

# AGT와 버스의 혼용시스템에 대한 고찰

## Review of Intermodal System of AGT and Bus

목재균\*      장세기\*\*      윤희택\*      우윤석\*\*\*  
MOK, JaiKyun      CHANG, SeKy      YOON, HeeTaek      WOO, YoonSeuk

---

### ABSTRACT

This study shows the functional contribution into the public transportation system for congestion area. And there is a introduction for the rapid bus transit developed in Europe community. It can be classified the public transportation as urban transit, subway and bus. For a few years, it has been introduced the AGT system as a role of the alternative and lengthening system of subway line. Recently, there is going on construction of AGT system in some regional cities. The AGT system has advantages in terms of accessibility and cost-effective rather than subway. But the bus system is advantageous at the points rather than AGT system. It is obvious that the bus system is most cost-effective for infrastructure and system rather than any other public transports. If the bus system has punctuality and precise docking, that becomes best choice for public transportation scheme. There are tries to develop new systems by means of the files up the advantages in bus and AGT system, which can be classified as BRT(Bus Rapid Transit). The idea is simple: "Think rail, use advanced buses." It is introduced the IRISBUS system at this article, which was developed in Europe community. And it is introduced the project architecture to develop the similar system to IRISBUS in KRRI through National Transportation Key Technology R&D Project.

---

### 1. 서론

국내의 도시교통문제를 해결하는 방안으로 서울도심에서 1970년대부터 꾸준히 건설되어왔던 지하철은 지방화시대가 도래하면서 서울이외의 대부분의 대도시에서도 지하철 건설을 강력하게 요구하기에 이르렀다. 이에 앞서 팽창되는 서울의 지하철운영이 선행되었는바, 그 결과에 따르면 건설비의 과다과 운영적자라는 현실을 타개할 새로운 대안을 강구하기에 이르렀다. 대안에 대하여 가장 간단하게 축약하면 건설비를 줄일 수 있는 방안으로 차량이 작거나, 편성수를 줄이고자하는 방안이 제기되었다. 이렇게 함으로써 차량의 하중부하가 작아져 토공에 들어가는 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 차량 편성 수 또는 길이와 관련이 깊은 역사의 규모도 대폭 줄일 수 있는 방안을 찾게 되었다. 또한 차량이 작아지면 지하노선일 경우 터널단면이 작아지는 결과로 건설비가 낮아지게 된다.

다른 한편으로는 운영에 투입되는 인건비의 절약방안이다. 인건비를 줄이기 위한 방안으로는 승무원을 대체하는 무인운전시스템과 역무설비의 자동화, 무인화이다. 사실 역무자동화는 기존의 지하철 및 신설되는 연계노선 등에서 꾸준히 적용·개선되어온 것이 사실이지만 이것은 역사내의 승객 동정을 유연하게 하고 승차권 구입시간을 줄이며 영업에 대한 정산을 전산화하는 수준의 것이었다. 그러나 무인운전시스템을 전제로 하는 상황에서는 승객 및 시스템의 안전이라는 새로운 개념과 승객유동을 정량적으로 운행프로그램에 인가시킬 수 있는 무인역사의 설치를 필요로 하였다. 이와같이 검토된

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원  
\*\* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원  
\*\*\* 건설교통부 서기관, 비회원

시스템이 경량전철시스템이라는 부류이다.

상황적으로는 지자체에서는 지하철 건설을 꾸준히 요구하는 반면, 기존 또는 최근에 개통된 지하철의 운영적자는 커지고 있었으며 그 운영적자의 근본원인은 초기의 큰 건설비 부담에 있었다. 따라서 건설비를 지원해야하는 중앙정부로서는 저렴한 시스템을 권고하게 되었으며, 지자체에서도 건설비 지원이 가능한 경량전철을 목표로 다양한 종류를 검토하게 되었다. 더욱이 지하철 계획이 없었던 도시도 경량전철 이라면 가능하다는 판단으로 대다수의 도시에서 독특한 형태의 경량전철 건설을 요구하기에 이르렀다. 사실 오래 전부터 프랑스 및 일본 등지에서는 다양한 형태의 경량전철이 운행되고 있는 상황이었다. 이중 대표적인 고무차륜방식과 철제차륜방식의 경량전철을 국내에 적합한 방식과 사양으로 개발하여 중앙정부는 「경량전철 표준사양」으로 고시하게 되었다. 이는 지하철의 경우 아무런 기준 없이 건설과 운영이 추진되면서 반복적으로 발생하는 건설비와 운영상의 안전문제를 경량전철에서는 우리기술로 효과적으로 대처할 수 있는 일정한 범주 내에 두자는 국가적인 노력이었다. 「경량전철시스템기술개발사업」은 국가에서 제시한 「경량전철 표준사양」이 과연 효과적으로 국내에 적용될 수 있는가를 검증하고 국민에게 경량전철시스템에 대한 충분한 이해를 얻어내기 위한 것이었으며, 국가는 이를 계기로 지자체의 다양한 국민적인 요구를 효과적이고 경제적으로 수용·추진할 수 있는 기반을 갖추기 위한 것이었다.

여기서 주목해야 할 것은 다른 대중교통에 비하여 가장 경제적이고 친환경적이라는 비교에 따라 철도시스템이 강하게 대두되면서 버스는 상대적으로 협의의 대중교통수단으로 평가되어왔다는 것이다. 이것은 버스의 생산주체와 구입하여 운영하는 운영주체 그리고 이에 대한 노선을 결정하고 영업권을 부여하는 지자체사이에서만 논의의 대상이었다. 왜냐하면 버스시스템은 승객이 요구하는 이동수단을 특별한 제한조건 없이 수용할 수 있는 시스템이기 때문이었다. 이는 한편으로 운영수익이 예상되지 않는 노선의 운행은 배제될 수밖에 없으며 동시에 광범위한 대중교통체계에서 반영할 수 없는 국소적인 운행패턴을 감수할 수 있다는 것이다. 이를 다시 부연하면 대중교통체계에 상세하게 반영할 수 없을 만큼 유연성을 갖는 시스템이라는 것이다. 그러나 실제로 승객이 요구하는 대중교통시스템이란 것은 운영의 유연성과 접근성, 시스템 구축에 최소의 비용이 드는 것 그리고 원하는 시간에 승객이 이용할 수 있는 정시성이다. 따라서 버스는 대중교통수단으로서 대부분의 장점을 갖고있는 반면 단지 정시성에 한계가 있음을 알 수 있다. 문제는 정시성을 어떻게 극복하는가에 있다. 최근 서울도심과 부도심을 잇는 버스체계를 전용도로체계로 운행하려고 하는 시도가 이것의 한 예이다. 본고에서 제안하고자 하는 것은 한단계 더 적극적인 방법으로 철도가 갖는 정시성의 운행체계에 버스시스템을 적용하는 것이다. 정시성을 갖으면서, 접근성이 뛰어나고 시스템구축비용이 저렴하다면 이것이 바로 우리가 찾는 대중교통시스템이다. 외국에서는 이를 BRT(Bus Rapid Transit)시스템으로 명명하여 운행하고 있다. 한 종류라고 구분하더라도 다양한 형태를 갖고있는 철도시스템처럼 아주 고도화된 BRT가 운행되고 있는 곳이 있는 반면 일반적인 버스를 일부의 전용도로로 운영하는 BRT가 운행되고 있는 곳도 있다. 우리는 지금 아주 고도화된 BRT를 지금까지 운영해 왔던 지하철 및 철도시스템의 경험 및 운영체계를 바탕으로 대중교통체계의 주요한 일부분으로 포함시키기 위한 연구와 노력이 필요하다고 판단된다.

## 2. 본론

보완수단이나 과밀 또는 혼잡지역에 선택의 여지없이 도입되는 대중교통으로서가 아니라 도시계획에 충분히 검토되어 대중교통체계 내에서 주요 대중교통수단으로서 버스시스템이 도입되려면 위에서 기술했던 것처럼 시스템 특성이 철도시스템의 운영체계 내에서 운행이 가능하도록 되어야 한다. 따라서 승객이 예측 가능한 체계 내에서 정시성이 확보되어야하며 시스템의 성능과 운영상에 있어서 고도화가 이루어져야 한다. 일반 버스의 운영을 땀질식으로 개선해 나간다면 효용에 비하여 투입되는 비용이 점차 증가할 수도 있고 때로는 예상하지 못했던 난제에 봉착할 수도 있다. 따라서 여기서는 고도화된 BRT시스템에 대하여 논의하고자 한다.

국내에서는 BRT시스템에 대한 상세한 구분도 없이 지역마다 각각의 시스템을 BRT라고 소개하면

서 그 적용성을 검토하고 있는 것으로 판단된다. 광의의 의미에서는 그릇됨이 없겠지만, 우리 지역에 적합한 시스템이 구체적으로 어떤것인지를 기술하고 그것이 어떻게 구현될 수 있는지를 이해한 후 적용성을 논의하는 것이 마땅할 것이다. 그 예를 들 수 있는 것으로는 「판교내 무공해 캐도버스 도입」-동아경제 2003/08/14-, 「대도시-인근도시 연결 급행버스 도입」-동아사회 2003/09/02-, 「대전 미래교통수단 BRT-LRT 의견쟁쟁」-연합뉴스 2003/09/08- 및 「용인-강남 버스전용차로제 도입」 등이다.

지금 다양하게 검토되고 있는 대중교통은 노약자와 장애인에 대한 배려가 우선되어야 한다. 이것은 국가적으로 국민의 복지향상관점에서 매우 중요하게 고려되어야 한다. 미래의 대중교통수단이라면 현재 지하철 역사의 부속시설로서 엘리베이터나 계단에 설치된 이동기구처럼 이용 가능하다는 것에 만족하지 말고, 적어도 장애인에 실용적이어야 한다. 시스템 운영상으로 보면 장애인의 승하차가 용이한 시스템이라면 비 장애인에게는 그만큼 승하차 시간이 짧아져 정거장의 정차시간을 줄일 수 있게 된다. 또한 유모차 및 쇼핑카트가 휴대 가능한 시스템이 구성된다면 지금까지 짧은 거리라도 자가용을 이용했던 승객을 대부분 수용할 수 있게 될 것이다.

또 하나의 문제는 버스, 국내는 대부분 디젤엔진 구동에서 배출되는 배기가스 문제이다. 버스 운영상 급가속이 수반되고 이에 따라 다량의 공해 유해물질이 배출되게 된다. 더구나 혼잡지역일수록 급가속과 가다서다가 반복되므로 공해물질에 대한 대책이 시스템 구성에 반영되어야 한다. 외국에서는 다양한 무공해 교통수단을 개발하고 있으며, 유럽의 경우 TURIN, MADRID 및 PARIS의 3개도시를 대상으로 차량을 개발하고 있으며 2004년도부터 24개월 동안의 시험운행을 위하여 준비중에 있다.

표 1. 유럽의 시범사업(TURIN, MADRID & PARIS)

TURIN Project	<input type="checkbox"/> CITYCLASS bus <input type="checkbox"/> Hybrid architecture with Lead-Acid battery <input type="checkbox"/> 62 kW Fuel Cell system by UTC Fuel Cells (former IFC) <input type="checkbox"/> 200 bars compressed hydrogen storage system by SAPIO <input type="checkbox"/> Vehicle test and certification : -From end 2001 to end 2003 -5000 km on a private track <input type="checkbox"/> Test on the road planed to begin in January 2004 by ATM <input type="checkbox"/> Hydrogen to be generated by Electrolyser in ATM facilities
MADRID Project	<input type="checkbox"/> Similar to TURIN for the vehicle and the electric architecture <input type="checkbox"/> 62 kW Fuel Cell system by UTC Fuel Cells (former IFC) <input type="checkbox"/> 350 bars compressed hydrogen storage system by AIR LIQUIDE design to fit with the CUTE program refuelling station <input type="checkbox"/> Vehicle presentation in May 2003 <input type="checkbox"/> Test on the road planed to begin in 2004 by EMT <input type="checkbox"/> Hydrogen to be delivered by trailer by AIR LIQUIDE in EMT facilities for a common refuelling station with the CUTE project
PARIS Project	<input type="checkbox"/> CRISTALIS trolley bus adaptation <input type="checkbox"/> Hybrid architecture with Ni-MH battery set <input type="checkbox"/> 75 kW Fuel Cell system by AXANE <input type="checkbox"/> 350 bars compressed hydrogen storage system by AIR LIQUIDE <input type="checkbox"/> Vehicle construction and test : 2003 & 2004 <input type="checkbox"/> Test on the track for certification planed to begin in January 2005 <input type="checkbox"/> Test on the public road to begin in June 2005 by RATP

지금까지 버스를 미래의 대중교통수단으로서 도시의 교통계획에 따른 대중교통체계에 반영하여 유

용하게 활용할 수 있도록 하기 위한 여러 요구조건들을 기술하였으며 이를 정리하면 다음과 같다.

○ 버스 및 운용시스템에 대한 요구조건

- 수송수요에 탄력적으로 또는 충분히 만족되는 좌석과 공간을 확보
- 장애인 및 노약자의 탑승이 용이한 구조일 것
- 전용궤도를 정상적인 속도로 운행
- 일반도로를 정상적인 속도로 운행
- 전용궤도와 일반도로의 진출입이 유연하도록 할 것
- 일반도로에서는 우선신호체계를 구동시킬 수 있을 것
- 장애인의 휠체어 탑승이 용이하도록 정밀정차 할 것
- 전용궤도는 계절의 변화에 대응 가능할 것
- 차량의 운행패턴 및 정보가 정거장에 현시될 것
- 정거장 및 차내에서 승차권의 validation이 간편할 것
- 공해물질을 배출하지 않을 것(\*)
- 차량 및 전용궤도의 보안이 확보될 것

2-1. 외국의 개발노력

위와 같은 고도화된 BRT시스템의 요구조건으로부터 시스템을 구현시키는 것은 매우 오랜 노력이 필요하다. 여기서는 과밀지역의 대중교통수단으로서 LRT, AGT, 지하철과 버스 또는 승용차를 연계시키기 위하여 유럽에서 개발된 BRT시스템, IRISBUS시스템,을 소개하고자 한다.

IRISBUS시스템은 관절형으로 길이가 18.6m이며, 좌석수 41개를 포함하여 120명을 탑승시킬수 있다. 본 시스템은 Renault와 Fiat의 합작회사인 Iveco에서 제작하였다. 디젤엔진에 의하여 발전되며 실제의 구동력은 차량의 광폭 타이어에 내장된 허브모터에 의하여 발생된다. 동력전달 축이 없어지게 되어 차체가 전체적으로 초저상으로 낮아질 수 있었다. 이것에 의하여 20cm 이내의 높이로 만들어진 정거장에서 휠체어가 탑승이 가능하도록 되었다. 이 높이는 일반 보행로에서 경사로에 의하여 충분히 접근이 가능한 정도이다. 휠체어가 탑승되려면 정밀하게 정거장에 정차하여야 하는데, 이것을 운전자의 조정에 의한다는 것은 사실상 비현실적이다. 따라서 궤도에 설치된 궤적에 따라 이미지 처리를 하여 자동적으로 조향이 이루어지는 시스템을 개발하였다. IRISBUS시스템은 전용궤도에 그려진 두줄의 점선의 궤적을 따라 주행할 수 있도록 되어있다. 또한 본 광궤도안내(Optical guidance)시스템에 의하면 전용궤도의 폭의 여유를 작게할 수 있어 전용궤도의 건설비를 줄이거나, 일반도로에 전용궤도를 구획할 경우 도로사용이 그 만큼 효과적일 수 있다. 차체 내부는 기존의 열차개념이 많이 포함되어있다. 본 시스템의 건설 및 운영은 기존의 철도시스템을 지원했던 주체에 의하여 진행된다. 또한 운전자격도 일정기간 및 수준의 교육을 이수한 후 국가로부터 운전허가증을 받은자에 의해서만 운전될 수 있다. 즉, LRT 또는 AGT 범주에 이미 포함되어 개발, 건설 운영준비에 있는 것이다.

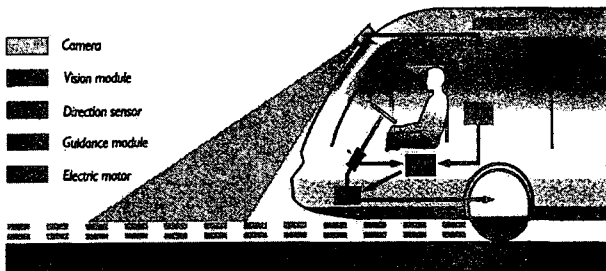


그림 1. 광궤도안내시스템의 작동개요



그림2. 광궤도안내에 의한 정밀정차

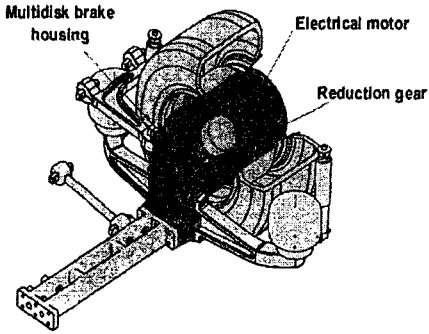


그림 3. 광폭타이어에 삽입된 전동모터



그림 4. IRISBUS시스템의 차량 내부

## 2-2. 국내의 개발노력

아직 정확하게 동일하다고는 단정할 수 없으나, 국내에서는 건설교통부 주관으로 추진중인 국가교통핵심기술개발사업의 한 부분에서 관련연구를 수행하고 있다. 본 사업은 국민편의 증진 및 국가 경쟁력 강화를 위해 신속·쾌적·안전한 교통시스템을 구축·운영하는데 필요한 핵심교통기술을 개발·활용하기 위한 사업이다. 따라서 교통시스템의 효율화 및 운영효율화 그리고 서로 다른 교통시스템 사이에 존재하는 문제를 해결하여 교통체계를 효율화하는 것이다. 본 사업중에 한국철도기술연구원이 수행하는 「미래형 수송시스템 개발」 사업에 대하여 소개하고자 한다. 미래형 수송시스템은 지금까지 전술한 내용을 목적으로 하여 건설교통부 주관으로 수행하는 사업이다. 본 사업의 대상시스템은 버스와 AGT시스템을 연계할 수 있는 시스템을 개발하는 것이다. 두 시스템이 갖는 독특한 정시성, 접근성 및 연계성 문제로 인하여 기대이하의 효과를 나타낼 수 있음을 충분히 예측할 수 있기 때문이다. 더욱이 AGT의 경우 무인운전에 따른 보안과 안전문제로 시스템 구축비용이 크게 절감되지 않는다는 사실은 일반적으로 알려져 있다. 또한 미래형 무공해시스템으로 연료전지를 구동력으로 하며, 아파트 및 쇼핑몰을 연계할 수 있도록 초저상으로 개발이 추진되고 있다. 따라서 버스를 궤도차량으로 개발하여 도시교통체계를 효율화하기 위한 요구조건[2. 본론 참조]을 대부분 수용할 수 있는 시스템의 개발을 목표로 하고 있다. 시스템의 요구조건에서 '공해물질을 배출하지 않을 것(\*)' 항목을 위하여 「미래형수송시스템 개발」 사업에서는 연료전지를 동력원으로하는 시스템을 개발하여 적용할 계획이다.

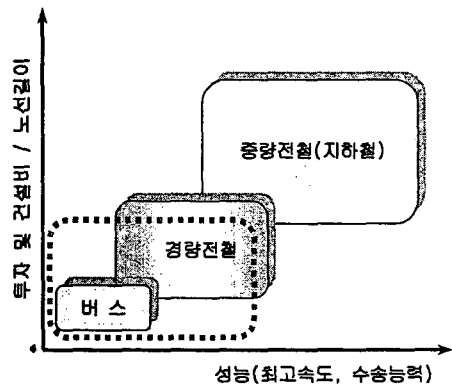
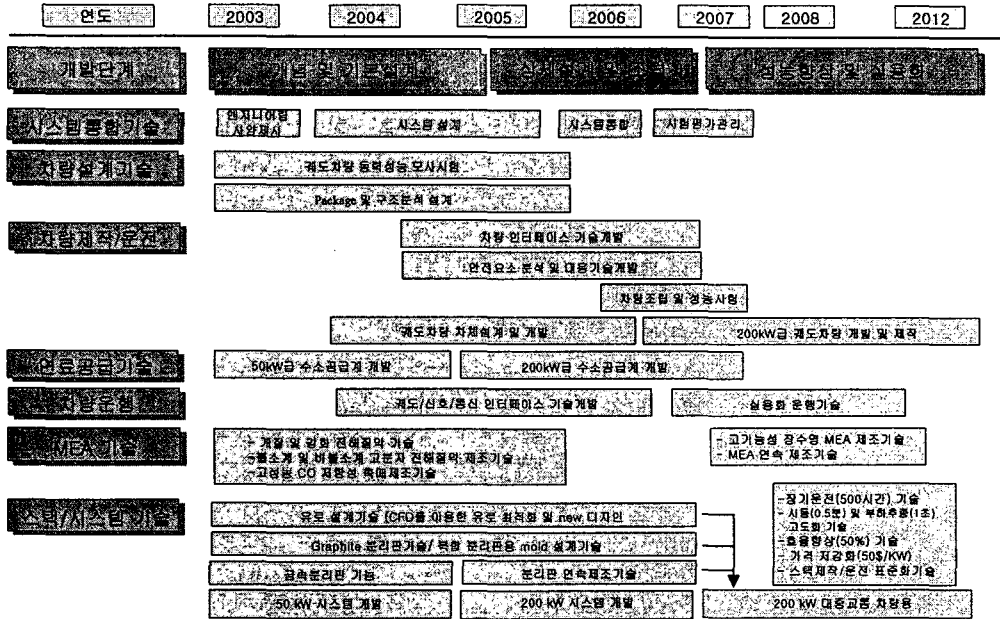


그림 5. 미래형 수송시스템의 작용영역

### ○ 미래형 수송시스템개발 사업목표

- 대중 교통 차량용 고분자 연료전지 시스템 개발
  - 최대 출력 200kW 이상, 고밀도 고분자 연료전지 스택 개발
- 연료전지 시스템을 탑재한 궤도차량 개발
- 연료전지 궤도차량에 적합한 궤도 및 운영 인프라를 개발하여 통합성능 검증

○ 미래형 수송시스템개발 연도별 사업계획



3. 결론

본 연구에서는 대중교통으로서 AGT와 버스의 기능에 대하여 재검토하였다. 우리나라에서의 대중교통은 철도, 지하철 그리고 버스로 분류할 수 있다. 최근 지하철 건설 및 그 운용에 대한 경제성 평가에서 보안시스템으로 AGT가 제안되고 있으며, 국내에 건설이 추진중인 노선도 상당수에 달한다. AGT는 지하철의 연장노선이나 대체수단으로서, 지하철에 비하여 정시성, 접근성과 경제성에서 큰 장점을 갖는다. 반면 버스는 AGT에 비하여 접근성은 매우 우수하지만, 정시성이 크게 떨어지는 단점이 있다. 대중교통이 갖추어야 할 정시성, 접근성 및 경제성을 증진시키려면 AGT의 운영체계에 버스를 투입하는 것을 고려할 수 있다. 이것이 AGT와 버스의 Intermodal 시스템이며, 해외에서 BRT(Bus Rapid Transit)로 분류되는 시스템이다. 여기서는 AGT와 버스가 갖는 장점을 갖도록 하는 개선된 혼합시스템을 소개하고 제안하였다. 그리고 현재 국가교통핵심기술개발사업에서 이를 위한 연구를 수행하고 있음을 간략히 소개하였다.

참고문헌

1. 장세기 외, 국가교통핵심기술개발사업 기획연구 보고서, 한국철도기술연구원 2002. 12
2. 국가교통핵심기술개발사업 안내, 교통개발연구원, 2003. 5
3. 목재균 외, 연료전지 제도차량개발을 위한 해외출장보고서, 2003. 10

후 기

본 연구는 국가교통핵심기술개발사업에서 지원된 미래형 수송시스템개발과제 수행의 일부입니다.