

## 신에너지 Bimodal 저상굴절차량 기술 개발

이 글에서는 신에너지 Bimodal 저상굴절차량의 개요와 기술개발사업 그리고 적용 및 기대효과에 대해 소개한다.

- ↳ 목 재 균 | 한국철도기술연구원 교통핵심연구팀, 팀장
- ↳ 임 정 환 | 현대자동차 상용선행개발팀, 팀장
- ↳ 조 세 현 | 한국화이버 철도차량사업부, 상무이사

- e-mail : jkmok@krii.re.kr
- e-mail : limjung@hyundai-motor.com
- e-mail : shcho@fiber-x.com

서울시에서는 1970년대부터 꾸준히 지하철을 건설하여 왔으며, 점차 서울 이외의 대부분의 대도시에서도 지하철을 건설하게 되었다. 그러나 서울의 지하철은 건설 당시 부담했던 과다한 건설비의 타개와 운영적자 개선이라는 당면 과제에 봉착하였으며, 다른 대도시에서도 동일한 문제를 발생시키고 있다. 이에 따라 먼저 건설비를 줄일 수 있는 방안으로 차량의 크기를 작게 하거나 편성수를 줄이고자하는 방안이 제기되었다. 차량의 크기를 작게 하면 차량의 하중부하가 작아져 토공에 들어가는 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 차량 편성 수 또는 길이와 그 규모에 있어서 직접적인 관련이 있는 지하역사, 정비장 및 주차시설 등의 건설비용도 대폭 줄일 수 있게 된다. 또한 차량 단면이 작아지면 지하노선일 경우 터널 단면적이 작아지는 결과로 건설비가 낮아지게 된다.

다른 한편으로는 운영에 투입되는 인건비를 절약하는 방안이 제기되었다. 인건비를 줄이기 위한 방안으로는 승무원을 대체하는 무인운전시스템과 역무설비의 자동화·무인화이다. 이와 같은 목적에 따라 등장한 것이 AGT(Automated Guided Transit)라는 경량전철시스템이며, 현재 국내에서도 개발되어 시험운전 중에 있다.

따라서 우리나라는 대도시 권역을 위하여 지하철, 경량전철 그리고 시내버스로 대별되는 대중교통수단을 제공할 수 있는 제도와 기술을 갖고 있다.

위와 같이 철도에 대해서는 문제점을 극복하기 위하여 국가 주도의 기술개발 및 제도 마련에 매진해

왔으나, 버스에 대해서는 시스템적인 방안 모색보다는 차량 자체의 개선(예 : 좌석, 냉난방) 및 노선에 대한 타협과 종용으로 이어져 왔다. 이것은 버스의 생산주체와 구입하여 운영하는 운영주체 그리고 노선을 결정하고 영업권을 부여하는 지방자치단체 사이에서만 논의되었다. 즉, 버스는 지하철 및 경량전철을 포함하는 국가주도의 대중교통체계 내에서 계획, 건설 및 관리되기 어려울 만큼 운영의 유연성 및 효과의 개연성이 과다한 것이 사실이다.

우리에게 필요한 대중교통은 운영의 유연성, 승차에 편리한 접근성, 시스템 구축에 최소의 비용이 드는 것 그리고 원하는 시간 또는 예정된 시간에 이용할 수 있는 정시성을 동시에 만족시키는 시스템이다. 이와 관련하여 버스는 대부분의 장점을 갖고 있는 반면 정시성에 한계가 있음을 알 수 있다. 문제는 정시성을 어떻게 극복하는가에 있으며, 이를 위하여 철도가 갖는 정시성의 운행체계에 버스와 유사한 시스템을 적용하는 것이 효과적일 수 있다. 그러나 현재의 버스를 그대로 적용할 경우에는 수송량, 편의성, 안전 및 정시성에 대하여 원하는 만큼의 효과를 기대하기 어렵다. 따라서 지하철이나 경량전철처럼 안전 및 정시성을 갖는 운행체계에 적합하고, 전용궤도와 일반 도로를 모두 주행할 수 있는 바이모달 형태의 차량을 개발하여 적용할 필요가 있다. 또한 현재 운행되는 획일적인 구조와 차량외형을 다양한 도시미관과 잘 어울리도록 함으로써 타고 싶은 마음이 들도록 할 필요가 있다. 그리고 엔진의 배출물이 도심지 공해의

주된 원인이 되기 때문에 엔진의 배출물을 대폭 줄이거나 배출물이 없는 무공해 동력원에 의하여 구동되는 차량이 필요하다. 또한 교통 약자의 승하차가 편리하도록 차량 답면을 초저상으로 하여 정거장 높이에 맞추고 지하철과 같이 정거장에 정밀하게 정차시켜 유모차, 카트 및 휠체어가 계단없이 유연하게 탑승할 수 있어야 한다.

해외에서도 우리의 요구사항과 유사한 차량을 개발하였으며, 최근 들어 시험운전 또는 영업운전을 시작하였다. 현재 유럽을 중심으로 개발된 차량은 버스를 기반으로 철도차량과 유사하게 개발된 차량과 철

도차량을 기반으로 버스와 유사하게 개발된 차량으로 구분할 수 있다.

버스나 트롤리버스로부터 철도차량 형태로 개발된 것은 네델란드 APTS 사의 Phileas시스템과 프랑스 Irirbus 사의 Civis시스템이다. Phileas는 2량 또는 3량을 한 단위로 구성할 수 있으며 LPG엔진과 배터리의 하이브리드 동력원으로 구동된다. 일반버스보다 축거가 길어 도로주행에 필요한 회전반경과 정거장에서의 짧은 접안길이를 확보하기 위하여 차량을 이루는 모든 차륜이 독립적으로 조향된다. 또한 차량과 전용궤도 사이의 전자기 안내시스템에 의하여 자동운전과 반자동운전이 가능하다. Civis는 2량을 한 단위로 하며 디젤엔진과 배터리의 하이브리드 동력원으로 구동된다. 앞 차륜만 조향이 가능하며 전용궤도의 페인트 마커를 고속 스캔한 영상정보를 따라 반자동운전이 가능하다.

철도차량, 특히 노면전차로부터 바이모달 형태로 개발된 것은 Bombardier 사의 TVR시스템과 Lohr사의 Translohr시스템이다. 이것들은 모두 전차선으로부터 전력을 공급받는 시스템이며, 회차지점 또는 차고 진출입 시의 짧은 거리에서 내장된 배터리에 의하여 운전될 수 있다. 고무차륜이지만 전용궤도 중심에 설치된 안내레일을 따라 운전된다. 일반적으로 Phileas나 Civis에 비하여 차량 편성수를 늘려 차량 길이를 길게 하는 데는 더 유연하다고 할 수 있다.

이와 같은 새로운 대중교통시스템은 Bus Rapid Transit-BRT, Bus Semi Rapid Transit, Busway System, Rubber-Tired Trams, Bus Based Transitway, Rubber-Tired Rapid Transit-RT2 등으로 소개되고 있다.

### 기술 개발 사업

건설교통부에서는 교통 약자에게 실질적인 대중교통이용권을 부여할 수 있고 대중교통을 활성화시킬 수 있는 '신에너지 바이모달 저상굴절차량'을 개발하여 보급하기 위한 계획을 갖고 있다. 이를 위하여 건설교통부가 주관하는 교통핵심기술개발사업을 통

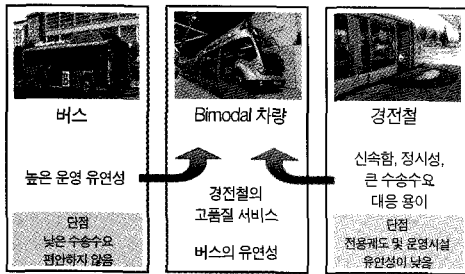


그림 1 버스와 트램의 합성시스템인 바이모달(Bimodal) 차량

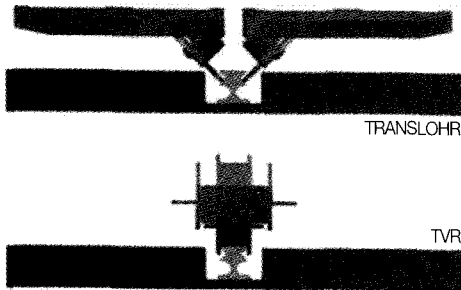


그림 2 Translohr와 TVR의 레일 안내시스템



그림 3 해외의 바이모달 형태의 차량

## 테마기획 ■ 미래형 도시교통시스템

하여 2003년부터 2009년까지 약 430억 원(정부 290억 원)을 투입하고 있으며, 한국철도기술연구원 연구기관으로서 다수의 협동기관과 대학을 통하여 차량개발을 추진하고 있다. 본 사업에서 기술개발을 통하여 차량에 구현해야 할 요구사항은 다음과 같다.

- 도시미관 및 수요자의 요구에 부합하기 위한 복합소재 차체 구현
- 전용궤도와 일반도로의 혼합형 선로에 효과적인 Bimodal 구조
- 2,500~7,000명/방향/시간의 수송력을 갖는 도시형 대중교통수단
- 추돌에 대한 안전 및 사계절 정밀정차를 위한 자동운전이 가능한 차량
- 교통약자의 승하차가 용이한 전체 길이가 초저상 차량시스템
- 전체 차륜의 독립조향에 의하여 정거장 길이가 최소가 되도록 하는 구조
- 무공해 동력원인 연료전지로 구동하는 추진시스템에 의한 주행

사업의 주요일정은 2004년까지 차량의 개념설계를 마치고, 2005년도에 차량의 기본설계 및 하위 시스템의 상세설계가 이루어진다. 2006년도에는 하위 시스템별로 제작과 개발되지 않는 표준부품에 대한 발주가 시작될 것이다. 2007년도에는 하위 시스템별 시험평가가 이루어진다. 2008년도에는 하위 시스템이 통합되어 차량이 완성되며, 전용궤도에서의 시운전을 시작하게 된다. 그림 4는 현재 개발하고 있는 차량의 외형을 보여준 것이다.

### 도시미관을 고려한 차체 개발

현재의 도로교통을 이루는 수송수단은 승용차와 버스이다. 이 중 버스는 운송업자의 요구사항만 고려되기 때문에 획일적인 외형과 최소한의 편의시설을 갖추고 있다. 대중교통이 활성화되려면 도심지의 환경과 노선특성을 고려하여 디자인된 차량이 필요하며, 이러한 차량은 승객에게 타고 싶은 마음이 생기게 할 것이다. 이를 위하여 최근 해외로부터 적용되기 시작한 재료가 복합소재 차체이다. 우리나라에서

도 철도차량에 적용하기 위한 연구개발을 수행하고 있지만, 본 사업에서 개발되는 차량을 위한 차체로서는 고유한 설계기술과 제작기술을 개발하여 원가를 낮추고, 도로의 대중교통으로서의 안전성을 향상시켜야 한다.

### 정거장 길이를 최소화하고 정밀정차가 가능한 초저상 축 개발

대중교통은 가능한 초저상으로 이루어져야 한다. 초저상은 교통약자가 손쉽게 탑승할 수 있도록 할 뿐만 아니라 일반 탑승자에게 신속한 탑승이 가능하게 한다. 따라서 교통약자에게 대중교통 이용권 부여라는 국민복지 측면과 탑승시간을 줄임으로써 경영수지 개선효과를 기대할 수 핵심기술이다. 일반적으로 휠을 독립적으로 회전시키는 모터(motor)의 위치에 따라 휠-인 모터방식과 휠-아웃 모터방식이 있다. 휠-인 방식인 경우에는 특수목적의 광폭 타이어, 발열 및 스프링 하중량 부하 관련 문제를 해결하여야 하며, 휠-아웃 방식인 경우에는 차량 내부공간의 활용과 관련하여 단점을 갖고 있다. 휠-인 방식은 각 차륜의 독립적인 조향이 불가능하므로 정거장 길이의 최소화 및 원하는 회전반경을 얻기 위하여 본 사업에서 개발되는 차량에는 휠-아웃 모터방식을 개발하여 적용하게 된다.

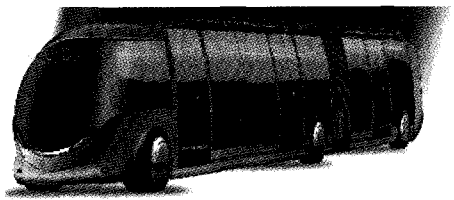


그림 4 개발되는 신에너지 Bimodal 저상굴절차량

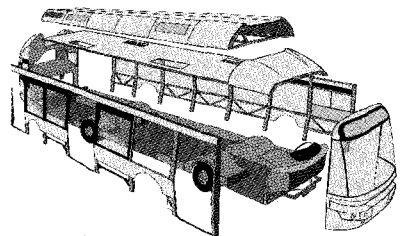


그림 5 복합소재를 이용한 차량의 차체

공해문제를 근본적으로 해결할 수 있는 동력원 적용기술 개발

대도시의 도심지 공해문제를 개선시키거나 해결하기 위해서는 대형 차량의 배출물을 줄여야 한다. 따라서 개발되는 차량에는 우선적으로 초저공해를 위한 천연가스 엔진과 배터리의 하이브리드 추진시스템이 개발되어 실용화를 위하여 적용될 것이며, 다음으로 대용량 연료전지를 천연가스 엔진과 대체시켜 무공해 동력원에 의한 대중교통시스템을 완성하게 될 것이다. 수송용 연료전지는 산업자원부와 과학기술부에서 연구개발사업을 진행 중에 있으며, 본 사업에서는 개발된 수송용 연료전지를 우리의 차량사양에 적합하도록 대용량화하는 기술과 시스템 적용기술을 개발하여 차량에 적용하게 된다.

자동운전이 가능한 전자기 안내시스템 개발  
대중교통이 정시성을 확보하기 위해서는 전용궤도

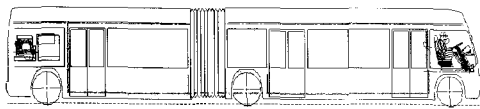


그림 6 탑승이 편리한 전길이 초저상 바닥

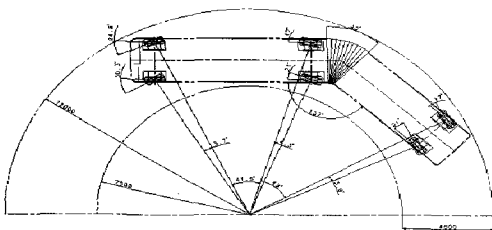


그림 7 원하는 회전반경을 얻기 위한 독립조향

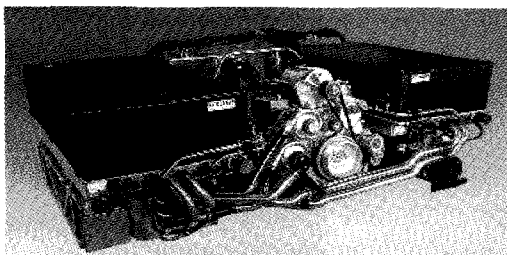


그림 8 대중교통에 적합한 대용량 연료전지(Ballard 사)

로 주행하는 것이 필수적이다. 또한 전용궤도의 건설비는 가능한 저렴하여야 경쟁력이 있다. 건설비는 추돌에 대한 안전을 확보하는 조건하에 전용궤도의 폭이 작을수록 낮아질 수 있다. 이것을 위하여 필수적인 것이 자동운전이고 이것을 위한 안내시스템이다. 일반도로와 전용궤도를 주행할 수 있는 바이모달 형태의 차량을 위한 안내시스템은 광학적인 방법과 전자기적인 방법이 있다. 눈과 비가 많고, 때로는 페인트 마커를 인식하기 어렵게 할 수 있는 장애물(낙엽 등) 출현이 잦은 조건에서는 전자기적인 방법이 적합하므로 개발되는 차량에는 자석마커의 인식으로 자동운전이 가능한 안내시스템을 개발하여 적용하게 된다.

적용 및 기대효과

본 사업을 통하여 개발되는 ‘신에너지 Bimodal 저상굴절차량’은 전용궤도와 기존 도로에서의 우선 신호체계 내에서의 운행을 통하여 지하철 수준의 표정속도를 달성할 수 있다. 또한 경량전철과 버스 사이의 중간 규모의 수송능력을 갖추고 있다. 개발되는 시스템은 정거장에서의 정밀정차를 통하여 유모차 및 쇼핑카트의 탑승 및 하차가 편리하므로 지금까지 짧은 거리의 대규모 쇼핑물이나 의료센터에 자가용을 이용했던 승객을 대부분 수용할 수 있다. 차량은 전자기 안내방식에 의하여 자동운전이 가능하므로 비교적 좁은 전용도로에서 운행가능하므로 그 만큼 도로 이용효율을 높일 수 있고 건설비도 절감할 수 있다. 또한 자동운전에 따른 악천후 시의 추돌사고를 예방할 수 있다. 따라서 개발되는 시스템이 효과적으로 운영되면 현재의 도로 혼잡을 크게 개선시킬 수 있게 된다.

또한 개발되는 차량은 무공해 동력원인 연료전지에 의하여 구동되므로 도심의 디젤 매연을 원천적으로 차단하여 쾌적한 도시 생활환경을 조성할 수 있게 하고, 교통약자(노약자, 장애인)에게 DOOR to DOOR의 실질적인 이동수단을 제공하게 됨으로써 대중교통 활성화에 필수적인 시스템이 될 것이다.