

바이모달트램 운영을 위한 운영기반시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Development of Operation Base System for Bimodal Tram

윤희택* 박영곤** 변윤섭** 이강원** 홍용기***
Yoon, Hee-Taek Park, Young-Kon Byun, Yun-Sup Lee, Kang-Won Hong, Yong-Ki

ABSTRACT

Bimodal tram is being developed to be completed in 2010 and the infrastructure needs to be developed to make the operation in time. Through the study of infrastructure reflecting domestic condition, dedicated lane, station, connection center, automated operation, precise docking, ticketing system, information system, management system for operation and maintenance, and refueling station will be developed and their performances will be also verified through the construction of test bed. The economical, safe and environment-friendly operation of the bimodal tram will be established through the present study.

1. 서 론

현재 우리나라의 연간 도심지 교통혼잡비용은 20조원, 사고비용은 9조원, 환경오염비용은 12.5조원에 이르고 있으나, 이를 해결하기 위한 유효한 수단이나 운영 및 인프라 관련 기술개발은 매우 미흡한 실정이다. 자가용 수요를 대중교통으로 흡수하여 도로교통(Surface Traffic)의 혼잡과 환경오염 등 막대한 사회적 비용을 절감하기 위해서는 버스의 유연성과 철도의 정시성, 친환경성 등 고품질의 서비스를 제공할 수 있는 바이모달 트램과 같은 신개념의 대중교통수단 개발이 필요하다.

이를 위하여 현재 2010년 상용화를 목표로 2량1편성의 CNG-하이브리드와 수소연료전지 구동형 바이모달 트램이 개발 중에 있다. 바이모달 트램은 노약자, 장애인 등 교통약자의 이동편의를 위해 차량을 저상화하고, 정밀정차가 이루어지며, 정시성 확보를 위해 전자기 방식의 자동운전이 가능한 첨단 대중교통수단이다. 그리고 전축조향(All-Steering Wheel) 등 첨단장치의 도입으로 타 경쟁수단에 비해 초기 구축비용이 매우 저렴하며, 운행속도, 수송량 등 운행효율은 높은 장점이 있다.

그러나, 바이모달 트램의 도입을 원하는 지자체나 운영주체 등 수요자 입장에서는 사업비 중에서 많은 부분을 차지하는 운영과 인프라 구축비용을 최소화하거나, 효율을 높이는 데에 큰 관심이 있게 마련이어서 이러한 기술개발이 지연될 경우 개발 차량의 실용화에 어려움이 예상된다. 이를 해결하고자 당 과제에서는 시스템엔지니어링, 선로구축물 표준화, 운영시스템, 유지관리시스템, 그리고 운영기반시설 구축 5개 분야에서 국내의 실정에 맞는 전용선로, 정거장 및 환승센터, 자동운전 및 정밀정차시스템, 사전요금지불시스템, 차량/승객 정보시스템, 운영/유지관리시스템, 연료공급시설 등의 구성요소들을 개발하고, 전용시험선로와 테스트베드의 구축을 통하여 개발품의 성능검증을 실시할 예정이다.

이를 통하여 첨단 대중교통수단으로서 바이모달 트램에 대한 경제적이고, 안전한 그리고 친환경적인 운행환경이 마련되게 될 것이다.

* 한국철도기술연구원, 도시교통기술개발센터 선임연구원

E-mail : htyoon@krri.re.kr

TEL : (031)460-5383 FAX : (031)460-5649

** 한국철도기술연구원, 도시교통기술개발센터 선임연구원

*** 한국철도기술연구원, 도시교통기술개발센터 수석연구원

2. 바이모달 트램의 운영기반시스템

차세대 대중교통수단인 바이모달 트램은 차량, 전용선로, 정거장 및 환승센터, 자동운전 및 정밀정차 시스템, 사전요금지불시스템, 차량/승객 정보시스템, 운영/유지관리시스템, 연료공급시설 등의 구성요소들이 유기적으로 결합된 시스템적 특성을 가지고 있어 이들의 개발과 통합방안에 대한 연구가 매우 중요하다. 여기서는 각 구성품의 요구사항과 개발방향 등에 알아보려고 한다.

2.1 바이모달 트램 시스템엔지니어링

본 연구분야는 “바이모달 트램 시스템엔지니어링 및 시험평가”와 “안전 및 환경지원기술 개발”로 나뉘어지며, 그 내용은 인터페이스 및 시험평가기술, 관련 법규 및 제도, 구성요소 최적결합방안에 대한 연구들로 이루어져 있다.

트램과 같은 공공 대중교통수단의 성공적인 실용화를 위해서는 운행안전과 관련된 신뢰도 확보가 매우 중요하나, 당 과제에서 국내에 처음으로 도입되는 바이모달 트램은 대중교통시스템으로 운행안전을 위한 시험·인증 기준 등이 개발될 예정이다. 또한 바이모달 트램의 기능적 특성을 최대한 고려한 시스템 설계, 통합 그리고 최적화를 위한 연구결과는 바이모달 트램의 상용화나 수소연료전지 구동형 트램 등과 같은 후속 연구에 귀중한 경험이 될 것이다.

이 외에도, 바이모달 트램의 가장 큰 특징인 자동운행이나 정밀정차 기능이 무리없이 수행되기 위해서는 보행자나 승객안전에 대한 배려가 무엇보다 중요하다. 이를 위하여 전용선로 또는 교차로를 주행하는 차량의 주행안전성을 확보하고, 보행자의 횡단사고를 미연에 방지하기 위한 게이트시스템 등 관련 연구가 수행될 예정이다.



그림 1. 보행자 자동게이트와 스윙게이트



그림 2. Four-quadrant 게이트시스템(LA, 미국)

바이모달 트램의 운영환경에서 각종 인위 또는 자연재난시 효율적으로 대처하기 위하여 개발되는 안전정보지원시스템은 안전관리활동 전반(운영 및 유지관리)에 존재하는 위험 요인을 지속적으로 관리(요인의 분석, 평가, 대처, 예방)하고, 유사시 필요한 안전 리소스를 공유 또는 지원하게 될 것이다.

2.2 바이모달 트램 선로구축물 표준화

본 연구는 크게 “바이모달 트램 전용선로 토목시설물 표준화 및 적용기술 연구”와 “모듈화된 안전지향형 정거장 및 지원시스템 연구”로 나뉘어 지는데, 그 내용은 바이모달 트램 노선결정을 위한 네트워크 설계기법, 전용선로 시설물 표준화, 바이모달 트램 전용선로 입체고가 구조물 기술, 정거장 승객안전 지원시스템 및 운행정보안내시스템을 포함한 모듈화된 안전지향형 정거장에 대한 연구이다.

먼저, 바이모달 트램 노선결정을 위한 네트워크 설계기법 연구는 향후 바이모달 트램 시스템이 상용화되어 실제 적용시 구축대상지에 따라 적정한 노선을 설계하는 방안을 제시하여 체계적이고 효과적인 노선을 선정하고, 여타 대중교통의 노선설계 방법론 개발에 기초가 되어 향후 대중교통의 발전에 크게

기여할 것으로 기대된다. 두 번째로 바이모달 트램 도입에 요구되는 선로구축물의 설계기준 및 시설물 표준을 개발함으로써 향후 각 지자체별로 추진하고 있는 신교통수단 도입사업에 적용할 수 있는 국가적으로 표준화된 바이모달 트램 설계지침(안)이 마련될 수 있을 것으로 판단된다. 세 번째로 바이모달 트램 전용선로 입체고가 구조물 개발을 통해 도시 경관에 조화되고 바이모달 트램에 적합한 신형식 교량으로써 크게 활용될 것으로 믿어 의심치 않는다.

마지막으로 승객들이 안전하게 대기할 수 있는 정거장의 경우 정거장의 제작, 설치, 관리, 유지보수 비용 및 시간을 단축시킬 수 있는 새로운 형태의 모듈화된 안전지향형 정거장을 개발함으로써 고급의 승객서비스 제공이 가능할 것으로 판단된다.



그림 3. 전용선로 모습(Eugene, Or.)



그림 4. 모듈형정거장 모습(꾸르띠바시, 브라질)

도표 1. 기술개발 전 후의 기대효과

대상	기술개발 전	기술개발 후
노선결정 네트워크 설계기술개발	<ul style="list-style-type: none"> ○관련 설계기술이 없음 - 최적노선 선정의 어려움이 예상 	<ul style="list-style-type: none"> ○바이모달 트램 단일·다중노선결정 대중 교통 네트워크 설계 알고리즘 - 기술적으로 최적노선의 선정이 가능
전용선로 시설물 구축을 위한 표준화 및 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> ○기존의 도로 및 철도의 설계기준 준용 ○바이모달 트램시스템을 구성하는 물리적 요소들에 대한 설계기준(안) 부재 	<ul style="list-style-type: none"> ○바이모달 트램의 기반시설의 일반적 요구사항 및 설계지침 제시 ○바이모달 트램 전용차량 외에도 전용선로, 교차로, 정거장 및 환승시설 등의 구성요소별 설계기준(안) 제시
설계기준(안)	<ul style="list-style-type: none"> ○바이모달 트램 전용 입체고가교에 대한 국내 설계기준 부재 ○설계자가 기존 도로교설계기준에 의해 설계를 수행하여 과다설계 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ○도로교 및 철도교와 같이 바이모달 트램에 적합한 국내 설계기준(안) 제시 - 설계자에게 최적화된 설계유도로 국가예산낭비요소 사전 제거
표준화 교량	<ul style="list-style-type: none"> ○바이모달 트램 전용 입체고가교에 대한 국내 표준화 교량 부재 ○설계자의 자의적인 형식적용 및 도심지 미관 훼손 우려 	<ul style="list-style-type: none"> ○도로교, 경전철, 자기부상열차와 같이 바이모달 트램 전용선로에 적합한 국내 표준화 교량설계(안) 제시 - 슬림구조, 세련되고 모던한 교량형식 건설로 도시미관 증진
모듈화된 트램 정거장	<ul style="list-style-type: none"> ○승하차 시간이 길어 정시성 확보에 어려움이 있음 ○좁은 공간의 정거장에서는 승객에 대한 안전과 서비스의 제공에 어려움이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> ○정거장의 승하차 시간 단축으로 정시성 확보에 기여함 ○정거장의 무인운영 환경과 많은 이용 승객을 고려한 안전지향형 정거장의 도입으로 승객의 안전과 편의성을 확보할 수 있음 ○좁은 공간에서의 많은 승객의 동시 이용 환경에 대한 정거장의 안전 및 편의성 확보 대책이 가능함 ○정거장의 모듈화에 따라 정거장 구축(제작/설치) 및 관리, 유지보수 측면에서의 비용과 시간을 절감할 수 있음

2.3 바이모달 트램 운영시스템

현재 개발 중인 바이모달 트램은 지상 자기마커를 차상에서 검지하여 구해진 위치결과를 차상에 설치된 노선관리 컴퓨터의 지도정보와 비교한 후 정확한 차량의 현재위치를 파악하여 자동운전하는 신개념 무인화 차량이다. 바이모달 트램의 자동운전이 정해진 전용선로 상에서 효과적으로 이루어져 차량운행에 대한 정시성을 확보하고 차량을 이용하는 승객의 이용편의성을 증진시키기 위해서는 도로상에 운행 중인 차량들의 위치 및 각각의 상태정보를 실시간으로 수집하여 효율적이며 종합적으로 관리하는 시스템의 구축이 필요하다.

본 과제에서 개발 중인 바이모달트 램 전용 통합관제센터 기반 시스템은 기존 운전자에 의해 수동으로 운전되는 일반버스의 교통관리시스템과는 달리 무인 자동 운전되는 바이모달 트램에 대한 통합적인 관리 및 제어를 위한 중앙시스템으로서 철도시스템에서 운영되는 열차집중제어시스템(CTC)와 유사하게 운영되는 시스템이다. 트램운영 단말기시스템을 통하여 실시간 운행자료를 센터로 전송하고 센터로부터 전송되는 차량들의 운행정보(도착예정시간, 노선정보) 및 다양한 교통정보를 운전자 및 승객 등에게 방송장치 및 표시기를 통해 알려준다. 또한 센터로부터 전송되는 운행정보 및 교통정보는 정류장에 설치된 방송장치 및 표시기를 통하여 이용승객에게 제공하게 된다. 그림 5는 바이모달 트램전용 통합관제센터 기반 시스템에 대한 개념도를 보여준다.

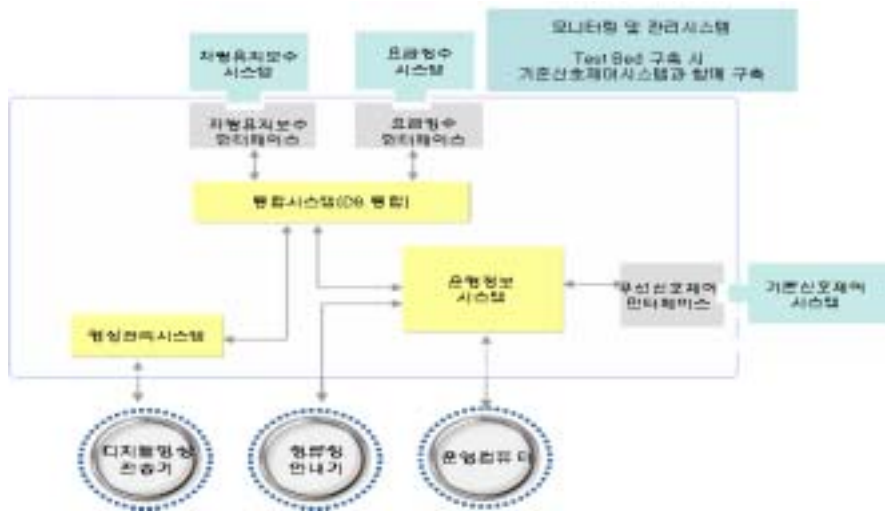


그림 5. 바이모달 트램전용 통합관제센터 기반 시스템의 개념도

영상감시시스템은 그림 6과 같이 차량내/외 운행환경, 정류장내/외 상황 및 도로영상 등을 동시에 감시할 수 있고, IP 네트워크로 실시간 동영상을 수집하고 감시하여 차량운행 중 발생할 수 있는 돌발상황에 즉시 대응할 수 있도록 한다. 그러므로 영상감시시스템을 통하여 통합된 운행정보 및 상황정보가 입체적으로 관리 및 감시가 가능해 지므로 통합관리센터 기반 시스템으로 하여금 바이모달 트램의 운영 중 발생하는 다양한 상황에 능동적이고 효과적으로 대응할 수 있도록 할 예정이다.

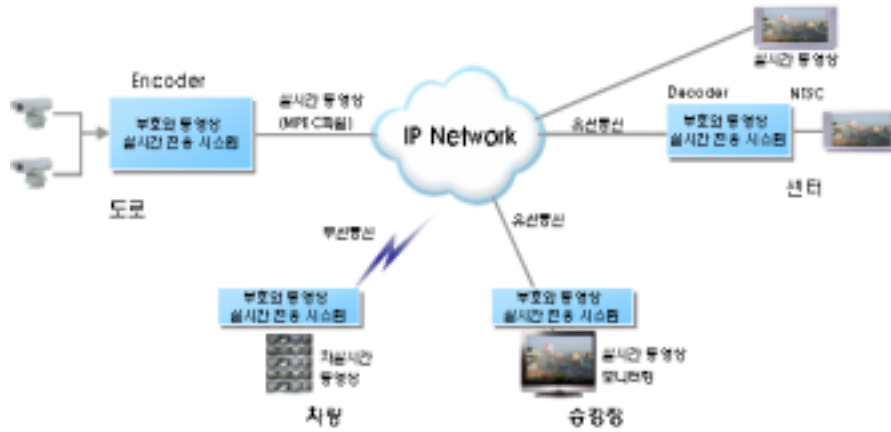


그림 6. 운행정보 영상감시 시스템 구성도

2.4 바이모달 트램 유지관리시스템

바이모달 트램은 국내에서 처음 도입되는 시스템으로 기존의 교통수단과는 다른 차체와 추진 및 운행 시스템을 가지고 있어서 이에 대한 유지보수 체계가 구축되어야 하며, 부품 조달 방안 등을 위해 DB화도 필요하다.



그림 7. 바이모달 트램 유지관리시스템



그림 8. 바이모달 트램 이송용 장비

또한, 바이모달 트램의 운행 중 발생할 수 있는 많은 고장원인을 사전에 제거하여 차량의 안전을 확보하기 위해서는 차량의 주기적인 정비, 유지보수를 필요로 한다.

따라서, 바이모달 트램의 핵심부품의 진단을 가능하게 하는 하드웨어를 통해 핵심부품에서 발생 가능한 문제를 사전에 방지하고, 문제가 발생할 경우에도 정확하고 빠른 대처가 가능해 질 것이다. 이 외에도 열차의 장점인 전용차로를 통해 신속하고 효율적인 운행이 가능하기 위해서는 차량의 문제가 발생하여 정차되었을 때를 대비하여 전용 견인용 설비가 개발될 예정이다.

2.5 바이모달 트램 운영기반 시설 구축

현재 네덜란드, 프랑스 등 바이모달 트램을 개발 중이거나, 실용화에 성공한 나라는 대부분 시험선로를 확보하여 운영 중에 있다. 본 연구에서도 2008년도 개발 완료되는 CNG-하이브리드 구동형 트램과 구성품들의 상용화를 위한 성능검증과 보완연구, 그리고 2009년 개발되는 수소연료전지 구동형 트램의 조기 실용화를 위한 연구설비로 활용하기 위한 전용 시험선로와 테스트베드를 구축할 예정이다. 특히 테스트베드는 상용화가 예정된 일부 구간을 활용하여 구축되고, 성능검증 이후에는 구간을 연장하여

상용화함으로써 본 과제의 실용화에 기여하게 될 것이다.



그림 9. ATPS사 Phileas 차량 시험선로(네덜란드 아인트호벤)

3. 결 론

차세대 대중교통수단인 바이모달 트램은 차량, 전용선로, 정거장 및 환승센터, 자동운전 및 정밀정차시스템, 사전요금지불시스템, 차량·승객 정보시스템, 운영·유지관리시스템, 연료공급시설 등의 구성요소들이 유기적으로 결합된 시스템적 특성을 가지고 있다.

현재 바이모달 수송시스템에 대한 연구는 2003년부터 현재까지 바이모달 트램 차량을 개발 중에 있고, 이의 실용화 및 상용화를 위한 차량운영 구성요소들에 대한 기술 확보를 위해 2006년부터 5년간 바이모달 트램에 대한 운영기반연구를 착수하였다. 본 연구를 통해 바이모달 트램의 상용화, 실용화를 위한 각종 운영 및 적용방안을 수립하고, 운영시스템 및 인프라 구성품 등을 개발하며, 전용시험선로 및 상용화를 위한 테스트베드 구축을 통하여 개발품의 성능을 시험 및 검증할 예정이다. 또한 전자기 방식의 자동운전·정밀정차 제어시스템, 주행안전을 위한 안전정보지원시스템 등 바이모달 트램에 고유한 제품 개발에 집중하고, 세계 최고수준의 ITS, BIS/BMS 기술을 적극 활용하여 개발 차량에 적합한 최첨단 시스템을 독자적으로 개발, 완료할 예정이다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원(2007), “신에너지 바이모달 수송시스템 개발” 기획보고서
2. 시정개발연구원(1997년), “서울시 BRT도입 기본계획” 보고서
3. 건설교통부(2006), “간선급행버스체계(BRT) 설계지침”
4. Federal Transit Administration(2004), “Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making”, United States Department of Transportation.
5. Casey, Robert F., and John Collura.(1994), “Advanced Public Transportation Systems: Evaluation Guidelines”, FTA-MA-0007-94-2, DOT-VNTSC-FTA-93-9. Washington, DC: Federal Transit Administration
6. Fuhs, Charles A.(1993), “Preferential Lane Treatments for High-Occupancy Vehicles”, Washington, D. C.: Transportation Research Board, National Research Council.