

시속 1000km 하이퍼튜브

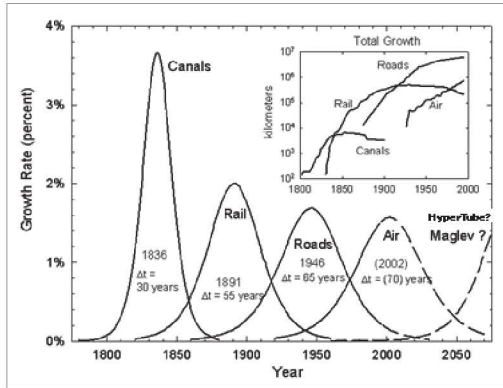
- 미래혁신 5세대 신교통
튜브트레인



이관섭 한국철도기술연구원
하이퍼튜브연구팀장
(kslee@krri.re.kr)

1 서론

인간이 사용한 교통수단에 대해 기술발전과 교통 성장율을 기준으로 발전단계를 분류하면 4가지 단계로 구분할 수 있다. 맨 처음 사용한 1세대 교통수단은 선박이며, 대량 수송은 가능하나 속도가 매우 느린 약점이 있고 선박사고에 따른 환경문제가 야기되었다. 2세대 교통은 1차 산업혁명을 촉발시킨 기차이며, 시스템이 대형이고 가감속 성능의 한계가 있어 탄력적 운행의 어려움이 존재한다. 3세대 교통은 자동차로서 door-to-door의 편리성이 있으나, 기존 도로의 포화에 따른 환경문제가 야기된다. 4세대 교통은 항공기로서 고속의 장점이 있는 반면, 접근성이 상대적으로 부족하고 수속시간 및 이착륙 시간의 과다, 날씨에 따른 영향에 민감하다는 단점을 가지고 있다. [그림 1]은 연도에 따른 교통수단별 성장률 곡선을 그래프로 표시한 것이다. 선박을 이용하는 운하, 기차를 이용하는 철도, 자동차를 이용하는 도로, 그리고 비행기를 이용하는 항공이 시간이 지남에 따라 뚜렷하게 성장률의 분포가 세대별로 구분된다. 기존 교통수단의 단점을 보완하고 4차 산업혁명과 부합하는 차세대 교통수단은 어떠한 특성이 필요할 것인지, 그리고 5세대 신교통은 어떤 것이 될 것인지가 교통학자들의 큰 관심사이다. 그들은 차세대 신교통수단이 갖추어야 할 몇 가지 요구조건을 제시한다. 즉, 더 안전하고, 더 빠르고, 더 저렴하고, 더 편리하고, 날씨에 둔감하고, 지속가능한 자체 동력을 공급하고, 재난에 강인하고, 이동 경로 상에서 방해받지 않고, 수요 응답형(on-demand) 교통수단이다. 자기부상열차, 드론형 교통수단, 자율주행차, 하이퍼튜브 등 신 교통수단 중에서 차세대의 주도권은 어디로 넘어갈 것인가?



[그림 1] 시간경과에 따른 교통수단별 성장률¹⁾

2 미국 하이퍼루프의 특성

미국 전기자동차 제작사 테슬라(Tesla) 사의 창업자인 엘런 머스크(Elon Musk)는 샌프란시스코와 로스엔젤레스 간 610km 거리를 30분 이내에 도달할 수 있는 새로운 튜브 운송시스템인 하이퍼루프(Hyperloop)를 민간투자자로서 건설하겠다고 캘리포니아 정부에 2013년도에 제안하였다. 그는 샌프란시스코와 로스엔젤레스 구간의 하이퍼루프 건설비를 현존하는 고속철도의 1/10수준으로 가능하고 운영비를 태양광 발전을 이용하여 충당할 수 있기 때문에 편도 운임을 20달러 수준으로 제안하였다. 또한, 하이퍼루프에 대해 기술적으로 개념 설계한 하이퍼루프 알파 문서를 공개하고 오픈소스 형식의 기술개발을 제안하였다. 알파 문서에 따르면, 하이퍼튜브는 0.001기압의 아진공 튜브 가이드웨이 내부에서 캡슐차량(Pod)이 최고시속 1220km로 주행하는 시스템이다. 캡슐차량은 공기부상 방식으로 튜브 내에서 부상하여 선형유도모터(LIM : Linear Induction Motor)방식으로 추진한다. 하이퍼튜브가 교통학자들이 제시한 차세대 교

통수단의 조건을 만족하는 미래 신교통으로 인식되면서 많은 사람들의 관심을 받고 있다. 그러나, 하이퍼루프와 유사한 개념의 튜브 운송시스템은 하이퍼루프 이전에도 존재해 왔다. 스위스 메트로(Swissmetro)는 0.1기압의 저진공 튜브 내에서 자기부상열차가 최고시속 500km이상으로 주행하는 시스템이며, 1987년부터 프로젝트가 시작되어 2000년대 초반에 기초연구가 완료되었다. ET3(Elevated Tube Transportation Technology)는 진공 튜브 내에서 소형 캡슐이 최고시속 5,000km로 비행하는 개념이며, 이외에 화물수송용으로 ET3, TubeExpress, CargoCap 등의 개념이 연구되었다. 이러한 유사 시스템 개념의 존재에도 불구하고 하이퍼루프가 차세대 교통수단으로 부각되는 가장 큰 이유는 시스템 구조가 간단하다는 점과 시스템 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost)이 초고속의 타 교통수단에 비해 저렴하다는 점이다.

3 하이퍼튜브

: 한국형 초고속 튜브트레인²⁾

한국은 세계 4번째로 고속철도차량 HEMU를 독자개발함으로써 빠른 추종자로서 세계 최고 기술 수준에 도달하였으나, 4차 산업혁명 시기에는 선진국과 차별화되고 세계를 선도하는 교통 신기술의 선도자(First Mover)가 되어야 한다. 하이퍼튜브(HTX : Hyper Tube eXpress)는 한국철도기술연구원에서 기존 교통과 혁신적으로 차별화 되고 산업적으로 신성장 동력을 창조하기 위해 연구개발을 진행 중인 한국형 초고속 튜브형 신 교통시스템이다. 하이퍼튜브는 0.001기압 이하의 아진공 튜브 안을 캡슐차량이 시속

1,000km 이상의 속도로 주행하는 것은 미국의 하이퍼루프와 유사하나, 차량의 부상방식과 추진 방식이 전혀 다르다. HTX의 부상방식은 유도반발식(EDS : Electro Dynamic Suspension)이며, 캡슐차량 하부에 장착된 초전도 전자석과 튜브 바닥에 설치한 도체 대향판 또는 전자기 코일의 전자기 유도작용에 의해 반발력이 발생하여 차량을 부상시키는 원리이다. HTX의 추진방식은 차량 바닥에 설치한 초전도 전자석과 튜브에 설치한 삼상 코일에 의한 선형동기모터(LSM : Linear Synchronous Motor) 구동 방식이다. [그림 2]는 하이퍼튜브에 대한 개념설계도를 나타낸다.



[그림 2] 하이퍼튜브 개념도

4 하이퍼튜브 기술 현황 및 발전 전망

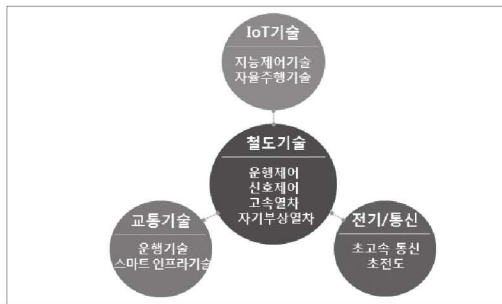
미래부 산하 정부출연연구원인 한국철도기술 연구원은 2009년부터 “초고속 튜브철도 핵심요

소기술 기초연구”를 기관 주요사업으로 착수하여 가장 핵심이 되는 튜브 내부의 공력특성연구와 튜브의 기밀특성연구를 수행하였다. 2010년에는 1/52로 축소한 열차모형으로 0.2기압의 저진공 튜브 내에서 시속 700km의 주행시험을 세계 최초로 수행하여 튜브 내 열차의 공력특성 파라미터를 규명하였다. 또한, 고강도 콘크리트를 이용하여 튜브 구조물을 제작하여 기밀시험을 실시함으로써 재료와 내부 압력에 따른 기밀특성을 파악하였다. 2013년부터는 한국기계연구원과 공동으로 “초고속 자기부상철도 핵심기술개발”을 국토부 국가R&D로 착수하여 시속 550km급 초고속 LSM 추진기술과 30톤급 차량 및 단거리 시험선을 개발하여 초고속 튜브트레인의 기반기술을 구축하였다. [그림 3]은 튜브 내 공력특성 시험장치와 초고속 LSM 추진기술을 적용한 30톤급 자기부상 차량을 나타낸다.



[그림 3] 저진공 튜브 공력시험장치 및 LSM 자기부상차량

분야	소요 핵심기술
시스템 엔지니어링(SE)	국토/교통 효율화 연계기술
	신교통 운영체계 / 경제성 분석
	공역 통합설계 기술
	실시간 위험 감지 및 자율전단 기술
추진 및 부상	시스템 RAM 및 시뮬레이션 기술
	전자가-에어 허미브리드 EDS 부상 기술
	고압 대용량 전력변환 기술
캡슐 차량	모듈러 기반 아음속 LSM 추진기술
	류브네 캡슐 차량 주행안정화 기술
	공기압축기 설계 기술
튜브 인프라	공기부상 형상 설계 기술
	아음속 비행 차체 설계 기술
	마찰을 류브 및 기밀유지 기술
	경량 고강도 신소재 기술
	대용량 고효율 전동발전 시스템 설계 기술
	Pedestal 및 교량 설계 기술
	터널구조물 설계 기술
튜브 분기기 설계 기술	
전력시스템	역사/기지 설계 기술
	대용량 스마트 급전 및 에너지 저장 기술
운영제어/통신시스템	무선급전 기술
	초고속 데이터통신 기술
	자율형 IoT 기술(자율주행 등)
	아음속 캡슐 운영제어 기술



[그림 4] 하이퍼튜브의 소요핵심기술

2016년부터는 “아음속 캡슐트레인 (하이퍼튜브 HTX) 핵심기술개발”을 미래부 BIG사업으로 착수하여 하이퍼튜브에 대해 공력, 주행 안정성, 기밀 튜브, 아음속 추진, EDS부상, 아음속 운영제어 기술 등 6대 핵심 기술을 개발하고 있다.

하이퍼튜브는 [그림 4]와 같이 철도기술을 기반으로 교통기술, 전기/통신기술, IoT기술 등 모든

첨단기술의 융합이 필요한 복합 시스템이므로 다양한 전문분야 연구진이 필수적이다. 이러한 융합 기술을 공동연구하기 위해 2017년 1월에 한국철도기술연구원, 한국기계연구원, 한국전기연구원, 한국전자통신연구원, 한국건설연구원, 한국교통연구원 등 6개의 정부출연연구소와 UNIST, 한양대 등 2개 학계가 “하이퍼튜브 공동 융합연구를 위한 업무협약”을 체결하였으며, 기관 주요사업을 통한 공동 기초연구, 국가 R&D 공동기획 및 연구 역할분담 수행 등을 할 계획이다. 향후 8개 기관 뿐만 아니라 하이퍼튜브의 각 소요핵심기술 분야에 관심이 있고 전문 역량이 있는 기관이 추가로 참여하는 것이 필수적이다.

5 맺음말

하이퍼튜브가 실용화되어 전국 주요 도시가 네트워크 되면 전국이 30분대 도시생활권으로 묶이게 되어 지역간 교육과 문화 격차 문제가 무의미해진다. 예를 들면, 해운대에 집을 가지고 서울로 출퇴근이 가능하게 되는 등 생활의 패러다임이 바뀌게 될 것이다. 기술적으로 보면 세계 최초로 튜브형 초고속 신교통시스템 기술을 확보하게 되어 세계 기술을 선도하고 세계 시장을 선점함으로써 신산업 창출과 경제성장 저반 확대가 기대된다. 하이퍼튜브는 목포-제주, 한-중, 한-일 해저터널 노선에 활용이 가능하고, 통일 및 남북철도 연결과 유라시아 대륙 연결 노선 등에 활용될 수 있다. 또한, 세계 100여개 국가, 2000여개의 하이퍼튜브 노선 수요에 대한 선제적 대응이 가능하다.

참고문헌

1. J.H. Ausubel, C. Marchetti, P. Meyer, "Toward green mobility: the evolution of transport", European Review, Vol.6, No.2, 137-156
- 2) 미래창조과학부 (2017), "기술이 세상을 바꾸는 순간 - 미래세상을 만들어가는 혁신적 기술의 확산", 225-231