잡해지고, 다양해지면서 편리하고 신속한 기동력이 요구되어 교통수단에 대한 인식이 大變化가 오게 되었으며, 신교통시스템에의 관심과 발전이 급격하게 가속화되어 괄목할 만한 성과를 올리고 있다. 또한 오늘날에 있어서는 한 나라의 경제발전과 국민생활의 변형은 교통수단의 효율화와 절대적으로 밀접한 관계가 있다. 고속 신교통시스템의 발전과 건설에 따른 영향으로는

- 1) 多極分散형 국토의 형성
- 2) 교류촉진
- 3) 지역활성화
- 4) 경제활성화
- 5) 교통권 확대
- 6) 지역개발촉진
- 7) 관광객 증가, 관광지 개발
- 8) 고속화

9) 인구定住

10) 통근 가능권 확대

등의 영향으로 인구분산의 효과를 가져온다. 그런데 여러 교통기관중에서도 철도교통은 최근 1세기 정도에 걸친 人間史에 있어서 생활의 변화와 산업의 발전등에 기여 한 바가 매우 크다. 그러나 최근에는 자동차의 급격한 보급과, 항공기등의 발전속도가 커짐에 따라 철도의 비중은 과거에 비해 여객과 화물수송 분야 모두에서 상대적으로 많이 낮아지게 되었다. 그러나 소음, 진동, 대기오염등에 관한 低公害성, 土地固有率이 낮은점, 에너지의 저소모등의 관점에서 철도는 다른 교통수단에 비하여 비교가 되지 않을 만큼 효과적이며 고효율인 시스템이므로 아직도 매력적인 수단으로 꼽히고 있다. 그러나 미래의 세계에서 철도가 다른 시스템에 비해 더욱 높은 시장성을 가지도록, 新需要를 창출하기 위해서는, 건설비나 운영비등이 적으며, 신속하고 안전한 것등의 새로운 교통시스템으로의 조건이 요구되므로 이를 위한 新技術의 개발이 끊임없이 이루어져야 만 한다.

세계적으로 次세대의 新交通시스템으로 갖추어야 할 조건으로는 다음과 같은 점들이 요구된다.

- ① 신속, 안전, 편리성이 있어야 한다.
- ② 진동, 소음, 대기오염등 환경적인 측면에서 低公害적이어야 한다.
- ③ 경량, 컴팩트화된 차량시스템이며 궤도도 경량이며, 建設經費가 작아야 한다.

- ④ 全自動 無人化시스템의 도입등에 의해 운전 및 운영경비가 낮아야 한다.
- ⑤ 대도시 교통의 역간거리가 짧으므로 가/감속력이 커야하고, 짧은 시간간격으로 대량수송이 가능한 운행시스템이어야 한다.
- ⑥ 維持補修비용이 적은 시스템이어야 한다.
- ⑦ 국토의 효율적인 활용과 토지매입비의 低減 측면에서 경제적이어야 만 한다.

그런데 電磁力을 이용한 부상에 의해 지상과는 비접촉으로 주행하는 磁氣浮上식열차(MAGLEV; Magnetically Levitated Vehicle)는 위와 같은 필수조건 of 的 관점에서, 신교통시스템으로 가장 적합한 것으로 세계적인 평가를 받고 있다. 따라서 장래의 인류 생활에 있어서 유용하게 활용되어 지대한 공헌을 할 수 있을 것으로 기대를 모으며 독일, 일본을 비롯한 각 국에서 경쟁적으로 개발되고 있는 실정이다. 그러나 아직까지도 자기부상열차의 특징이나 개발의 필요성에 대하여 세밀히 분석한 예는 물론이고, 외국에서의 검토자료마저도 상세히 소개된 바가 거의 없다. 따라서 그 우수성 및 개발의 필요성정도가 이 분야에 참여하고 있는 전문가들에게 마져도 막연하고 추상적인 정도로만 알려져, 부분적으로는 그 진가가 퇴색되어지고 있는 정도이다. 또한 그 기술이 특별히 복잡하고 어려워 먼 훗날에나 이를 수 있는 환상적인 기술수준의 시스템정도로나 오해되고 있는 실정이다.

현재까지 개발되고 있는 자기부상열차는 常전도 방식과 超전도방식의 2종류로 대별 할 수 있다. 즉 상전도방식은 상전도 전자석에 의한 흡인력에 의해 지상에서 1cm 정도를 부상하여 주행하는 시스템으로 영국의 버밍햄공항의 People mover, 독일의 Transrapid, 일본의 HSST, 우리나라의 한양대, 자기부상열차사업단, 대우중공업, 현대정공의 EXPO 전 시운행선등이 개발되어 있다. 초전도방식은 초전도전류에 의한 반발력에 의해 10cm 이상 부상되어 운행되는 시스템으로 MLU 시스템이 있는데 지진이 심한 일본에서 개발되었다. 영국의 버밍햄공항의 People mover는 1984년부터 실용화되어 無人自動운전시스템으로 10년간을 아무 문제 없이 운행되고는 있지만 선로길이 620m 정도의 소규모 저속 운송시스템에 지나지 않는다. 반면 독일의 Transrapid 시스템은 31.5km의 트랙을 설치하여 시속

450km까지 운행을 계속하여 현재 15만km 정도의 운행실적을 올리고 있다. 최근 독일내각은 함부르크-베르린사이의 290km에 이르는 선로를 2005년까지 완공하기로 결정을 내리고 금년 상반기에 착공을 할 예정이다. 따라서 세계적으로 실용화단계에 까지 도달한 대규모 고속시스템으로는 단연 Transrapid 시스템을 꼽을 수 있다. 이에 Transrapid사와 미국, 일본등의 각 국에서 그간 세밀하게 조사하여 검토한 자료를 상세하게 소개하므로써 신교통시스템으로서의, 자기부상열차의 적합성과 개발의 타당성 및 당위성을 제시하여 이 분야에 관심있는 분들에게 참고는 물론 우리나라의 개발방향 설정에 유익한 자료가 되었으면 한다.

2. 구동의 기본원리

常電導식 자기부상열차는 그림 1에서와 같이 전자석에 의한 電磁力로 浮上을 시키고 리니어모우터로 推進을 하여, 대지로부터 일정한 높이로 떠서 주행하는 시스템이다.

추진과 부상의 개념 및 원리를 간략히 소개하면 다음과 같다.

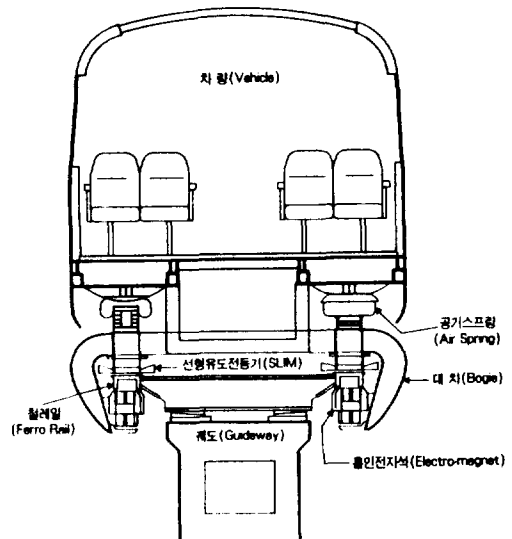


그림 1. 자기부상열차의 개략구조도(片側式 리니어 모우터 推進)

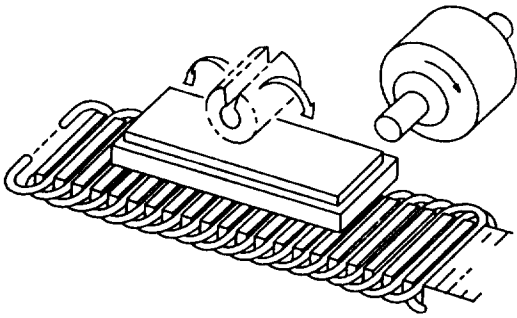


그림 2. 회전형모우터를 軸방향으로 잘라 展開하는 리니어모우터의 원리도

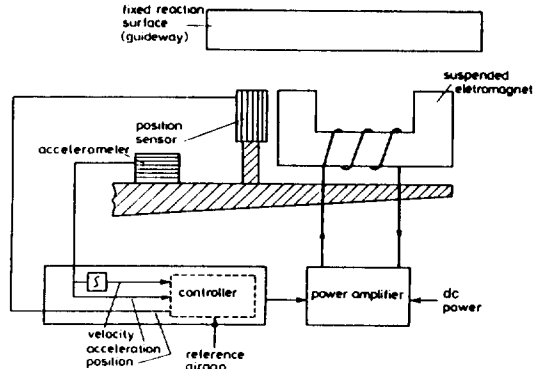


그림 3. 상전도 전자석과 제어원리

2.1 추진

추진은 誘導型 또는 同期型의 리니어모우터로 하게 되는데, 리니어모우터는 그림2에서 보는 바와 같이 회전형 모우터를 軸방향으로 잘라 펼친 형태이다.

일반적으로 리니어모우터를 추진시스템으로 응용하는 경우 1차측과 2차측의 기하학적 배치방식은 여러가지가 있다. 그 중에서도 가장 일반적인 방법으로는 1차측이 한쪽에 만 있는 편측식 리니어모우터가, 分岐가 용이한 등의 유리한 점이 많아 일반적으로 응용되고 있다. 리니어모우터의 기하학적인 구조에서 1차측과 2차측의 어느 한쪽을 지상의 레일이나 차체에 설치하면, 회전형 모우터에 비해 운전 속도에 제한을 받지 않으며 부상되므로 바퀴가 필요없고 지상과의 접촉이 없으므로 무마찰로 주행을 할 수 있어서 초고속 구동시스템에 매우 적합하다.

2.2 부상

리니어모우터의, 車體에 설치한 1차측(또는 2차측)과 地上에 설치한 2차측(또는 1차측)의 사이를 일정한 높이로 電磁力으로 지지하기 위해서 전자석을 사용하게 된다. 즉 常傳導 전자석에 의한 경우는 그림3과 같이 흡인력에 의해 정지시로부터 1[cm] 정도내외를 부상시킨채 주행을 하게 된다.

2.3 운전제어

차량을 자동으로 운전하기 위한 제어시스템은 다음과 같이 구성된다. 즉

- 1) 제어센터, 2) 분기시스템, 3) 가이드웨이

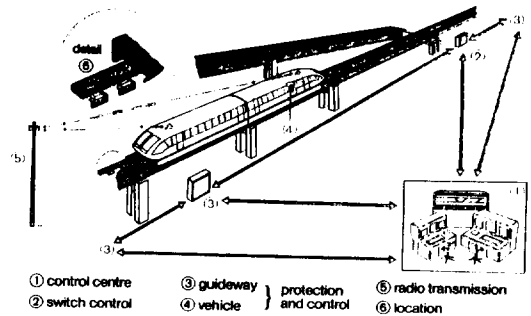


그림 4. 독일의 자기부상열차인 트랜스라피드의 운전제어시스템

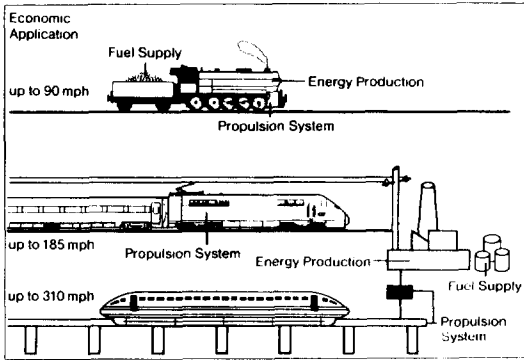
- 4) 차량, 5) 무선송신시스템

3. 신교통시스템으로서의 자기부상열차 우수성

기존의 바퀴식 시스템에 대하여 자기부상열차는 속도, 안정성, 대량수송성, 환경성, 경제성, 편리성, 안전성등의 측면에서 우수하므로 신교통시스템으로 적합하다. 이를 항목별로 아래와 같이 검토할 수 있다.

3.1 속도

독일에서 개발된 Transrapid는 常傳導 전자석에 의한 흡인력으로 浮上하고, 리니어모우터로 推進하고 운전되는 최고속도 450[km/h]로 운행을 하고 있지만 550[km/h] 정도까지도 주행할 수 있는 자기부상식 열차시스템으로, 거의 실용화 단계에 도달한 것으로 독일 자체적으로는 물론 세계적인 평



- (a) 디젤을 연료로 하는 철도시스템(평균시속 90마일 =144[km/h])
- (b) 전기철도(평균시속 185mph=296[km/h])
- (c) 자기부상열차(평균시속 310mph=496[Km/h])

그림 5. 각 열차시스템의 고속화 능력비교

가를 받고 있다. 이 시스템은 운전개시와 동시에 부상이 가능하며 비접촉상태에서 장시간 高速浮上주행을 할 수 있다. 속도면에서 기존의 열차시스템과의 비교자료를 그림으로 나타내면 아래의 그림5와 같다.

즉, 그림5에서

- * 디젤기관으로 추진하는 중래의 열차는 平均時速 144[km/h]급의 속도이며 현재까지 가장

보편적으로 활용되고 있는 시스템이다.

- * 바퀴/레일식의 전기철도는 현재 시속 300 [km/h] 급으로 프랑스의 TGV, 독일의 IGE, 일본의 신칸센등으로 바퀴/레일방식으로 큰 최대속도로 개발되고 있으며 일부 지역에서는 300[km/h]이하급으로 실용화된 경우도 있으며, 또한 300[km/h]이상으로의 개발을 위하여 시험단계에 있는 나라들도 있다.
- * 자기부상열차의 경우는 평균시속 500[km/h] 급이 되어 고속화 능력에 있어서 육상운속시스템으로는 최대이며 프로펠러 비행기정도의 속도이다.

현재 활용되고 있는 각 교통시스템과 자기부상열차와의 속도비교를 시각적으로 나타내면 그림6과 같다.

즉 그림6은 일본에서 분석한 자료로, 리니어모우터로 추진되는 자기부상열차가, 동경시내 중심부를 출발하여 나고야경유 오사카시내의 중심부(동경시내-나고야-오사카시내)에 도착하였을 때 동시에 출발한 비행기, 신칸선, 재래식 열차, 버스가 주행하고 있는 지점을 나타낸 豫想圖이다. 그림6에서 자기부상열차는 비행기와 같은 속도이므로 버스, 재래식 열차등의 다른 시스템과는 속도면에 있어서 비교가 없을 만큼 신속한 것을 볼 수 있다.

또한 자기부상열차는 아래와 같이 속도에 따라

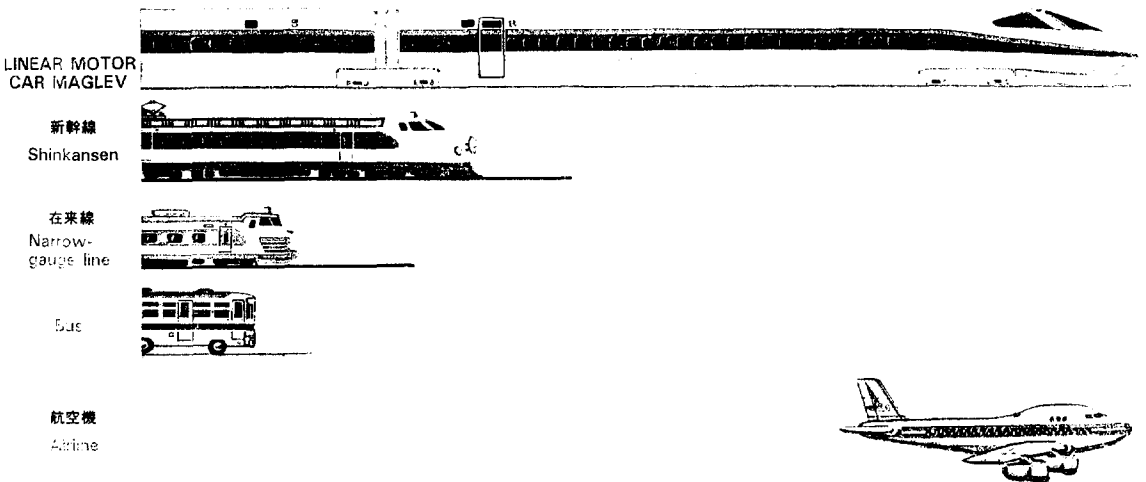


그림 6. Tokyo-Nagoya-Osaka間을 同時に 출발하여 자기부상열차가 비행기와 같이 Osaka 에 도착할 시점에 신칸선, 재래선, 버스가 운행하고 있을 각각의 위치豫想圖(일본)

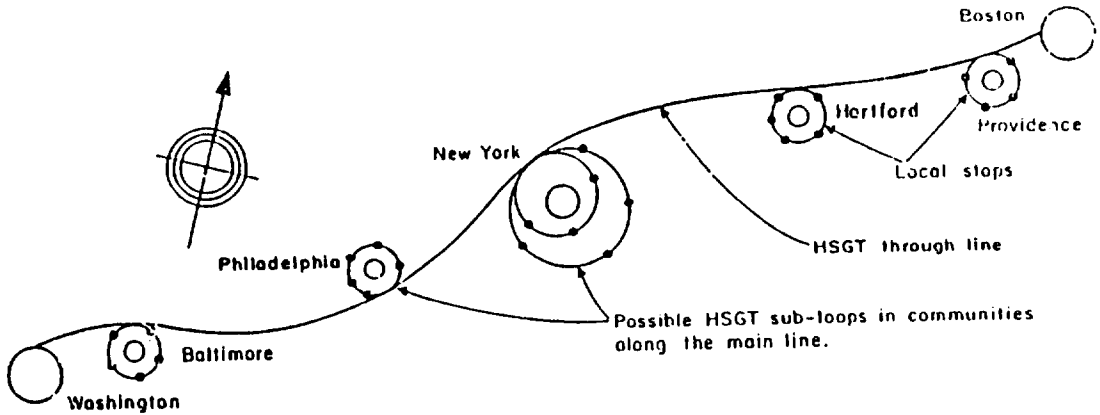


그림 7. 대도시권을 잇는 시스템과 도시순환선 및 지하철을 연계하는 시스템구성의 예

다양한 용도로 개발 할 수가 있으므로 장차 여객의 분담비율은 위의 자료에서보다 훨씬 더 커질 수가 있다.

가. 400-500[km/h]급의 초고속으로 대도시와 대도시사이의 연계시스템으로의 응용.

여행거리가 1,000[km]이내 정도의 거리는 여행시간이 2시간이내로 될 수 있으므로 이 경우에 응용될 수 있다. 우리나라는 대부분의 여행거리가 1,000[km]이내가 되므로, 국내선 비행기를 자기부상열차로 모두 대체가 가능하여서 에너지 절약등의 관점에서 여러가지의 효과가 있을 것으로 예상된다.

또한 그림7에서와 같이 交通網을 구성하여 응용하는 경우는 자동차가 갖는 기능을 대폭 대체 할 수 있어서 신속, 대량수송, 안전, 환경, 토지점유감소, 연료절약 및 건설비, 유지비등에서 경제적인 효과를 얻을 수 있다. 즉,

나. 200-400[km/h]의 중속으로 대도시와 중소도시를 연계하는 시스템으로의 응용.

다. 200[km/h]이하급으로 대도시와 주변도시를 연계하는 시스템이나, 도시순환선, 지하철로의 응용.

3.2 구배 및 곡선주행의 수월성

바퀴 /레일식 고속열차와 독일의 자기부상열차인 Transrapid의 곡선주행시의 최소곡선반경과 속도와의 관계는 아래의 표1과 같다.

표에서 MAGLEV 시스템의 경우 속도 300[km/h]와 400[km/h]의 두 속도영역에서 바퀴 /

레일식에 비해 매우 적은 반경에서도 주행이 가능한 것을 볼 수 있다. 즉 바퀴 /레일식의 최소곡선반경이 4,000[m]와 7,000[m]인 것에 비해 자기부상열차는 2,250[m], 4,000[m]인 것을 알 수 있다. 이를 그림으로 나타내면 그림 8과 같다.

표 1. 바퀴 /레일식과 자기부상식 열차(Transrapid) 커브 주행능력 비교

	바퀴/ 레일식 열차		Transrapid	
속도[km/h]	300	400	300	400
최소곡선반경[m]	4,000	7,000	2,250	4,000

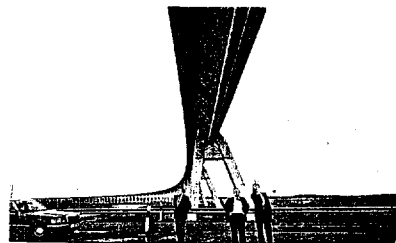
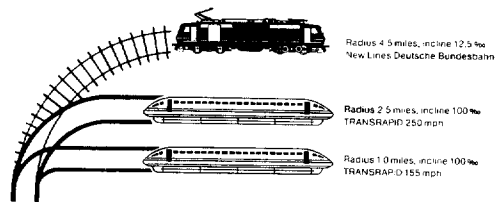
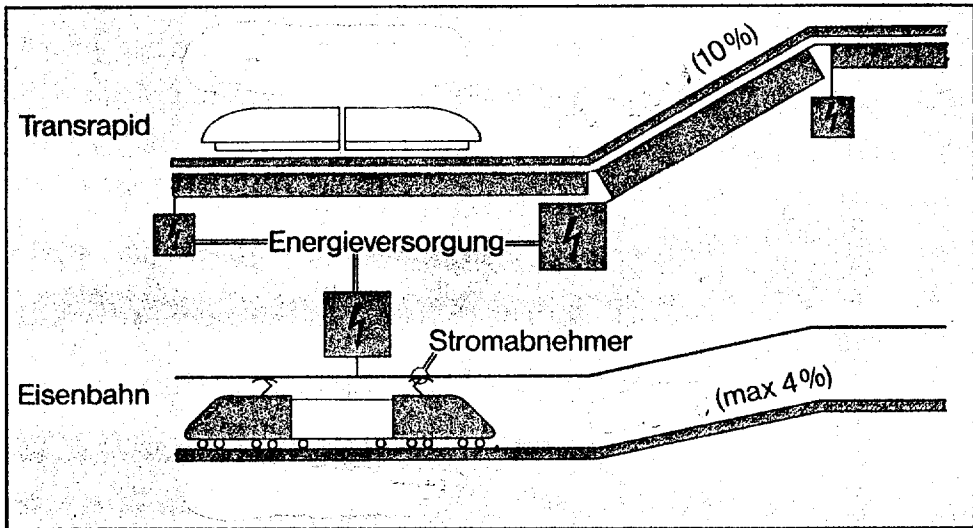
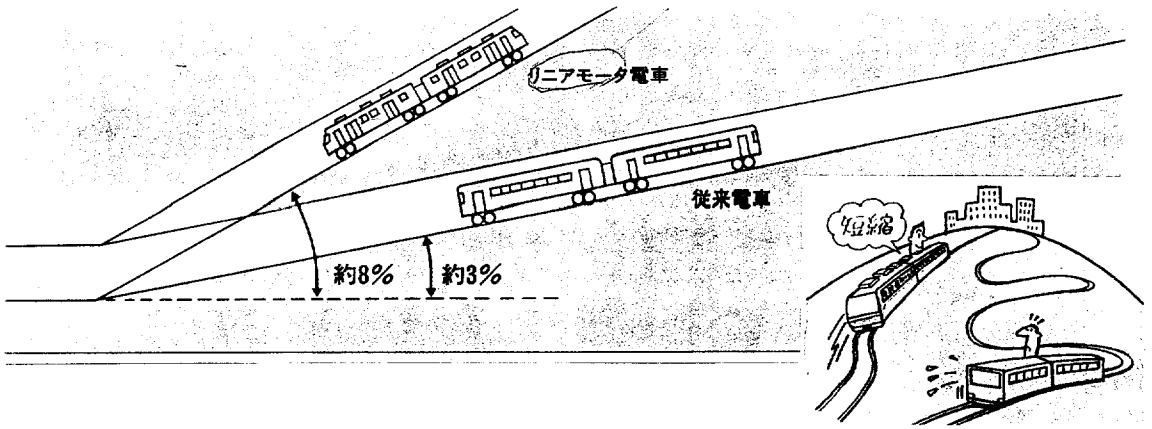


그림 8. 자기부상열차와 바퀴 /레일식 열차의 곡선에서의 주행능력 비교



(a) 리니어모우터 카: 8%, 종래열차: 3%

(b) 자기부상열차(Transrapid)는 경사부분트랙의 기차력을 강하게 설비하면 10%이상 등판가능함, 일반 바퀴식 열차: 최대 4%

그림 9. 리니어모우터 카, 바퀴/레일식 열차, 자기부상열차의 경사등판능력

또한 그림 9는 기존의 열차와 리니어모우터로 추진되는 열차의 경사의 등판능력을 비교한 자료이다.

자기부상열차의 경우는 경사의 등판능력이 10% 이상으로 매우 우수하여 선로의 단축은 물론, 路線의 결정시 선정조건이 매우 수월하여 편리함은 물론 터널등의 감소로 건설비용이 매우 절감 될 수 있는 요인이 된다. 즉 Transrapid 경우는 1차코일이 트랙에 설치되는 시스템이므로 트랙의 건설비가 비싸게 되어 전체건설비의 약 85%를 차지하지만

곡선반경이나 지형조건을 크게 고려하지 않고도, 그림 9에서와 같이 웬만한 조건만 되면 구릉, 山間地帶등에도 선로를 단축하여 건설을 할 수 있기 때문에 다른 시스템에 비해 비용이 매우 저렴해진다.

3.3 안정성

열차에서 안정성은 열차의 탈선, 전복, 충돌인데, 상전도식 자기부상열차는 구조적으로는 물론 아래와 같은 여러상황들과 같이 안전 할 수 밖에 없는

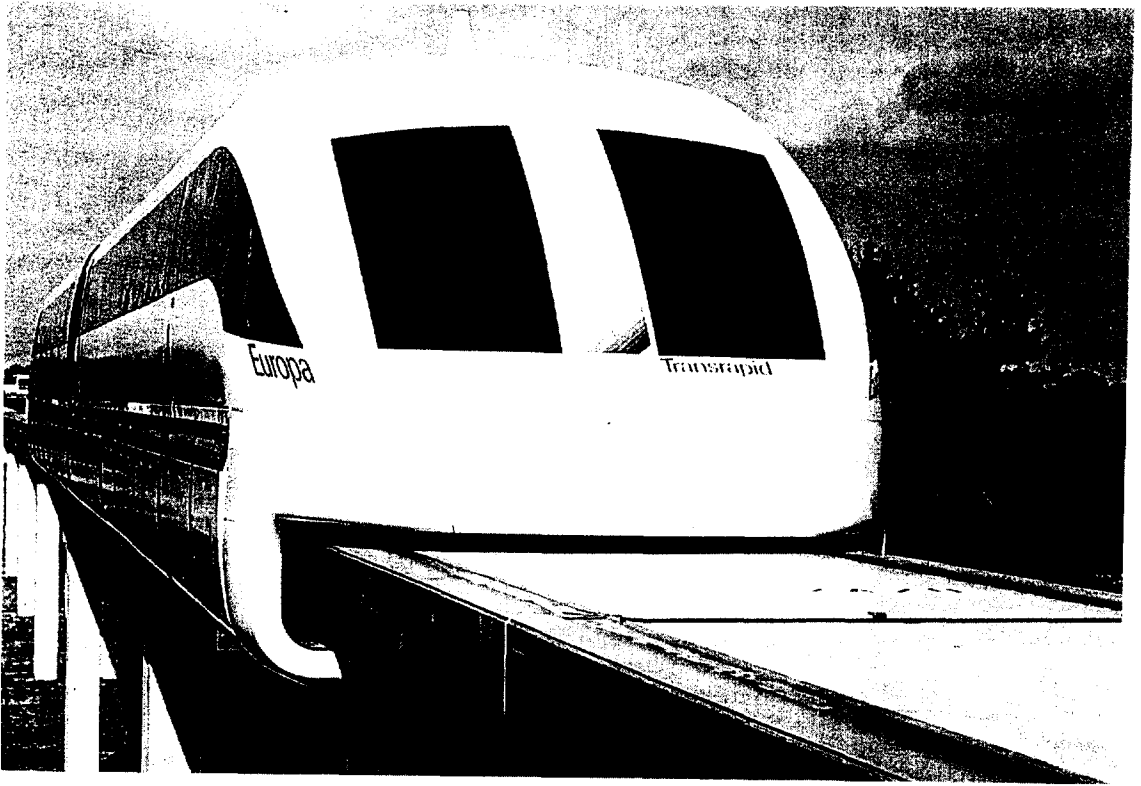


그림 10. 트랙을 차량차체가 감싸 았기 때문에 탈선이나 전복은 불가능함

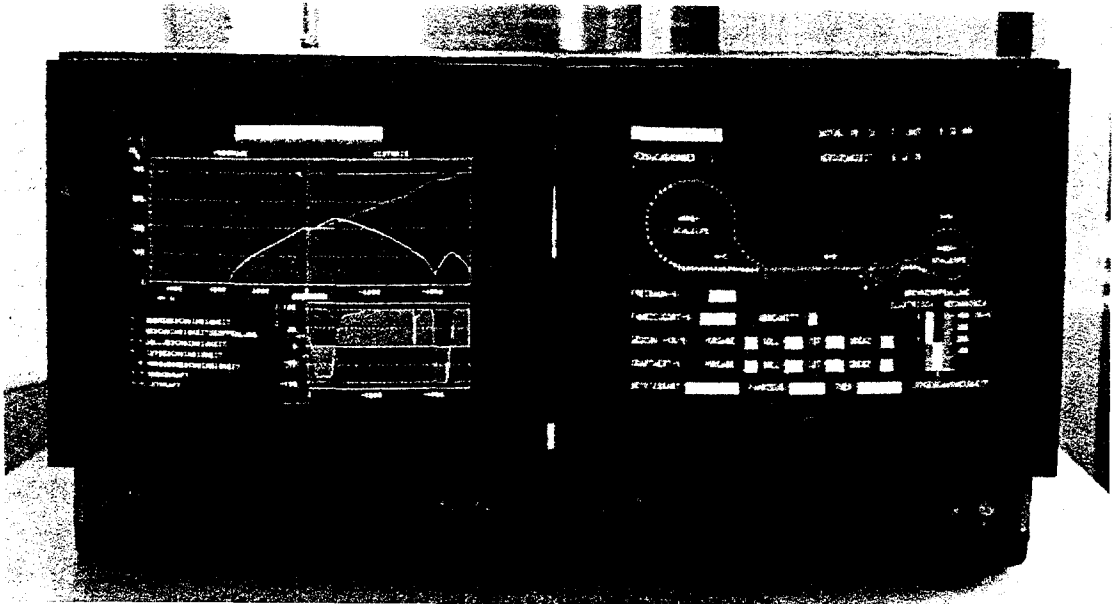


그림 11. 統制所의 모니터에는 운행에 관한 모든 정보가 나타나므로 자동운전이 가능하다 (트랜스라피드)

것이 큰 장점이다. 즉,

1) 차체가 그림 10과 같이 상, 하에서 트랙을 감싸 안는 형상이기 때문에 구조적으로 탈선이나 전복은 있을 수가 없다.

2) 독일의 Transrapid, 일본의 HSST등과 같은 常傳導式 자기부상열차는 그 기본기술이 특별히 새로운 것이 아니고 이미 입증된 기술들이기 때문에 안정성이 확실히 보장된다.

3) 차량을 최신의 기술로 자동제어하는 ATC, ATO등의 기술시스템이 기본적으로 설비되어야 하는 시스템이기 때문에 안전하다.

4) 전자파의 영향은 상전도방식의 경우 거의 자연상태의 지자기수준으로 차폐되므로 절대로 안전하다.

5) 2중, 3중의 전기적, 기계적보완장치로 인하여, 구조적으로 바퀴/레일식에 비해 탈선이나 전복의 가능성은 바퀴식에 비해 완벽한 안전장치를 갖출 수 있다. 실제로 15만Km 이상의 운행실적을 올리고 있는 Transrapid나 HSST의 경우 시험운전 단계임에도 불구하고, 현재 운행되고 있는 재래선의 程度에 비해 훨씬 사소한 정도의 사고이외에는 없었다.

6) 지상과 非接觸으로 주행을 하므로 마찰시의 미끄럼이 전혀 없어 안개나 일기의 영향과 눈, 얼음, 비에 의한 路面상태의 영향을 전혀 받지 않아도 되므로 매우 안전하다. 따라서 언제든지 여행이 가능하므로 출발의 신뢰성은 물론 편리성에서 교통수단중 최대이다.

7) 그림 8, 그림 9에서 보는 바와 같이, 고속의 운전상태에서 언덕의 등판능력이나 구배의 커브주행시에도 기존의 바퀴/레일식에 비해 안전하다.

반면에 일본의 MLU시스템과 같이 超傳導式 자기부상열차의 경우는 핵심이 되는 超傳導技術 自體부터가, 현재로는 未完의 단계이기 때문에 아직은 확실한 안정성을 담보하기는 어렵다.

3.4 기존시스템과의 연계성

그림 12와 같이 시스템을 網으로 연계하여 대도시간의 연계선, 순환선, 지하철등과 병행하여 자기부상식 열차만으로서의 자체적인 연계교통망을 구성하는 경우는 물론이고, 기존의 바퀴/레일식의 열차시스템과도 연계를 할 수 있는 방안이며 독일의 Transrapid사에서 제시한 것이다.

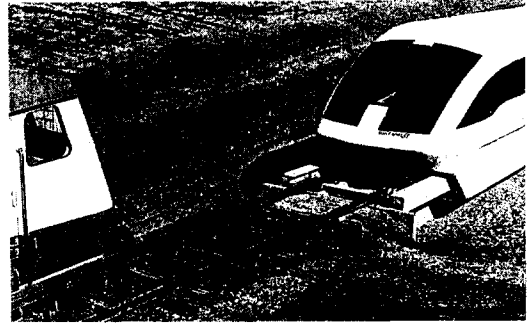


그림 12. 기존 열차시스템과 자기부상열차와의 연계개념도

즉 바퀴/레일식 열차와 자기부상식 열차를 연계 운행하기 위하여 기존 철도의 레일에, 자기부상열차의 레일을 부착하여 그림과 같이 병행하여 설치하면 두개의 열차시스템을 동일한 레일 위에서 운행할 수 있다. 이 방식은 기존의 레일을 이용함으로써 별도의 레일을 위한 토지가 불필요하므로 매우 경제적인 시스템이 된다. 다만 병행운전시의 운행계획 및 운전제어에 세심한 배려가 필요할 뿐이다.

3.5 운행간격의 빈도

독일의 GMBH의 자료에 의하면

ICE 바퀴식 고속열차는 시속 200km/h까지 가속되는데는 150초가 걸리며, 거리는 5km를 달리게 되고, 시속 300km/h까지 가속되는데는 420초가 걸리며, 거리는 25km를 달려야 만 한다.

반면에 자기부상열차인 트랜스라피드가

시속 200km/h까지 가속되는데는 60초가 걸리며, 거리는 2km를 달리게 되고,

시속 300km/h까지 가속되는데는 100초가 걸리며, 거리는 4.8km를 달리게 되고,

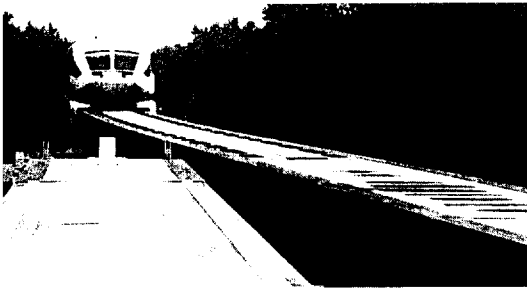
시속 400km/h까지 가속되는데는 160초가 걸리며, 거리는 9.6km를 달리게 되고,

시속 500km/h까지 가속되는데는 230초가 걸리며, 거리는 17.8km를 달리게 된다.

따라서 자기부상열차는 급가속, 급감속력이 바퀴/레일식에 비해 특별히 우수하다. 운행간격과 관련한 자기부상열차의 특성을 요약하면 아래와 같다.

* 운전속도의 고속성

* 비행기정도로의 輕量화, 콤팩트화된 시스템이어서 기동성의 우수성



시스템의 수송력 개발목표이다. 대량수송에 관한 것은 기술적인 것이라기 보다는 여객서비스, 건설비, 운영비등의 경제적인 문제가 더 중요한 요인이 된다.

3.7 승객의 이용편의성

항공기나 자동차의 경우와는 달리 비, 안개, 눈 등의 일기상태에 무관하게 계획을 수립할 수 있으며, 旅行時間도 대폭 短縮된다. 따라서 機動力이 강화되어 웬만한 거리는 當日코스로도 가능하여 宿泊이 필요없으므로 부대경비가 없이 여행계획을 언제든지 실행에 옮길 수 있다. 또한 항공망의 경우에는 일반적으로 도심의 外廓에 설치되는 공항까지의 접근시간이 크게 되는 데 자기부상열차는 직접 都心을 통과할 수 있으므로 시간이 절약되어 신속, 편리한 여행을 할 수 있다. 따라서 지역간의 有機性이 커져 대도시의 人口分散의 효과가 매우 커진다.

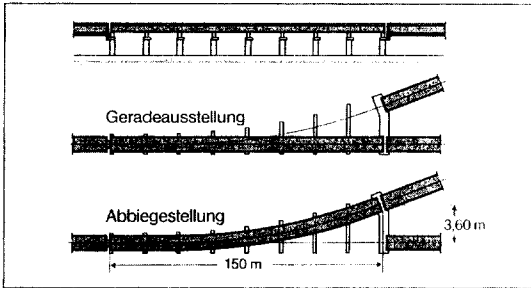


그림 13. 분기장치

- * 全自動無人運轉 시스템의 도입가능성
 - * 발생하는 힘 / 중량의 比가 커서, 急가속, 急減속성능의 우수함
 - * 비상시의 急제동력의 우수성
 - * 분기지점에서의 전환능력의 신속성
 - * 분기장치에서의 통과속도의 신속성
- 등에 의하여 운행간격을 편성당 5분 이내로 할 수 있는 특유한 장점을 갖는다. 따라서 도시 순환선, 지하철등의 경전철로도 매우 유리하다.

3.6 대량수송성

자기부상열차는 차량자체가 추진/부상능력이 있기 때문에 교통량에 적응하여 차량편성을 하면 된다. 보통 1차량이 100명 승차가 가능하므로 이를 10량이상 연결하여 1,000명 이상의 승객을 수송 할 수 있다. 아래의 표2는 일본에서 발표한 자료로 각

표 2. 각 시스템별 수송능력 개발목표

	일본의 초전도식 자기부상열차, MLU 시스템	독일의 자기부상열차, Transrapid	일본의 상전도식 자기부상열차, HSST 시스템	일본의 바퀴식 고속열차, 신칸센
열차 현성수	14량	12량	11량	16량
정원	950명	1,140	1,000명	1,300

3.8 육상, 항공교통에서의 여객분담에 의한 혼잡해소

아래의 표3은 여행자가 사업상, 개인적인 여행을 하는 경우에 여행수단으로 자동차, 철도, 비행기를 선택결정하는 경우에 고려하는 조건과, 그 비중의 정도를 日本 國土廳에서 조사한 자료이다. 숫자가 크면 선택에 고려하는 비중이 커짐을 의미하는 데 고속성, 쾌적성, 안정성의 순서인 것을 볼 수 있다.

또한 표4는 여행자가 사업상의 여행이나 개인적인 여행을 하는 경우에 여행수단으로 자동차, 철도, 비행기를 선택하는 경우에 고려하는 조건과 그 비중을 조사한 것이다.

표 3. 여행자가 교통수단을 선택 할 때의 참고사항과 비중

참 고 사 항	비 중
고 속 성	84.5
쾌 적 성	64.9
저운임 / 저요금	13.8
대 량 성	8.5
안 전 성	45.7
定時성, 확실성	23.4
수시성, 빈발성	27.7
수단의 선택성	9.6

표 4. 사업상이나 개인적인 여행시에 여행수단을 선택할 때의 참고조검과 비중치(數値가 큰것이 선택될 가능성이 큰 정도를 의미함)

	사업상의 여행시			개인적인 여행시			
	자동차	철도	비행기	자동차	버스	철도	비행기
유동성, 신속성	79	10	23	74	10	13	6
여행 소요시간	50	23	98	46	10	22	36
목적지의 위치	45	40	39	57	49	60	50
수하물	43	6	2				
안락, 편안	33	67	36	57	49	60	50
비용	25	41	12	51	61	39	13
자신의 회사위치	23	17	13				
개인적인 선호도	18	23	11				
여행안내	14	35	6				
폐차				23	21	18	23
다른 여행수단이 없는 경우				5	31	50	4
안전성	3	27	6	4	28	9	8
이유, 날씨				4	5	13	10

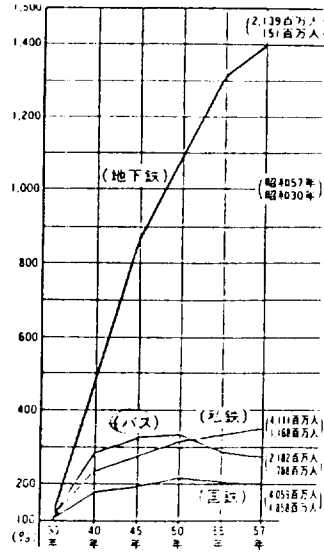


그림 15. 30여년간의 동경지역의 교통기관별 이용 승객의 신장율(자가용승용차의 신장율은 제외)

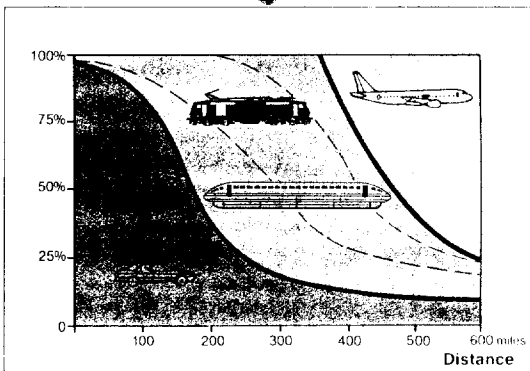
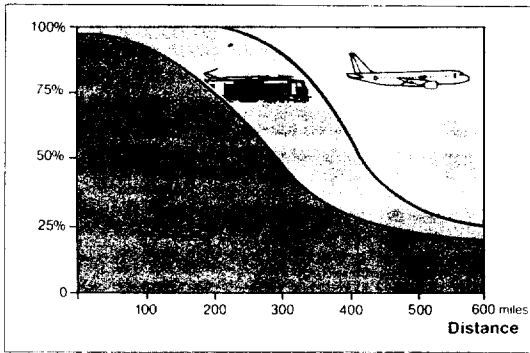


그림 14. 여행 거리에 따른 비행기, 열차, 승용차의 여행자선택 분담비율

그림 14는 여행 거리에 따라 비행기와 열차, 승용차가 차지하는 분담비율을 나타낸 것인데 (b)에서와 같이 자기부상열차가 개발되어 운행되는 경우는

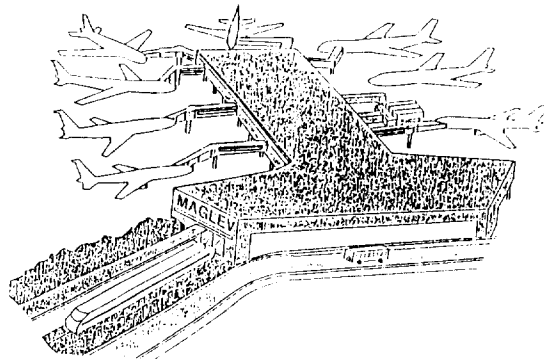
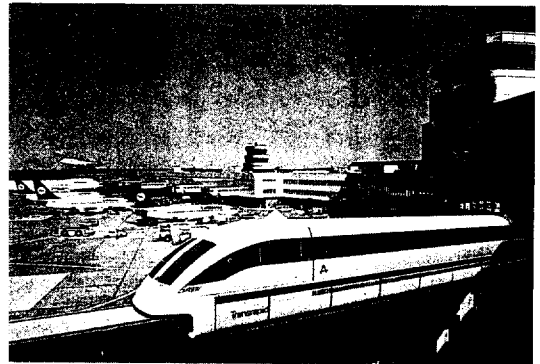


그림 16. 거리 1,000[km]를 기준으로 하여 항공망과 보완하기 위해 연결된 자기부상열차시스템

철도의 분담비율이 매우 커짐을 볼 수 있다.

그 이유는 표2에서 찾을 수 있는데 그림7의 경우와 같이 지하철, 도시순환선등과 연계되는 경우에는 승용차측으로의 분담율은 대폭 확대될 것으로 판단된다. 그림 15는 일본이 1955년부터 1983년까지 30년간 東京지역의 교통기관별 이용승객의 신장율을 나타낸 표이다.

그림 15에서 일본의 교통수단별로는 國鐵이 200% 내외, 私鐵이 350% 내외, 버스가 300% 내외, 지하철은 무려 1,400% 정도나 伸長되고 있음을 볼 때 도시지역의 大衆교통수단으로는 지하철이 가장 강력한 수단으로 인정받고 있음을 볼 수 있다. 따라서 200[km/h]급의 자기부상열차로 도시순환선이나 지하철을 건설한다면 여행자의 수송수단 선택시 열차의 분담비율은 크게 伸長될 것으로 판단된다. 실제로 일본에서는 300[km]급, 200[km]급, 100[km]급의 속도에 따른 도시수송용도로의 응용을 위하여 HSST-300, HSST-100의 열차시스템이 개발되고 있다. 또한 독일에서도 도시열차용으로 M-bahn이 개발되어 운행된 바 있다.

한편 그림 16에서 보는 바와 같이 항공망과 연결되어 운행하는 경우는 大空港으로부터 1,000[km] 이상의 거리는 비행기로, 그 이하의 거리는 속도 500[km]급의 자기부상열차로 2시간 이내로 주행이 가능하게 되므로 항공망측으로의 분담율 확산이 매우 커져 항공시스템과의 보완적인, 좋은 파트너가 될 수 있을 것으로 예상된다. 특히 우리나라와 같이 1,000[km]이내의 路線만이 있는 경우는 국제선이

나 島嶼연결용의 특수경우를 제외하고는 항공시스템을 초고속 열차시스템으로 대체가 되어야만 한다. 현재 민간공항이 거의 없고 군용공항만을 사용하는 실정인 우리나라는, 여러개의 새로운 민간공항의 건설을 위한 거대한 경비조달이 거의 불가능한 상태임을 감안하면 더욱 그렇다.



장석명(張錫明)

1949년 7월 3일생, 1976년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1978년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 충남대 공대 전기공학과 교수. 당학회 평의원.



박찬일(朴贊一)

1943년 4월 4일생. 1970년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1969~70년 민성전자공업(주) 사원. 1970~72년 화경산업(주) 전자과장, 1972년 KIST 연구원(위). 1972~73년 삼천전기(주) 생산과장. 1974~76년 KIST 연구원(위). 1975~76년 이경전자(주) 생산부장. 1976~77년 화경산업(주) 전자부장. 현재 한국기계연구원 실장.