

# 도시형 연료전지 궤도차량 시스템

## Fuel Cell Track Rapid Transit for Metro Area

장 세 기\*,      목 재 균\*\*,      문 경 호\*\*\*  
Seky Chang,    Jai Kyun Mok,    Kyeong Ho Moon

---

### ABSTRACT

Both traffic congestion and air pollution in the metropolitan area can be greatly relieved by promoting the use of public transportation with zero emission system. Bus and subway are very convenient means for the people moving in the route areas. But they are not enough to satisfy handicapped or old people to have access to them and also do not solve environmental problems completely. New vehicle system, fuel cell track rapid transit, will be introduced as a countermeasure for such problems in the present paper.

---

### (국문요약)

대도시 및 대도시권의 인구 집중화 현상이 지속됨에 따라 교통문제는 갈수록 복잡해져가고 있다. 도로의 확장 및 증설이 지속적으로 진행되지만 늘어나는 자동차의 도로 점유율을 따라가기에는 부족한 실정이다. 자동차의 증가는 도로의 정체현상을 유발하는 동시에 매연문제 또한 심각한 수준에 이르게 한다.

이와 같은 교통문제들을 완화시키기 위해서 도심권에서는 자동차의 진입을 억제하고 대중교통의 이용을 권장하고 있다. 대표적인 도시의 대중교통 수단인 지하철은 매일 수백만 명의 출퇴근 수단으로 이용되면서 도심지의 교통체증을 크게 완화시키는데 기여하였다. 지하철은 정시성이 우수하여 도로의 정체와 무관하게 승객을 원하는 장소까지 이동시킬 수 있는 커다란 장점이 있다. 그러나 지하철 차량까지 접근하기 위해서는 수백 개의 계단을 내려와야 하며 환승 시에도 수백 미터를 걸어야하거나 계단을 오르내리는 불편함을 겪어야한다. 신체적으로 건강한 사람들에게는 별 문제가 안 될 수 있으나 노약자 또는 짐이 많은 승객에게는 그러한 일련의 과정들이 지하철의 사용을 회피하게 만드는 요인으로 작용할 수 있다. 더욱이, 장애자들은 지하철 사용을 거의 포기하여야 할지도 모른다. 지하철 역사마다 보행 장애자를 위한 시설이 설치되어 있지만 현실적으로 그러한 시설들을 쉽게 이용하기가 용이치 않은 실정이다.

지하철은 초기 공사비가 다른 교통수단에 비하여 상대적으로 과다하게 소요되며 공사 기간 중에는 도로를 이용하는 차량 및 보행자들에게 공사기간 내내 많은 불편함을 주고 있다. 또한 지하철은 일단 노선이 완공되면 노선변경이 쉽지 않으므로 승객들은 환승을 통하여 목적지까지 가야

---

\* 한국철도기술연구원 책임연구원/정회원

\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원/정회원

\*\*\* 한국철도기술연구원 주임연구원/정회원

된다. 이 과정에서 육상교통을 이용하는 경우보다도 많은 이동시간이 걸리기도 한다. 이러한 문제점에 대한 대안으로서 도심과 도심권 주택단지를 연결하는 고급화된 직행버스 노선들이 활성화되고 있다. 버스는 승객의 수요에 따라 노선 및 정류장을 승객이 접근하기 좋은 장소로 이동시킬 수 있으므로 지하철의 정시성에도 불구하고 보다 편리하게 타고 내릴 수 있는 버스를 이용하는 경우가 많다.

그러나 버스는 도로 위를 운행하므로 도로의 정체에 따라 이동시간의 변화 폭이 매우 크고 원하는 시간에 원하는 장소까지 갈 수 없는 경우가 종종 발생한다. 따라서 정해진 시각에 정류장에 버스가 도착하지 못하고 승객들은 정류장에서 버스가 도착할 때까지 계속 기다려야한다. 또한 버스는 정류장의 정해진 위치에 정확히 정차하기 보다는 도로 사정에 따라서 편한위치에 정차를 시키는 경향이 있다. 결국 노약자들은 예측할 수 없는 버스의 정차위치를 따라가지 못하고 버스를 놓치게 되거나 힘들게 버스 입구에 도착하여도 두세개의 계단을 올라가야 하는 번거로움이 기다리고 있다. 더욱이 양손에 짐이 많을 때는 건강한 사람이라도 버스를 타기가 쉽지는 않은 편이다.

결국 많은 사람들은 비용이 많이 들더라도 자가용을 이용하게 된다. 따라서 정부는 대중교통을 편안하고 접근하기 쉬운 교통수단으로 바꾸어 놓은 다음에 자가용의 사용을 강제로 억제시켜야 한다.

이미 교통 선진국에서 개발되어 사용되고 있으며 우리나라에도 소개되어 일부 노선에서 사용되고 있는 2량 1편성의 BRT(Bus Rapid Transit)는 위와 같은 지하철과 버스의 문제점을 해결할 수 있는 대안을 제시할 것으로 보인다.

### 친환경적인 무공해 동력원

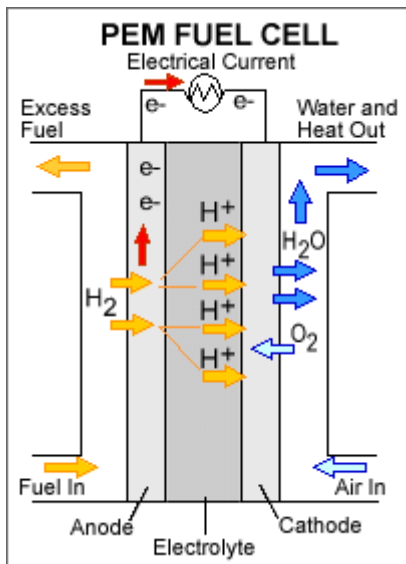


Fig.1 연료전지 작동원리

이미 정부 및 서울시에서는 신교통 수단으로 BRT를 도입하여 대중교통망이 취약한 지역에서 운행시키고자 하고 있다. BRT에는 여러 종류가 있으나 최근에 유럽을 중심으로 발전되고 있는 형태는 버스와 경전철의 장점을 갖춘 형태로서 전문가들은 경전철의 특성에 더욱 가깝다고 평가를 한다. 경전철은 시간당 수송능력이 5만명에 달하지만 BRT는 약 70%인 3만5천명 수준이다. 하지만 BRT는 경전철에 비해서 건설비가 낮고 건설기간도 짧으며 운영비도 매우 낮은 편이다. 더욱이 노선을 연장하거나 축소 또는 변경하기가 경전철에 비해서 매우 용이하다.

현재 개발 중인 도시형 연료전지 궤도차량은 이러한 BRT의 특성을 지니고 있으나 보다 진보된 형태를 추구하고 있다. 대부분의 BRT는 디젤을 이용하여 다녔으나 매연의 문제가 매우 심각하였다. 따라서 천연가스를 이용한 차량도 등장할

하였고 외국의 경우엔 전차선을 연결하여 전기모터로 운행하는 BRT도 있고 디젤발전 전기모터를 이용한 BRT도 운행되고 있다. 그러나 운송수단 에너지의 세계적인 흐름은 화석에너지에서 수소

에너지로 바뀌어가고 있다. 수소에너지를 이용한 연료전지는 Fig.1에서 보듯이 단순히 물을 배출시킬 뿐 어떤 유해 물질도 생성시키지 않으며 에너지 효율도 기존의 화석에너지 대비 2배 이상 뛰어나다.

개발 차량에 적용될 연료전지는 PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell)을 사용하게 되며 용량은 200kW 이상의 출력을 필요로 한다. 연료전지는 국내에서도 이미 25kW급이 개발되었고 외국에선 고용량이 개발되어 버스에 사용되고 있다. 연료전지는 버스 뿐 아니라 승용차에도 적용되어 많은 시험차들이 세계적으로 운행되고 있다. 그러나 승용차에 보급하기 위해선 고가의 가격 문제 이외에 수소를 언제든 공급할 수 있는 시설들이 도처에 준비되어야 한다. 그러나 일정한 궤도 또는 노선만을 운행하는 대중교통의 경우는 정해진 장소에서 수소공급을 받고 정해진 거리만을 운행하도록 설계를 하면 연료공급의 문제는 승용차에 비하여 간단해진다.

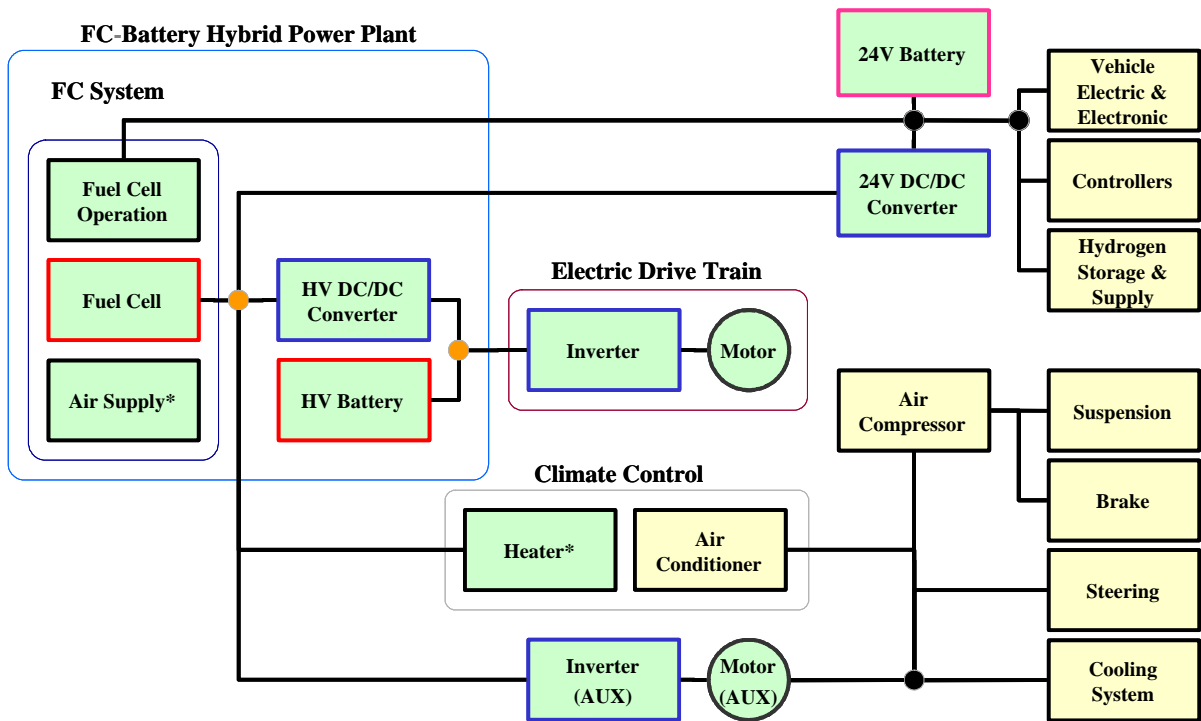


Fig.2 연료전지 궤도차량 단위시스템 구성도

또한 대형 대중교통 차량은 공간 확보가 유리하여 승용차에 비해서 부품의 소형화 때문에 개발이 지연되거나 비용 상승이 되는 일도 줄어든다. 그러나 승용차에 비해서 운행시간이 길고 대부분 반복적인 운전조건을 갖게 되므로 사용조건 및 환경에 따른 내구성이 좋아야한다. 연료전지를 사용하면 기존의 경량전철이나 노면전차처럼 외부에서 전기를 공급받을 필요가 없어지기 때문에 고압전기의 위험이나 도시미관을 해치는 일이 없게 되고 결과적으로 시설비가 크게 줄어든다.

**승객위주의 설계**

도시형 연료전지 궤도차량의 또 다른 특징은 부분적으로 자동운전이 가능하다는 것이다. 특히

차량이 승강장에 진입할 때는 운전자가 조향장치를 조작하지 않아도 차량은 정해진 궤도를 따라 운행하게 되고 정해진 위치에 정확하게 접근하여 정차를 하게 된다. 도로 위에 감지가 가능한 물질을 도포시키고 그 물질을 감지기가 감지하면서 조향장치를 제어하고 조율하게 된다. 광학적으로 하는 방법과 자력으로 하는 방법들이 있는데 계절에 따라 도로의 표면상태가 영향을 많이 받는 우리나라의 사정에 적합한 방법을 적용하게 된다.

궤도를 따라 차량을 승강장에 접근시키면 승강장 플랫폼과 차량의 간격을 2.5 센티미터 이내로



Fig.3 승강장에 정밀 정차된 초저상 차량의 출입문

조정이 가능하다. 또한 플랫폼과 차량의 바닥 높이가 같도록 설계되어 휠체어를 탄 하반신 장애인, 노약자, 무거운 짐 가방이 있는 승객, 유모차, 임산부, 어린이들이 쉽게 승하차를 할 수가 있다. 차량을 이용하고자 하는 모든 승객의 신체적 조건에 상관없이 대중교통을 이용하여 목적지까지 편안히 갈수 있도록 되어있다. 도시형 궤도차량의 내부 및 승하차 과정은 경량전철과 유사하게 되어있으나 차량까지 접근하는 과정에서 추가의 시설물을 이용하거나 타인의 도움이 필요하지가 않다.

최근에는 일반버스도 바닥을 낮게 하거나 계단수를 줄임으로서 승하차하는데 어려움을 줄이는 경향이 있지만 플랫폼과 차량의 간격이 매우 근접되지 않으면 남의 도움 없이 승하차를 할 수 없는 승객들이 있게 된다. 지상의 도로에서도 지하철과 같이 근접한 정차를 요하며 승강장과 차량 바닥의 높이가 동일한 수준을 이룰 필요가 있다. 대중교통은 누구에게나 편리하게 이용이 될 수 있을 때에 비로소 그 기능을 다 할 수 있는 것이다.

차량은 2량 1편성을 기본 구성으로 하게 되며 차체는 복합소재를 기본으로 한다. 도시와 조화를 이룰 수 있는 세련된 형상을 갖도록 설계되며 대형 유리창을 통하여 도시의 풍경을 즐기며 이동할 수 있게 된다.

도시형 궤도차량은 신호등이 있는 교차로에서 우선권을 갖는 교통신호 시스템을 갖추게 되며 대부분의 구간에서는 전용도로를 이용하여 운행을 하게 된다. 전용도로는 비상 차량들만 공유하게 되고 일반차량들은 이용할 수 없도록 된다.

### 차량의 사양 및 성능목표

이러한 개념설계에 따라 계획적으로 개발되는 도시형 연료전지 궤도차량은 버스의 접근성과 경량전철의 정시성을 모두 만족시키면서, 대중교통 이용의 불편함 때문에 승용차를 선호하는 많은 사람들을 대중교통으로 유도하게 될 것으로 기대한다.

Table 1 연료전지 궤도차량의 단위시스템 사양 및 성능목표

(mm)	< 18,500	(%)	12
(mm)	< 3,500	( )	140
(mm)	< 2,500	( )	4
(mm)	> 150	( )	6
(kg)	< 20,000		PEMFC
0→50km/h (sec)	< 20		
(km/h)	> 80	(km)	300

후기

건설교통부의 국가교통핵심기술개발사업을 통하여 연구개발비를 지원받고 있으며 이에 감사드립니다.