

하이퍼루프, 2020년 안에 실현된다

김훈태 수석연구원, 동향분석센터 (htkim77@posri.re.kr)

목차

1. 예상을 앞지른 상용화 속도
2. 기술 개발 현황과 과제
3. 비즈니스 모델 개발 전략
4. 향후 관전 포인트

Executive Summary

- 터널 속 공기를 뽑아내고 진공 속을 초음속으로 달리는 미래형 열차, 일명 하이퍼루프의 첫 시험 주행이 성공한 이후, 상용화에 대한 관심이 크게 높아짐
 - 일론 머스크가 2012년 하이퍼루프의 가능성을 제기한 지 4년 만인 지난 5월11일, 하이퍼루프 개발을 주도하고 있는 대표 기업인 하이퍼루프원은 기술적 실현 가능성을 공개적으로 보여 주는 가속 주행 시험에 성공
 - 하이퍼루프원은 U\$1억 이상의 자금을 조달해 테스트 트랙 및 프로토타입 제작을 통한 파일럿 테스트 실행 기반을 마련
 - 스웨덴, 핀란드, 러시아, 슬로바키아 등이 사업 타당성 검토 및 구체적 관심을 표명한 가운데, LA-샌프란시스코보다 유럽 혹은 아시아에 첫 하이퍼루프가 건설될 것이라는 기대도 확산
- 자기부상(maglev) 방식 등 핵심 기술에 대한 실증 테스트 통과가 다음 과제
 - 하이퍼루프원은 새로운 자기부상 기술, 마찰과 공기 저항을 줄일 가압기(compressor) 기술, 공기베어링(air bearings) 기술 등 일론 머스크가 제시한 기술을 빠르면 올해 말부터 내년 초에 걸쳐 하나씩 실증해 간다는 계획
 - 실증 테스트가 순조롭게 진행되어 기술적 과제가 해결된다면, 러시아 등 관심을 표명한 국가에서 구체화된 프로젝트가 빠르게 추진되겠지만, 실패를 거듭할 경우 투자 분위기가 빠르게 사그라질 가능성도 큼
- 하이퍼루프 실현을 위해서는 기술적 과제와 함께 경제적으로 수익성이 있는 사업모델을 만드는 것도 해결해야 할 과제
 - HTT(하이퍼루프원의 경쟁사)는 기술적 과제도 해결하고 사회적 관심과 정치적인 이슈를 해결하기 위해 크라우드 방식으로 프로젝트 추진 중
 - 다시 말해, 성공 시 스톡옵션을 제공한다는 조건 하에 보잉·NASA 등에서 일하는 500명 이상의 전문가와 약 80개 기업이 파트너로 참여해 프로젝트 추진 중
 - HTT CEO 더크 알본은 “문제는 기술이 아니라 비즈니스 모델 혹은 사회적 인식 등 다른 곳에 있다”면서 “열정만 있으면 어떤 문제든 해결 가능하다”고 주장
- 해결 과제가 많지만, 4년 뒤 상업화 여부를 관심 가지고 지켜 볼 필요 있음
 - 러시아는 중국 지린성과 연해주를 잇는 극동 프로젝트 실무팀을 구성해 하이퍼루프가 21세기 신 실크로드 건설의 기반이 될 것으로 기대하고 있음
 - 튜브 제작비가 전체 시공비의 약 15%를 차지할 것으로 예상되고 튜브 제작 소재는 철(steel)이 될 가능성이 매우 높아 신규 강재 수요처로 부상할 가능성도 기대됨

1. 예상을 앞지른 상용화 속도

□ 하이퍼루프원, 첫 시험 주행 성공으로 기술적 가능성을 보여줌

○ 2016년 5월 11일, 하이퍼루프원(Hyperloop One) 가속 주행 시험에 성공

- 추진체는 1.1초 동안 시속 187km(116 마일)의 속도로 주행했고 제동 장치가 없어 모래를 이용해 정지시킴
- 초음속 자기부상열차 하이퍼루프의 기술적 실현 가능성을 공개적으로 보여준 첫 사례
- 하이퍼루프원*은 2019년까지 화물을, 2021년까지는 사람을 하이퍼루프로 이동시킨다는 목표를 가지고 있음

* 하이퍼루프원의 원래 이름은 'Hyperloop Technologies'였으나 HTT(Hyperloop Transportation Technologies)와 혼란을 일으킨다는 이유로 2016년 5월 Hyperloop One으로 사명 변경

○ 하이퍼루프원은 HTT(Hyperloop Transportation Technologies)와 경쟁적으로 하이퍼루프를 개발 중이며 2014년 설립된 스타트업(Start-up)

- 설립 직후 초기 자금 U\$37백만(약 440억원) 모집에 성공했고, 최근의 추가 자금 모집에서 프랑스 국영 철도회사(SNCF), GE벤처스 등 총 137개 투자자로부터 U\$8천만(약 952억원)을 유치함
- 추가 자금 유치에 성공해 파일럿 프로젝트를 추진할 수 있는 기반을 확보함

〈사진 1〉 썰매(sled) 형태의 운반체가 달려가는 모습



출처: BBC 뉴스(<http://www.bbc.com/news/world-us-canada-36273151>)

□ 기술적 성공과 함께 경제성 확보해야 가능

○ 하이퍼루프 실현에 필요한 기술적 과제들이 산적해 있음

- 빠르고 편리하면서 경제적이기까지 한 하이퍼루프가 실현된다면, 인간 생활에 큰 변화를 줄 정도로 파괴적인 혁신이지만 문제는 실현 가능성
- 일론 머스크가 2013년 공개한 자료에 따르면, “하이퍼루프는 지름 약 3.5m의 원통 모양의 튜브 속을 28인승 포드(pod)가 최고 시속 1,200km로 달려 LA에서 샌프란시스코(약 560km)를 약 30분에 주파할 수 있다”고 주장
- 실현을 위해서는 수십 킬로미터 길이의 튜브 속 압력을 표준 대기압의 1/1000 이하로 유지하는 기술, 차량 부양 기술, 가속 기술, 정지 기술, 내진 기술, 에너지 효율화 기술, 승객들이 불편함을 느끼지 않도록 하는 기술 등이 개발되어야 함

○ “건설 비용이 너무 낮게 책정되었다”는 비판을 반박할 정확한 자료 없음

- 일론 머스크는 “LA와 샌프란시스코 구간을 약 U\$60억, 1마일당 U\$11.5백만 으로 건설할 수 있으며 이것은 기존에 계획하고 있던 고속철도 건설비의 1/10 수준”이라고 주장했음
- 반면, 교통 전문가와 하이퍼루프원의 CTO 등은 머스크가 예상 비용을 낮게 예측했다면서 1마일당 최저 U\$5백만에서 최대 U\$2천만이 필요한 것으로 추산

○ 하이퍼루프를 비판적으로 보는 전문가들은 “기술적 과제는 오히려 쉬운 부분이고, 경제성 확보가 관건”이라고 주장

- 고비용으로 2003년 퇴출된 초음속 제트기 콩코드와 같은 운명을 피하기 위해서는 상업적으로 수용 가능한 수준으로 비즈니스 모델을 만드는 것이 관건
- 남가주대학의 제임스 무어(James Moore II) 교수는 “승객 안전, 자원, 부지 확보 문제 등 상업화에 앞서 정책적으로 해결해야 할 문제가 많다”고 지적

□ 러시아 등 자국 유치에 적극적인 국가들 다수 출현

○ 투자자 모집에 성공하면서 하이퍼루프 구현 가능성이 한층 높아지고 있음

- 하이퍼루프가 처음 발표될 당시만 하더라도 상업적 실현까지는 상당 기간이 소요될 것으로 예상되었지만, 겨우 4년이 지난 현재 기술적인 성과는 물론 프랑스와 독일의 철도회사, 러시아 등의 대기업까지 투자에 참여하면서 원활한 자금조달이 이루어지고 있음
- 일론 머스크의 아이디어라는 점, 하이퍼루프 프로젝트에 대한 오바마 대통령의 직접적 관심 표명과 2014년 두 사람의 만남 등도 기대감을 키운 요인으로 작용함

○ 러시아, 슬로바키아, UAE 등이 관심을 표명하면서 최초의 하이퍼루프는 유럽이나 아시아에 건설될 것이라는 전망 확산

- 2016년 6월 상트 페테르부르크 국제경제포럼에서 러시아 교통부와 하이퍼루프원 간에 2020년 초까지 러시아 극동 도시 자루비노(북한의 나진과 러시아의 블라디보스토크 중간 쯤에 위치)의 슬라반카항과 중국 지린성을 연결하는 300억 루블(약 5,100억원) 규모의 프로젝트 추진과 자금 지원에 대한 협정이 체결됨
- 하이퍼루프원에는 설립 초기부터 러시아 Summa 그룹 등의 자금이 투입되었다고 전해짐. 하이퍼루프원의 부사장은 "러시아는 스푸트니크 1호로 세계 최초의 인공위성 발사 국가가 되었듯이 초고속 철도에서도 동일한 일이 일어나기를 기대하고 있다"고 전함
- 이 밖에 하이퍼루프원은 영국, 캐나다, 싱가포르, 아랍에미리트 등과도 논의 중
- HTT는 중국, 인도, 인도네시아 등 14개 국가 고위층을 만났으며 쿠웨이트, 바레인, UAE 등의 교통분야 고위 공무원과 면담했다고 전함

〈표 1〉 하이퍼루프 관련 주요 뉴스

시점	뉴스 내용
2012년 7월	일론 머스크, 제5의 교통수단으로 하이퍼루프의 가능성과 비전 최초 제시 (Hyperloop = hypersonic speed + loop)
2013년 8월	일론 머스크, 하이퍼루프에 대한 설계 공개 및 오픈소스화 추진 발표
2015년 5월	HTT, 캘리포니아 퀘이 밸리(Quay Valley)에 5마일 규모의 실증 테스트 트랙 건설 발표
2015년 6월	스페이스X, 하이퍼루프 포드(pod) 디자인 컴피티션(SpaceX Hyperloop Pod Competition) 추진 발표. 스페이스X가 위치한 호돈(Hawthorne) 근처에 1마일 길이의 테스트 트랙 건설 발표
2016년 1월	스페이스X, 하이퍼루프 포드 디자인 컴피티션에서 MIT팀 우승, 금년 여름 실제 주행 환경에서 테스트 추진 예정
2016년 5월 10일	Hyperloop One, 첫 주행 테스트 성공 Hyperloop One으로 사명 변경
2016년 7월 05일	하이퍼루프원, 스웨덴 스톡홀름과 핀란드 헬싱키 연결 프로젝트 공개
2016년 7월 20일	UNIST 하이퍼루프 기술 개발 시작
2016년 7월 29일	하이퍼루프원, 첫 제조 공장 오픈

출처: 각 언론사 발표 자료 종합

2. 기술 개발 현황과 과제

□ 하이퍼루프원, 2016년 내에 프로토타입 테스트를 계획 중

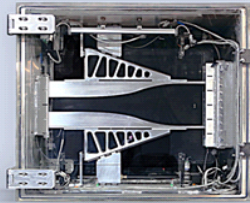
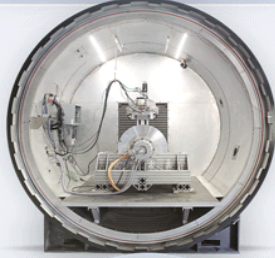
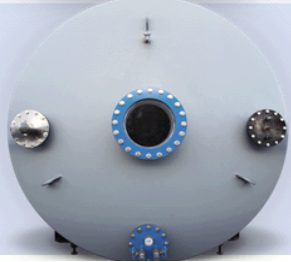
○ 지난 5월 테스트는 가속 기술에 대한 제한적 테스트

- 하이퍼루프원의 시험주행은 3km의 트랙에서 이루어졌고, 제동 장치가 아직 개발되지 않아 추진체는 모래 더미에 부딪히고 나서 멈춤
- 승객 탑승용 차체인 포드(pod)도 없었으며 튜브 밖에서 '하이퍼루프의 추진이 가능한가?'에 대한 제한적인 실험이었음

○ 하이퍼루프원, 2016년 7월 말에 첫 제조 공장 오픈 및 언론 공개

- 7월 28일, 하이퍼루프원이 라스베이거스 북쪽에 하이퍼루프 공장을 오픈함. 이 공장은 약 9,750m² 규모로 초기 인력으로 엔지니어, 기계공, 용접공 등을 포함한 170여 명의 직원을 배치
- 지금까지 연구 및 개발한 장비를 기반으로 올해 내에 프로토타입을 만들어 튜브 내부에서 가속도 실험과 실증 실험을 실시한다는 계획

〈표 2〉 하이퍼루프원이 지금까지 개발한 장비들

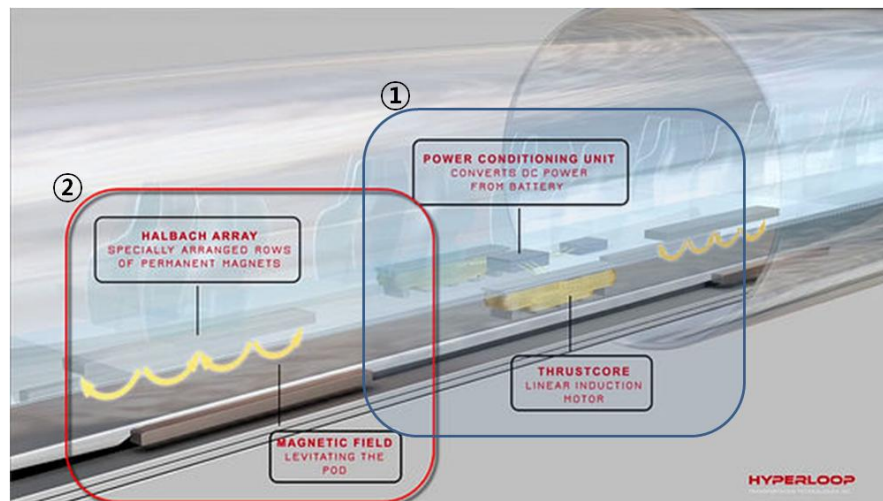
이름	용도	형태
BLADE RUNNER	기압을 1/1000까지 낮추는 과정에서 압축기 블레이드 및 공기 역학을 실험하기 위한 장치	
LEVITATION RIG	18 m ³ 의 크기로 기압을 1/1000 이하로 낮추는 실험에 활용됨. 로터는 300 m/초 이상의 속도를 만들어 냄. 하이퍼루프의 부상 시스템 시뮬레이션에 활용	
THE BIG TUBE	탄소강으로 제작되었으며 무게 약 70,000 파운드, 길이 50 피트, 직경 12 피트. Big Tube는 튜브 디자인, 진공 설계, 용접 설계, 제조 자동화 등 관련 유효성 검사에 활용됨	

출처: 하이퍼루프원 홈페이지(<https://hyperloop-one.com/hardware>)

□ HTT가 개발 중인 수동자기부상 방식

- 자석의 힘으로 주행하는 점은 기존 자기부상(magnetic levitation or maglev) 방식과 같지만 인프라 비용과 에너지를 크게 절감할 수 있는 새로운 방법 개발에 초점
 - HTT가 개발을 추진하는 '수동자기부상 기술'(passive magnetic levitation)은 두 개의 자석 시스템을 결합하여 추진과 부상의 힘을 얻는 구조
 - 첫 번째 시스템(아래 <사진 2>의 ①)은 차량에 탑재된 배터리에서 전력을 제어하는 전력 조정 장치(Power Conditioning Unit)와 리니어 모터 방식으로 차량에 추진력을 제공하는 쓰러스트 코어(Thrust core)로 구성
 - 두 번째 시스템(아래 <사진 2>의 ②)은 차체를 지면에서 띄우는 할바흐 배열(Halbach Array)의 인덕 트랙 방식 부상 시스템. 차체에는 할바흐 배열의 영구자석을 장착하고, 궤도 튜브 바닥에 코일이 내장되어 있음
 - 코일은 전원이 공급되지 않는 양쪽 끝이 닫힌 '폐쇄 회로'. 차체에 설치된 할바흐 배열의 영구자석이 코일에 가까워지면 유도 전류가 발생하여 반대 방향으로 자력이 발생해 부상력이 생김

<사진 2> 일론 머스크가 제시한 자기부상 시스템 원리



출처: CNBC, 유튜브 동영상(<https://youtu.be/izl6wdKT5hc>) 캡처 화면

○ 감속 시에는 리니어 모터를 역방향으로 작동시켜 브레이크로 사용함

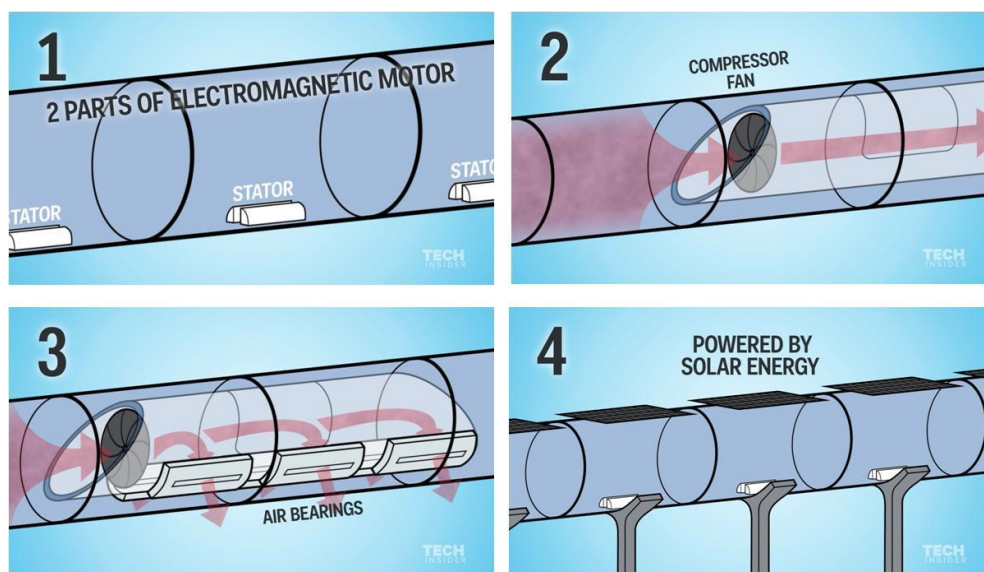
- 감속 시에는 전기 에너지를 회수해 배터리를 충전할 수 있는 회생 브레이크 시스템을 탑재해 전력 효율 향상
- 속도가 떨어지면 인덕 트랙 방식에 의한 부상력도 상실함. 차체가 궤도 튜브에 접촉하기 때문에 저속 시에는 타이어 또는 바퀴를 사용

□ 자기부상 기술은 입증된 지 45년이 지났지만, 적용 사례가 매우 적음

- 인덕 트랙 방식은 차량에 추진력을 가하는 것만으로 부상력을 얻을 수 있어 에너지 절감이 가능하지만, 아직 실현되지 않은 기술
 - “기존의 코일 대신에 영구자석을 사용하여 비용을 절감할 수 있다”고 주장하고 있으나 실현 가능성에 대해 비판 받고 있음
 - 미국의 군사용 프레데터 드론을 제작하는 GAAS(General Atomics Aeronautical Systems)는 냉장고 영구자석보다 1만 배나 강한 영구자석으로 450 피트 길이의 자기부상 트랙을 만들었다가 프로젝트를 결국 중단했음. 이를 기술적 어려움의 사례로 들어 비판하고 있음
 - 자기부상 기술은 1971년에 입증되었지만, 복잡하고 비용이 많이 들어 상업화가 지연되다가 2004년이 되어서야 상하이에서 상업적으로 실현됨. 상하이는 약 19마일의 자기부상 열차 선로를 건설했는데 1마일당 U\$63백만을 투입함
- 자기부상 기술과 함께 마찰과 공기 저항을 줄이기 위한 가압기 기술 등도 아직 개발되지 않음

1. 튜브 내 진공 유지 기술 + 전자기 모터 이용해 포드를 부양시키는 기술
2. 가압기를 이용해 공기를 뒤쪽으로 보내 추진력을 키우는 기술
3. 가압된 공기를 공기 베어링을 이용해 마찰을 더욱 줄이는 기술
4. 태양에너지를 이용해 운영효율을 극대화하는 기술 + 내진 기술 등

〈사진 3〉 하이퍼루프 실현에 필요한 주요 기술



출처: Science of Hyperloop, 유튜브(<https://youtu.be/6Ea8ly18uzs>)

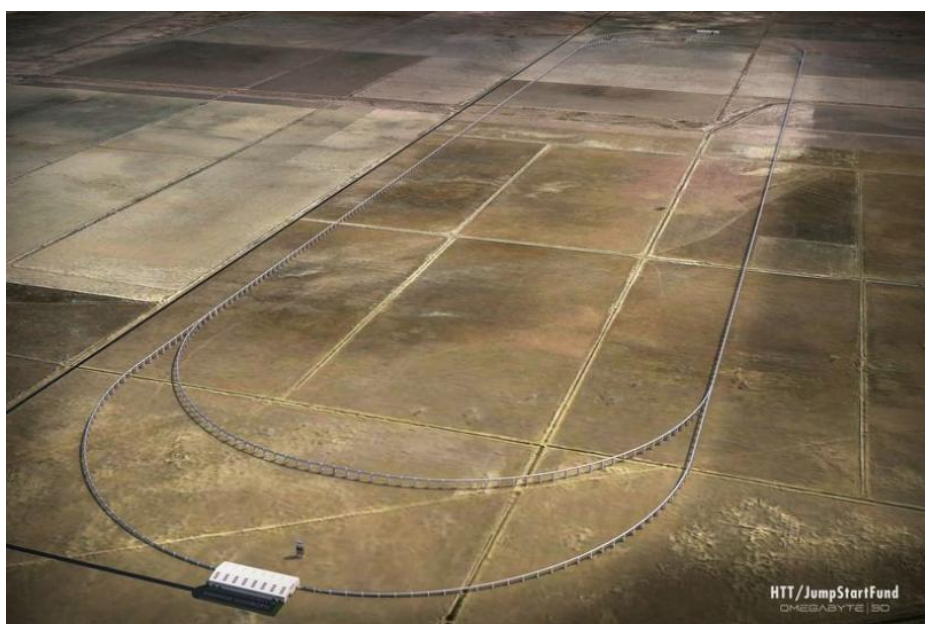
○ HTT는 '수동자기부상 기술' 특허 획득 등을 통해 기술적 과제 해결 중

- 자기부상 기술로 활용하기 위해 “로렌스 리버모어 국립 연구소(LLNL)로부터 인덕 트랙 방식 기술 독점 사용권을 확보했다”고 함
- 튜브 감압을 위해서 진공 기술을 개발하는 올리콘라이볼트베큘(Oerlikon Leybold Vacuum)과 제휴. 올리콘라이볼트베큘은 지금까지 CERN(유럽 입자물리학 연구소)의 대형 강입자 충돌기 개발 프로젝트에 참여해 온 회사로 “경험에 비추어 보면, 하이퍼루프의 감압 시스템 개발은 기술적으로 그리 어려운 것이 아니다”라고 밝혔음
- 이외에 스톡옵션 보상을 조건으로 미국 항공우주국(NASA)과 보잉, 스페이스X 엔지니어 등 전문가들이 기술적 과제 해결에 참여 중

○ 스페이스X는 2015년 하이퍼루프 차량인 ‘포드(pod)’ 설계 공모전 추진

- 공모전 심사 결과를 올해 1월 진행함. 전 세계 100개 대학팀이 참가한 가운데 MIT팀이 우승(우승상금 U\$15만)
- 포드(pod) 설계 분야에서 네덜란드 델프트공대, 미국 위스콘신대, 버지니아공대, 캘리포니아대학 등 22개 팀이 입상함
- 포드 설계 분야 입상 팀과 추진·자기부상·브레이크 분야 우승자들은 캘리포니아주 스페이스X 본사 인근에 건설 중인 하이퍼루프 실험 단지에서 자신들이 디자인한 포드를 조만간 실험할 계획

〈사진 4〉 SpaceX가 건설 중인 테스트 트랙



출처: International Business Times, [Elon Musk's Hyperloop Test Track Will Open 'Summer 2016'](#)

□ 우리나라도 자체 기술 개발 나서

○ UNIST는 7월 20일, 하이퍼루프를 위한 핵심 요소 기술 개발 추진 계획을 발표

- UNIST는 '유루프(U-Loop) 프로젝트'를 통해 하이퍼루프의 핵심 요소인 튜브 내 공기 저항을 줄이고, 마찰을 최소화하는 열차 부상 및 추진 기술을 개발할 예정이라고 함
- 프로젝트에는 5년간 14억원의 연구비가 투입되며 기계 및 원자력공학부, 전기전자컴퓨터공학부, 디자인 및 인간공학부 등의 교수가 다수 참여
- '유루프' 연구진도 자기부상 방식을 활용하는 등 HTT와 유사한 기술을 개발할 계획인 것으로 보임. 에너지 문제 극복을 위해 태양전지, ESS(전력 저장 배터리) 등 신재생에너지를 활용한 '지능형 전력망(Smart Grid)' 시스템을 구간별로 도입한다는 구상

○ 국토교통부는 6월 15일, 공청회 통해 하이퍼루프 육성 방안 논의

- 국토부 관계자는 "초고속열차 연구개발 지원 대상으로 하이퍼루프를 선정할 것인지를 철도사업 환경 변화를 고려하여 정할 예정"이라고 설명한 바 있음

3. 비즈니스 모델 개발 전략

□ 개발 주도하는 HTT와 하이퍼루프원, 같은 목표를 향해 다른 전략 추진

○ HTT는 다양한 사람과 기업의 참여 유도 통해 사람들의 생각과 사회적 여건을 조성하는데 초점

- HTT는 일론 머스크가 제시한 비전과 기술적 방법을 기반으로 출발. CEO인 더크 알본(Dirk Ahlborn)은 필요 자금을 조성하던 JumpStarter를 주도하다가 HTT의 CEO가 됨
- HTT는 일론 머스크의 오픈소스화 철학에 맞게 회사 소속 직원을 최소화하여 운영하고 스톡옵션을 기초로 프리랜서 형태의 프로젝트 참여자를 모집하여 개별 프로젝트 중심으로 운영

○ 하이퍼루프원은 네트워크를 기반으로 발 빠른 사업화 추진

- 100개 이상의 투자기관이 참여하고 있는 하이퍼루프원은 스페이스X 출신의 세르빈 피세바르(자금 담당)와 브로간 밤브로간(엔지니어)이 이끌고 있음

- 창립 직후인 2015년 2월, LA에서 라스베이거스 사이에 하이퍼루프를 건설한다는 계획을 발표할 정도로 발 빠른 행보를 보이고 있음
- 최초의 공개 테스트를 성공시켰고, 7월에는 스웨덴 스톡홀름과 핀란드 헬싱키 연결 프로젝트를 공개.
- 러시아 푸틴 대통령과 교통부 관계자 등 모스크바 중심의 하이퍼루프 네트워크 구축과 함께 극동 지역 프로젝트도 활발히 전개하고 있음

〈표 3〉 HTT와 하이퍼루프원 비교

	HTT (2013년 설립)	Hyperloop One (2014년 설립)
창업자	JumpStarter, Inc	Shervin Pishevar, Brogan Bambrogan(스페이스X 출신)
CEO	Dirk Ahlborn / Bibop Gresta	Rob Lloyd (前 Cisco 사장)
조직	NASA, 보잉, 국립연구소에서 일하는 연구원 등 프리랜서 약 500명	엔지니어, 디자이너 등 직원 약 100명
주요 협력사	Ansys, GloCal Network Corporation, UCLA Architecture & Urban Design 등	AECOM, Amberg Group, ARUP, Deutsche Bahn, FS Links Ab, KPMG 등

□ HTT, 협력 생태계 조성을 중시하는 전략 추구

- HTT, 클라우드 소싱 방식으로 프로젝트를 진행 중이며 약 500명의 연구원과 80개 기업이 참여
 - CEO 더크 알본은 하이퍼루프 프로젝트를 엔지니어, 과학자, 반테러 전문가 등을 비롯 여러 전문가들이 펼치는 "운동(movement)"이라고 주장
 - 보잉이나 NASA 등에서 일하는 참여자들이 여가 시간을 이용하여 하이퍼루프 실현에 공헌하고 있음. 프로젝트 참여자들은 의견과 아이디어를 제공함
- 2013년, 일론 머스크의 하이퍼루프 구상을 실현시키기 위한 프로젝트를 추진한다고 발표하자 많은 사람들이 참여를 희망했음
 - 스톡옵션을 대가로 1주일에 10시간 이상 참여 가능한 사람을 모집했는데, 공모 즉시 200명 이상이 자원했고 지금도 확대되고 있음
 - 기술적 아이디어를 비롯해 참여자들이 제시하는 다양한 의견을 집약하는데, 예를 들어 "탑승권(발권)이 필요할 것인가?"라는 질문을 던지면 참여자들이 이에 대한 아이디어를 제시하는 방식임

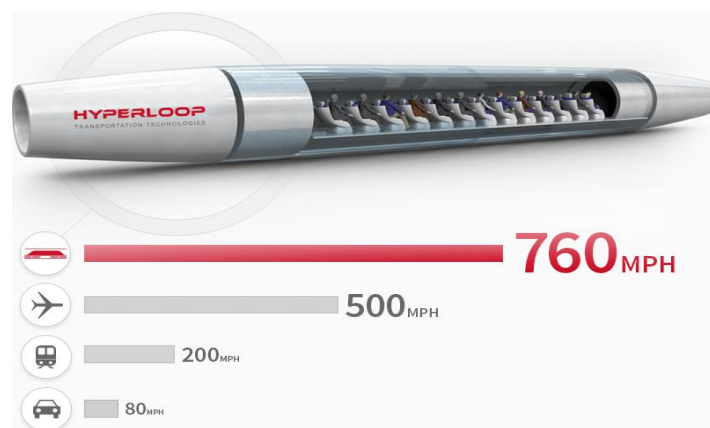
○ HTT의 CEO 더크 알본(Dirk Ahlborn)은 "열정이 중요하다"고 강조

- 자신처럼 열정을 가진 사람을 찾을 수 있다면, 클라우드 소싱 형태로도 얼마든지 성공적으로 프로젝트를 진행할 수 있다고 자신함
- 맨해튼 프로젝트(2차 대전 중 원자폭탄 개발 프로젝트)에 참여한 경험이 있는 과학자와 이제 대학을 갓 졸업한 젊은 엔지니어들이 같이 참여하고 있으며 민주적인 운영을 통해 협력함
- 알본 CEO는 "하이퍼루프의 실현 가능성에 의문을 제기하고 비판하는 의견도 적지 않다"면서 "비판적인 의견도 유용하다"고 말함. 문제점을 지적할 때마다 계획을 재검토하는 계기가 되기 때문이라고 함

○ HTT는 "강철보다 10배 강하고, 무게는 알루미늄의 1/5에 불과한 바이브라늄을 개발했다"고 주장

- HTT는 "슬로바키아의 c2i사와 협업하여 바이브라늄(Vibranium)이라는 신소재를 개발했다"고 발표함. 만약 경제성이 있다면, 탄소섬유를 대체할 것으로 예상되지만, 아직 검증되지 않았음
- HTT는 하이퍼루프의 포드(pod)를 두 겹의 바이브라늄으로 만든다는 계획. 승객 안전이 최우선이기 때문에 해당 소재를 채택했다는 설명
- 흥미로운 것은 이 신소재의 이름인데 바이브라늄(Vibranium; 가상의 나라 아프리카 '와칸다'에서 채굴되는 상상의 희소 금속)으로 정했는데 이것은 만화영화 캐릭터인 캡틴 아메리카가 사용하는 방패의 소재에서 차용한 것
- 영화나 소설에서 친근한 이야기를 차용해 하이퍼루프 사업을 대중에게 알리는 전략으로 보임

〈사진 5〉 바이브라늄으로 만들겠다는 HTT의 포드(pod) 모형과 속도 비교



출처: HTT 홈페이지 (<http://hyperlooptransp.com/#/>)

○ 슬로바키아와 하이퍼루프 구축 프로젝트도 진행

- HTT는 2016년 3월에 슬로바키아의 수도인 브라티슬라바(Bratislava)와 비엔나(오스트리아)와 부다페스트(헝가리) 간에 하이퍼루프를 구축하는 프로젝트의 추진 가능성을 모색하기로 슬로바키아 정부와 협약을 체결했음
- 브라티슬라바와 비엔나는 직선으로 약 56km로 하이퍼루프가 건설되면 8분 안에 이동이 가능해 짐. 부다페스트와는 160km로 10분 정도 소요

□ 하이퍼루프원, 여러 국가와의 협력사업을 기반으로 빠른 상용화 추진

○ 스웨덴 스톡홀름과 핀란드 헬싱키 연결 프로젝트 타당성 조사 완료

- 7월 5일, 하이퍼루프원은 “스웨덴 스톡홀름과 핀란드 헬싱키를 하이퍼루프로 연결하는 사업 기술 타당성 조사 자료”를 공개했음
- 스톡홀름과 헬싱키의 거리는 약 482km로 현재 두 도시간 주요 교통수단은 비행기. 비행기로 두 도시를 여행할 경우, 실제 비행 시간은 약 1시간, 수속이나 대기시간을 포함하면 약 3.5시간, 페리로는 17시간 30분이 소요
- 하이퍼루프로 두 도시가 연결되면, 약 28분 만에 도착 가능. 두 도시를 하이퍼루프로 연결해 절약된 시간을 환산하면, 연간 3억 2천 1백만 유로(약 4,136억원), 1년에 4,300만 명의 승객을 수송해 10억 유로(약 1조 2,887억원)의 수익을 거둘 수 있다”고 밝혔음

〈사진 5〉 하이퍼루프 노선도 및 구간별 소요시간



출처: Stockholm-Helsinki 연결 프로젝트에 대한 Pre-feasibility Study 자료
(파일명: 160704-HyperloopOne-FSLinks_KPMG-presentation.pdf)

- 하이퍼루프원은 발트해의 해저 바닥에 튜브를 설치해 터널로 연결하는 방법을 제시. 이를 위해 190억 유로(약 24조원)의 건설 비용이 예상되지만, 이는 고속철도의 1/10 수준이라고 주장
- 바다로 격리된 두 도시의 여행시간을 크게 단축시키는 것은 경제적으로 큰 의미가 있으며, 발트해의 지정학적 불편함을 극복할 수도 있다고 주장
- 하이퍼루프원은 스위스, 영국, 핀란드, 스웨덴, 두바이 등과 비슷한 조사 진행 중

○ 러시아 정부와 극동 프로젝트 추진 위해 실무팀 구성

- 막심 소콜로프 러시아 교통부 장관은 6월 16일, 상트페테르부르크 국제경제포럼(SPIEF)에서 하이퍼루프원에 러시아 극동지역의 하이퍼루프 건설을 제안
- 러시아 교통부는 해당 프로젝트가 국가 지원사업이며 중국 지린성과 연해주 슬라반카 항을 잇는 ‘연해주-2’ 교통물류회랑의 일환으로 추진될 수 있을 것으로 기대
- 러시아 교통부는 하이퍼루프원 측과 러시아 초고속열차 건설을 위한 실무팀을 구성해 올 9월 하이퍼루프의 첫 70km 구간을 착공할 가능성도 있다고 함
- 총 연장 70km를 일반 철도로 건설하려면, 300억~400억 루블이 필요하지만 하이퍼루프는 이보다 30% 정도 적게 들어 경제성이 있는 것으로 평가되고 있음

○ 모스크바에 하이퍼루프 건설 타당성 조사

- 포춘(Fortune)지는 6월 21일 “러시아의 권력자(Russian Oligarch)가 ‘하이퍼루프원의 러시아 모스크바 하이퍼루프 건설 프로젝트’를 지원하기로 했다”면서 프로젝트 추진 타당성 조사를 위한 계약 체결 소식을 보도함
- 1,600만 명이 거주하는 모스크바를 기점으로 하이퍼루프를 대중 교통 수단으로 활용할 수 있을 지에 대한 조사를 실시하기 위한 것
- 더 나아가 유럽 전역과 중국까지 저렴하고 빠르게 화물을 보낼 수 있는 고속 화물 시스템을 구축한다는 목표를 가지고 있음
- 하이퍼루프원의 세르빈 피세바르 CEO는 “궁극적인 비전은 혁신적인 新 실크로드를 러시아와 추진하는 것이다”(Our longer term vision is to work with Russia to implement a transformative new Silk Road)고 표명

○ 하이퍼루프원, 올해 말에 진공 튜브와 좌석까지 포함한 시스템 시연 계획

- 지난 5월 시험 주행 테스트를 진행한 라스베이거스 북부 지역에 프로토타입 테스트를 위한 시설을 건설하고 있음. 만약 프로토타입을 이용한 튜브 내에서 제대로 운영된다면 관련 사업들이 탄력을 받을 것으로 예상됨

〈사진 6〉 하이퍼루프원이 추진 중인 테스트 트랙 현장과 튜브



출처: 하이퍼루프원 홈페이지

4. 향후 관전 포인트

□ 경제성 있는 비즈니스 모델을 만들 수 있을까?

- HTT의 CEO 알본, “문제는 기술이 아니라 비즈니스 모델 혹은 사회적 인식 등 다른 곳에 있다”
 - 다양한 창업 경험이 있는 알본은 “기술은 어려운 문제가 아니다. 이익을 어떻게 내느냐에 있다. 이용자가 지속적으로 이용하고 싶어지는 안전성과 편리성을 확보하고, 에너지 절약 문제를 해결해야 한다”고 설명함
 - 알본은 “현재의 철도시스템이 100년 전의 것”이라고 지적하면서 선로는 마차 바퀴에 맞게 만들어진 것으로 속도와 안전성은 향상되었지만, “시간적 불편함, 교통 체증, 대기 오염 등의 관점에서 이제는 바꾸어야 할 시점이 되었다”고 강조
- “하이퍼루프가 환경적, 사회적, 경제적으로 가져다 줄 이득이 투자 비용을 초과하고도 남는다”고 알본이 설득하는 과정에 주목하면서 향후 전개과정을 살펴볼 필요가 있음
 - “사회 문제를 직시하는 것이 혁신의 본질이며 기술은 수단에 불과하며 현재의 기술적 한계를 변명해서는 안 된다”고 주장함

- “혁신기업가가 등장해 기술 진보를 가속화하고 동시에 비즈니스 모델 자체를 진화시킴으로써 사회구조에 지각 변동이 일어나도록 만든다”는 사고
- “좋은 기술을 사업화한다”거나 “핵심역량을 기반으로 사업을 확장한다”는 일반적 접근방식과는 차이가 있음

□ 아시아-유럽 잇는 21세기 新 실크로드 구축될까?

○ 러시아, 하이퍼루프가 新 실크로드를 만드는 기반이 될 것으로 기대

- 교통부 장관 맥심 소콜로프는 “총 U\$2억 규모인 러시아-중국 투자 펀드가 러시아 최초의 하이퍼루프에 재정적 도움이 될 것”이라고 발표
- 러시아와 중앙아시아를 통해 유럽에 진출하려는 중국이 무역을 확장하는 새로운 실크로드 이니셔티브로 그 가능성을 높일 수 있음

○ 러시아가 하이퍼루프 구상에 참여하는 목적 중 하나는 사람보다 물자의 고속 수송에 관심이 크기 때문임

- 유가 폭락과 우크라이나 사태로 인한 유럽연합(EU)과의 관계 악화 등으로 러시아 경제가 침체되면서 푸틴의 중국 의존도는 높아지고 있음
- 중국과 무역에 사용되는 화물 열차의 평균 속도는 시속 16km에 불과함. 이 수송 속도를 크게 높이는 것은 경제적 이점이 크다고 생각하고 있음
- 푸틴은 시진핑 취임 이후 중국을 네 차례 방문함. 지난 6월 두 정상은 모스크바와 카잔 사이를 고속철도로 연결하는 U\$150억 규모의 프로젝트를 포함하여 에너지, 농업, 인프라 등의 분야에서 30개 이상의 협력 협정을 체결
- 드미트리 메드베데프 대통령은 "푸틴 대통령이 프로젝트에 큰 관심을 나타내고 실현을 위한 지원을 약속했다"고 전함
- 하이퍼루프원이 튜브 주행 시험에 성공하면, 2020년 실용화를 위한 추가 개발 자금을 러시아 자본이 담당할 가능성이 높은 것으로 예측됨

□ 튜브 제작 소재는 철(steel), 강재 수요 얼마나 될까?

○ 전체 시공비의 약 15%를 차지할 것으로 예상되는 튜브 제작비

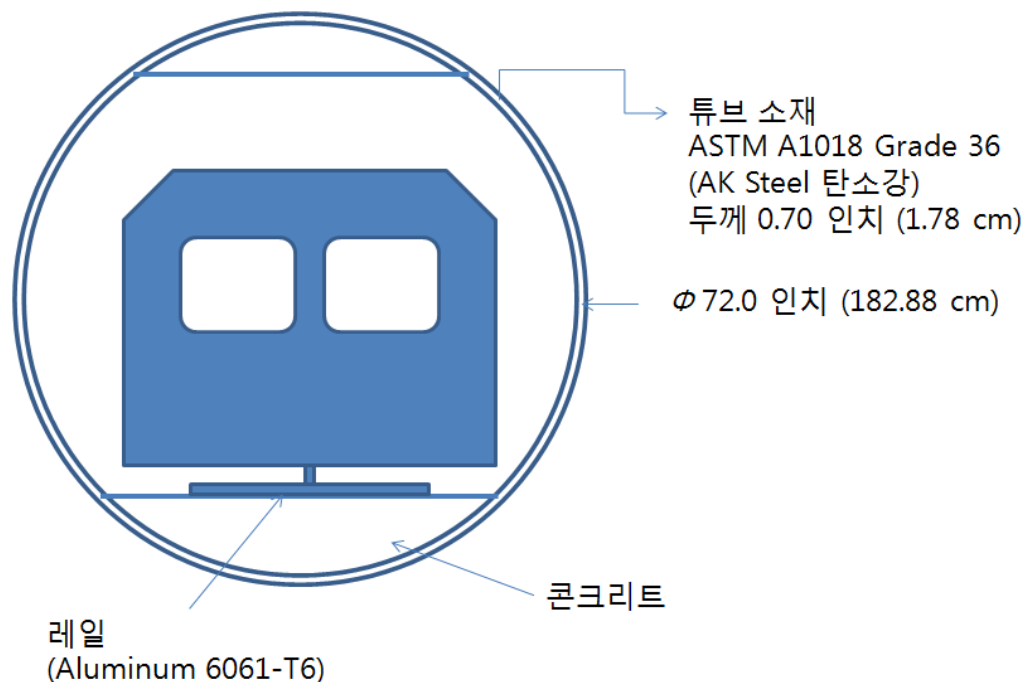
- 모든 라인에 진공 튜브가 설치되어야 하므로 튜브 제작 비용이 큰 부분을 차지할 것으로 예상됨

- 2013년 발표된 ‘하이퍼루프 알파’(Hyperloop Alpha) 문서에 의하면, LA와 샌프란시스코를 연결하는데 들어가는 총 비용 U\$60억 중에서 포드 제작비는 약 1%이고, 나머지는 튜브 설치에 필요한 비용
- 튜브를 연결하고, 교각을 세우고, 터널을 시공하는데 약 U\$44억(약 74%)이 소요되고 나머지가 부지 확보 비용
- 튜브 제작 비용은 U\$6.5억으로 전체 비용에서 약 11%를 차지하고, 전체 시공비 중에서는 약 15%를 차지함
- 철강재가 최우선적 튜브 제작 소재로 고려되고 있음. 복합소재에 대한 논의도 있으나, 비용 때문에 어려울 것이라는 생각이 지배적임
- 운행에 지장이 없는 최적의 튜브를 구축할 수 있는 최소 비용의 튜브 제작 방법과 소재 대안을 마련하는 것도 매우 중요한 이슈임

○ 제작 사양서에 튜브 소재로 철강재(steel)를 명시

- 하이퍼루프 알파 문서에서는 “비용과 용접의 용이성 때문에 철강재를 사용”하는 것으로 기술
- 지난 2월에 스페이스X가 발간한 하이퍼루프 테스트 트랙 제작용 설비사양서(SpaceX Hyperloop Test-Track Specification)에는 AK Steel의 탄소강을 적용하는 것으로 나타나 있음

〈사진 7〉 스페이스X의 테스트 트랙 규격



The parameters of the Hyperloop test track are:

- Material: ASTM A1018 Grade 36
- Outer diameter: 72.0 inches
- Inner diameter: 70.6 inches
- Wall thickness: 0.70 inches
- Length: Between 4150 and 5000 feet (1.25 and 1.51 km)
- Radius of Curvature: Greater than 15 miles (24 km) at all points
- Subtrack material: Aluminum 6101-T61
- Subtrack roughness: 125 RMS with potential for occasional surface scratches up to 0.008"
- Subtrack thickness: 0.5 inches
- Concrete height: 9.4 inches (may be adjusted by up to 1.5 inches at a later time)
- Rail Material: Aluminum 6061-T6
- Internal Pressure: 0.125 – 14.7 PSI (see note at end of section)

출처: SpaceX, SpaceX Hyperloop Test-Track Specification, 2016.2.18

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서/논문]

SpaceX, SpaceX Hyperloop Test-Track Specification, 2016.2.18

Elon Musk, Hyperloop Alpha, 2013.5

[홈페이지]

HTT 홈페이지 (<http://hyperlooptransp.com/#!/>)

Hyperloop One 홈페이지 (<https://hyperloop-one.com/>)

UNIST, 꿈의 열차 ‘하이퍼루프’ 연구 출발! (<http://news.unist.ac.kr/kor/20160721-01/>)

[언론]

Brock Press, Hyper loop: the transportation of the future?, March 29, 2016

일본 Forbes, 社会問題も解決する「ハイパーLOOP」構想の全貌, 2016.6.16

일본 Forbes, 「新しい取り組み、より良い手法」はすべてテクノロジーだ, 2016.6.1

일본 Forbes, ハイパーLOOPがドイツ鉄道、仏国鉄と提携 世界展開を視野に, 2016.5.12

일본 Gigazine, ロシアが超高速移動体「Hyperloop」計画へ参戦決定、プーチン大統領も乗り気なわけとは? 2016.7.24

Bloomberg, Putin Jumps Into the Race to Build a Hyperloop, 2016.7.7

MIT Tech. Review, The Unbelievable Reality of the Impossible Hyperloop, 2016.5.10