



신교통수단 바이모달 트램의 안전운행에 관한 연구



박 영 곤 >>

한국철도기술연구원 선임연구원
ykpark@krri.re.kr



윤 희 택 >>

한국철도기술연구원 선임연구원
htyoon@krri.re.kr



목 재 균 >>

한국철도기술연구원 책임연구원
jkmok@krri.re.kr

1. 서론

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 자동운전에 따른 차량 내외부의 안전문제 및 운행에 대해서는 아직 체계적으로 연구된 바가 없으며, 각종 돌발사고 발생시 처리해야 하는 문제가 아직까지 상용화되어 운행되고 있지 않은 관계로 잠재되어 있는 실정이다. 이에 신교통수단인 바이모달 트램 차량 운행에 따른 안전문제를 살펴보고 향후 전용선로 또는 테스트베드 운행의 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 바이모달 트램

2.1 정의

트램(노면전차)은 자가 승용차의 선호, 도로교통의 정체로 인해 대부분 폐지되어 일부 노선만이 운행되었지만 최근에는 차량의 저상화, 진동, 소음, 승차감, 접근성, 환승 편의성, 정시성, 경제성, 환경친화성 등이 향상된 개량형 트램이 개발되어 기존 트램의 개량화, 신규노선의 신설 등이 이루어지고 있는 추세이다.

이와 같은 트램은 기존 도로에 철제궤도를 설치하고 저상화된 철제차륜 차량이 주행하는 철제차륜 트램과, 고무타이어를 주행륜으로 사용하면서 전용궤도와 일반도로를 모두 주행 가능한 고무차륜 트램(바이모달 트램)으로 분류된다. 새로이 개발되고 있는 바이모달 트램은 화석연료를 대체하는 미래의 청정 동력원인 수소 연료전지를 에너지원으로 하는 차량개발이 최종목표이며, CNG 하이브리드 차량개발도 병행하고 있다.

여기서 바이모달(bimodal)이라 함은 2개의 모드 특성을 가지고 있는 교통시스템을 의미하는 것으로, 도로모드와 철도모드를 효율적으로 조합한 교통시스템을 의미한다. 따라서 바이모달 트램이라 함은 수소 연료전지 또는 CNG 하이브리드 추진시스템으로 구동되며, 도로의 유연성과 철도의 정시성을 가지는 고무차륜 트램(Rubber-tired Tram)을 의미한다.

2.2 차량특성

2003년부터 2009년까지 약 430억원(정부 290억원)의 연구개발비를 투입하여 개발 중인 바이모달 트램 차량은 다음과 같은 특성을 가진다.

- 도시미관 및 수요자 요구에 부합하기 위한 복합소재 차체 구현
- 전용궤도와 일반도로의 혼합형 선로에 효과적인 바이모달 구조
- 2,500~7,000명/방향/시간의 수송력을 갖는 도시형 대중교통수단
- 추돌에 대한 안전 및 사계절 정밀정차, 그리고 자동운전이 가능한 차량
- 교통약자의 승하차가 용이한 초저상 구조
- 전체차륜의 독립조향에 의해 정거장 길이가 최소화 되도록 하는 구조
- 초 저공해 및 무공해 동력원으로 구동하는 추진시스템에 의한 주행
- 경제성과 안전성이 확보된 운영시스템(신호, 정보) 및 인프라(전용궤도, 전용정거장)
- 시험선에서의 시스템 통합과 성능 및 기능관련 효과 입증
- 시스템 사양의 표준화 및 국가적 지원제도 마련을 위한 연구

본 차량은 2004년까지 차량의 개념설계, 2005년도에 차량의 기본설계 및 하위시스템에 대한 상세설계를 수행하였고, 2006년도에는 하위시스템별로 제

작과 개발되지 않는 구성품에 대한 발주가 이루어졌다. 2007년도에는 하위시스템별 시험평가를 통해 2008년 통합되어 하이브리드(엔진+2차전지) 구동의 바이모달 트램이 완성될 것이다. 그리고 최종적으로 2009년에는 하이브리드 차량의 시운전, 그리고 연료전지 차량제작이 완료될 예정이다.

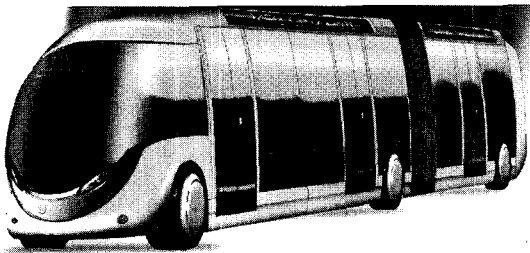


그림 1. 개발예정인 바이모달 트램 차량

2.3 기존 차량과의 비교

트램은 대량수송시스템(지하철, 경량전철 등)과 비교하면 수송능력, 주행속도 측면에서 열세이지만, 도로를 주행궤도로 이용하므로 궤도, 역설비, 신호시스템 등 인프라의 단순화가 가능하여 건설비를 획기적으로 절감할 수 있는 장점이 있다.

전용궤도, 일반도로, 또는 이들의 혼합형 노선에서 모두 효율적으로 운영될 수 있으며, 이용자 밀도는 버스와 경량전철의 중간(2,500~7,000명/방향/시간)이고, 노선길이는 도시교통 전체 범위를 담당할 수 있다. 또한 교통약자(노약자, 장애인)의 이용편의를 위한 저상차량을 적용하며, 전체차량을 독립 조향함으로써 회전반경 및 정거장 길이를 최소화하여 도심지 건설 및 운영에 적합한 시스템이다.

그리고 자동운전, 정거장(플랫폼) 접근 및 정위치 정차, 곡선 추종성, 승객의 접근성, 환경친화성, 경제성 등이 우수한 신교통시스템이다.

3. 안전프로그램

3.1 안전프로그램의 구성

대중교통에 대한 안전프로그램은 일반적으로, (1) 핵심안전요소 또는 필요조건 (2) 강화 안전요소 또는 필요조건으로 구성된다.

핵심안전프로그램 요소의 개념은 모든 대중교통수단 공급자가 기본적으로 수행해야 하는 안전활동이

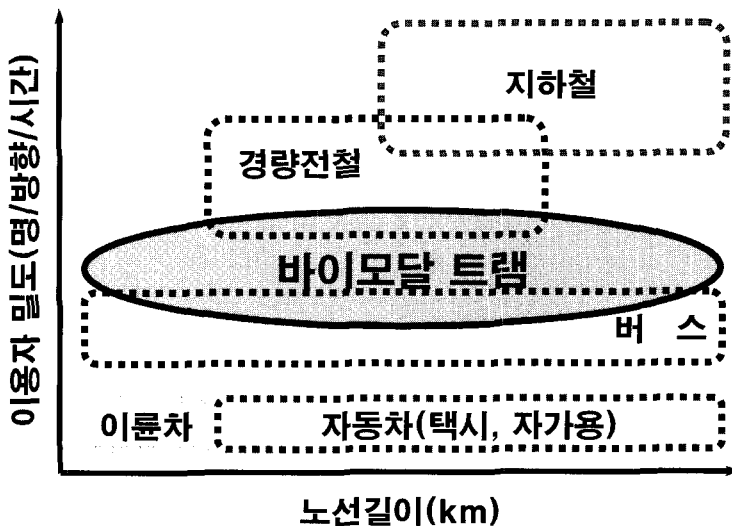
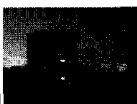















그림 2. 바이모달 트램의 수송능력

표 1. 기존 차량과의 주요특성 비교

구 분	바이모달 트램	저상굴절버스	경량전철시스템				
			고무차륜 AGT	철제차륜 AGT	LIM AGT	모노레일	노면전차
운행사례	<ul style="list-style-type: none"> Bombardier TVR차량 lohr사의 Translohr 차량 네덜란드 Phileas차량 Las Vegas CIVIS차량 	<ul style="list-style-type: none"> 서울시 IVECO차량 	<ul style="list-style-type: none"> 경산 시험선 프랑스 VAL(Lille 등) 대만 Mucha Line 일본 동경 임해선 	<ul style="list-style-type: none"> 영국 Docklands Line 	<ul style="list-style-type: none"> 캐나다 밴쿠버 Sky Train 말레이시아 PUTRA LIM 	<ul style="list-style-type: none"> 호주 시드니 일본 지바 일본 오사 	<ul style="list-style-type: none"> 프랑스 스트라스브루 영국 맨체스터 독일 슈탈트도르프
차륜형태	고무타이어	고무타이어	고무타이어	철제차륜	철제차륜	고무타이어	철제차륜
운전방식	자동운전	수동운전	무인운전	무인운전	무인운전	무인 또는 수동운전	수동운전
시스템별 주요특징	<ul style="list-style-type: none"> 교통약자(노약자, 장애인)의 이용편의를 위해 차량을 저상화하고, 전체차륜을 독립조향함으로써 회전반경과 정거장 길이를 최소화하여 도심지 건설 및 운영에 적합한 시스템임 경량전철에 비해 건설비를 획기적으로 절감 가능 친환경적인 에너지 사용으로 도심지의 대기환경개선 효과 기대 승객의 접근성, 환승 편의성이 타 교통수단보다 우월 	<ul style="list-style-type: none"> 1명의 운전자가 일반버스보다 많은 승객을 수송하므로 인건비 절감효과 있음. 저상차량으로서 교통약자의 이동 편의 증진 가능 외국의 차량을 도입 운영하여 고장 또는 사고 발생시 신속한 대응이 가능하고, 고장·사고 지역에서의 극심한 교통정체 유발 수동운전과 일반적인 조향장치로 인해 사고가 빈발하여 예산낭비 사례로 지적 	<ul style="list-style-type: none"> 고무타이어의 저소음, 저진동 주행특성으로도 심지 고가노선에 주로 적용됨. 급구배, 급곡선에 대한 대응성이 우수하여 기존의 도심지 또는 신도시 개발지역에 적용 무인운전으로 운영 효율화 우수한 점착 특성으로 가속 성능이 우수하여 짧은 역간 거리에서도 운영 가능 주행 궤도에 적설 및 결빙대책이 요구되고, 바이모달에 비해 과대한 건설비와 공사기간이 문제점으로 지적 	<ul style="list-style-type: none"> 고무차륜에 비해 소음 및 진동이 크고, 구배에 대한 대응성이 적으므로 대도시-위성도시 연결 노선, 대규모 시설(공항, 항만 등)의 접근형 노선에 유리함. 고무차륜 AGT에 비해 국내 기반기술의 접근성이 우수하고, 기후조건에 대한 대응성이 우수함. 국내 기존 도시철도 시스템과의 호환성이 가장 우수 무인운전으로 운영 효율화 	<ul style="list-style-type: none"> 차량의 저상화가 가능하여 터널 단면적을 감소(지하구간 건설비 절감효과)시키므로 지하철이 많은 노선에 유리함. 비점착 구동 방식으로 눈, 비 등 환경적 요인의 영향이 거의 없음. 급구배에 대한 대응성 우수 무인운전으로 운영합리화 전력소모량이 많아 운영비의 상승 초래되고, 고무차륜에 비해 소음, 진동이 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 도로 공간을 이용하여 도시미관을 저해하지 않으면서 건설비가 저렴하므로 도심지 또는 신도시 개발 지역에 유리한 시스템임. 고무차륜의 적용으로 인해 저소음, 저진동 특성을 가지므로 도심지에 주로 적용됨. 전력 소비량은 고무차륜 AGT보다 크고, 사고 발생시 승객의 대피가 어려움. 우수한 점착 특성으로 가속 향상 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 도로에 철제 주행궤도를 설치하여 운영되므로 건설비는 저렴하지만, 인구가 적고 교통량이 크지 않은 지역에 주로 적용 차량 저상화, 승객 접근성과 환승 편의성 무인운전이 불가능하고, 정시성 확보가 중요함. 재래식 전차를 저상 차량으로 개량한 시스템으로서 철제차륜형식 AGT와 유사한 시스템임.
운행모습							
							

다. 핵심안전프로그램 요소는 이들 핵심활동을 지원하기 위해 충분한 자원이 확보되어야 한다. 모든 활동들은 자원제약을 받기 때문에, 이들 핵심안전프로그램의 요소는 자원할당이 최우선적으로 이루어져야 한다.

두 번째 구성인 강화안전프로그램 요소의 개념은 모든 대중교통수단 공급자에게 안전프로그램의 효과를 증진시키는 요소 및 활동이다. 충분한 자원을 가진 대중교통수단 공급자들은 그들의 안전프로그램에서 이들 요소 전부 또는 대부분을 필요로 한다. 그러나 규모가 작은 공급자들은 그들 규모 또는 자원이 커질수록 또는 안전운영경험에 의해 필요시 이들 요소들을 통합할 것이다.

따라서 대중교통공급자 안전프로그램은 운영을 통한 지속적인 안전관리를 위해 서비스, 자원, 인프라와 함께 보완, 업그레이드된다.

3.2 핵심안전프로그램 요소

핵심안전프로그램 요소는 다음과 같다. 즉, 운전자의 선정 및 훈련, 차량의 유지관리, 안전자료 수집 및 분석이다.

(1) 운전자의 선정 및 훈련

먼저, 운전자의 선정 및 훈련에서, 운전자는 예전의 대중교통 체계하에서는 안전에 있어 가장 중요한 책임을 맡고 있었다. 그러나 신교통수단인 바이모달 트램은 자동운전을 전제로 한 유사시 안전책임자로서의 운전자이기 때문에 그 역할 및 책임이 다소 적어진 것은 사실이다. 다만, 유사시 자동모드에서 수동모드로 운전모드를 전환할 필요가 있을 경우 운전자는 지금의 대중교통체계와 마찬가지로, 승객의 안전을 확보하기 위해 최선을 다해야 한다.

또한, 바이모달 트램 운전자로 선정되기 위해서는 차량의 길이가 18m인 만큼 소정의 인가 절차(운전기록, 신체조건 등)가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 운전자로 선정된 후에는 체계적인 안전훈련이 요구된다.

다. 여기에는 교통법규(교통표지 및 신호 포함), 방어운전 및 사고예방, 유사시 승객안전조치, 바이모달 트램 차량에 대한 기본운전조작 및 훈련 등이 필요하다.

(2) 차량의 유지관리

차량과 장비의 적절한 유지는 대중교통시스템의 안전한 운영을 유지하기 위해 중요하다. 안전과 관계된 차량장비는 다음과 같다.

- 서비스 브레이크와 주차브레이크
- 타이어, 휠, 림
- 조향장치
- 차량 서스펜션
- 거울 및 후방 모니터 장비 (예, 비디오 모니터)
- 조명장치 및 반사경

대부분 안전과 관계되는 장비는 차량이 서비스에 적합하다는 것을 확실히 하기 위해 이동 전 정밀 조사되어야 한다. 대부분 차량과 특별한 장비의 제조자들은 안전과 관계된 장비를 위해 운영기준을 표준화하고, 정기적인 유지관리 활동을 제공하고 있다.

차량유지관리는 통상 다음과 같은 방법으로 이루어진다.

즉, 일상적인 점검과 정기적인 점검으로, 일상적인 점검은 연료의 적정유동성 점검과 차량의 청결 및 운영 기록, 그리고 차량 운행 전·후의 검사 등이 해당된다. 정기적인 점검은 서스펜션요소, 누출, 벨트, 전기 커넥션, 타이어 마모, 그리고 눈에 띄는 문제 점검이 포함된다.

(3) 안전자료 수집 및 분석

안전자료를 이해하는 것은 안전프로그램요소에 중요한 또는 부족한 자원을 배치하기 위해 중요하다. 대중교통 공급자의 운영에 관계되는 안전정보는 시스템 안전운영에 활용되며, 사고 전후의 통상적인 재해를 판별하는데 유용하다. 이들 자료는 최종적으로 승객을 위한 서비스 질을 높이는 데에도 크게 일조한다.

3.3 강화안전프로그램 요소

강화안전프로그램 요소는 핵심안전프로그램 요소 이상으로 대중교통수단 공급자 안전프로그램을 개선한다. 여기에는 다음과 같은 요소로 나뉜다. 즉, 1) 안전중심요소, 2) 인간중심요소, 3) 인프라 및 장비 중심요소이다.

안전중심요소는 안전프로그램을 만들고, 확장하기 위한 과정 및 진행에 대한 것으로, 안전자원이 적절하게 규제될 수 있도록 수송버스 운영(사고, 사건 그리고 위험)에 대한 안전문제를 이해하는 것에 초점을 맞춰져 있다. 안전중심요소로는 사고·사건 보고 및 조사, 재해 확인 및 해결과정, 위기대응계획, 조정 및 훈련, 내부적인 안전진단과정이 포함된다.

인간중심요소는 운전자와 고용자 안전문제에 대한 것으로, 고용자 안전프로그램, 업무상 건강문제(약과 알코올 관련), 규칙 및 과정에 대한 검토, 계약자 안전조정 등이 포함된다. 인프라 및 장비 중심요소는 수송시스템과 인프라에 관계된 안전문제, 시설물에 대한 검사, 유지 진단 및 검사, 위험물질(Hazmat) 프로그램, 대체연료 및 안전, 시스템 변경 검토/승인 과정, 부처 및 기관 협조, 보안, 운영환경 및 승객설비 관리, 전용선로 검사 및 관리 등이 있다.

4. 안전 및 보안

안전 및 보안은 대중교통시스템의 두 가지 주요 속성이다. 안전은 승객과 대중교통시스템 공급자가 경험하는 위험으로부터의 자유 수준으로 정의된다. 보안은 승객이나 공급자가 경험하는 범죄 또는 의도적인 위험으로부터의 자유로 정의된다. 바이모달 트램 시스템 또한 적절하게 계획되고, 운행된다면 다음을 해낼 수 있다.

- 사고율을 줄인다.
- 안전과 보안에 대한 공공의 인식을 개선하여 승

객 수의 증가로 이끈다.

- 위험관리를 개선하여 보험 청구, 법적 비용 및 조사를 줄인다.
- 손상과 난폭 행위와 연관된 유지보수 비용을 줄인다.

많은 기존의 버스 정거장과 간이 정거장이 감시인력 없이 운행되고 종종 심야 운행시간까지 열려있기 때문에 탑승객을 위한 안전하고 보안이 잘 유지되는 환경을 제공하는 것은 필수적인 사항이다.

(1) 안전

안전은 앞서 설명한 바와 같이 승객과 대중교통시스템 공급자가 경험하는 위험으로부터의 자유 수준으로 정의된다. 일반적으로, 두 가지 성과 측정이 대중교통 당국에 의해 안전 관리가 얼마나 잘 이루어지는가에 의존한다.

- 사고율
- 안전에 관한 공공의 인식

승객 안전은 단위시간 또는 운행마일 당 실제의 안전 사고율로 측정될 수 있다. 이 비율은 예방 가능한 사고와 예방 불가능한 사고의 측면에서 성립될 수 있다. 안전에 관한 공공의 인식은 승객 설문조사 또는 고객 피드백으로부터 수집된 정보를 사용하여 측정되는 경우가 많다.

다음 표2는 차량 및 인프라 구성요소가 안전에 미치는 영향을 보여준다.

(2) 보안

승객 보안의 목적은 시스템에 영향을 미치는 범죄행위의 빈도와 강도를 최소화시키는 것이다. 승객에 대한 잠재적 또는 인식된 위협을 감소시킴으로써 본 시스템의 이미지를 개선한다. 보안기능 수행은 일반적으로 산출물(서비스 시간 또는 서비스 마일) 단위당 대중교통시스템에서 경험되는 범죄율로 측정된다. 이

표 2. 차량 및 인프라 구성요소가 안전에 미치는 영향

도로	도로 분리(전용선로)	차량을 다른 교통에서 분리시키는 것과 관련된 도로 옵션은 안전도를 높이고 차량의 충돌 가능성과 충돌정도를 감소시킨다.
	가이던스	도로/차량간에 적용된 가이던스 기술은 차량이 특정 통로를 따르도록 해서 정거장에 접근시 가까운 거리를 유지하면서도 충돌을 피하도록 한다.
정거장	승강장 높이	용기된 연석 또는 수평 승강장은 발을 헛딛을 가능성을 줄이고 휠체어와 장애인 접근을 용이하게 한다.
차량	차량 구성요소 배치	차량바닥을 낮게 하는 것은 차량 승차시 발을 헛딛될 위험을 줄여 준다. 그러나 각종 해외 연구에서는 저상버스 대 일반버스에 대한 승객 안전도에 대해 통계적으로 유의한 비교결과를 제시하지는 못했다. 많은 경우에 바퀴가 입구 바로 위로 많은 공간을 차지하기 때문에 저상 버스를 사용하는 데 있어서 입구와 좌석 첫 줄사이에는 손잡이가 필요하다고 한다.
ITS	운전자 보조 및 자동화 기술	차선 보조 및 정밀 도킹은 혼잡경로 교통에서, 또는 교통흐름으로 들어가지나 빠져나오면서 고속 주행시, 운행을 원활하게 함으로써 본 시스템의 안전에 기여할 것으로 예상된다.”

들 통계치는 그 후 시스템의 주변 지역이나 나머지 대중교통 시스템에서 경험되는 범죄율과 비교된다.

보안이 잘 유지되는 시스템을 제공하고자 하는 목적은 승객이 바이모달 트램시스템과 접촉하는 모든

곳, 즉 정거장과 차량에서 적용되어야 한다. 요금 징수 시스템과 ITS 기술 또한 승객 보안을 확보하는데 핵심이 될 수 있다.

표 3. 차량 및 인프라 구성요소가 보안에 미치는 영향

정거장	정거장 디자인	승객이 노출된 환경아래 정거장에서 시간을 보낼 수 있기 때문에, 범죄 또는 보안 위협에의 노출을 최소화하도록 정거장을 디자인하는 것이 중요하다. 이러한 고려는 설비를 통한 시야를 보유하기 위해 맑거나 투명한 자재를 제공하고, 보안 모니터링 또는 긴급 전화, 승객이 아닌 자가 정거장 구역에 진입하는 것을 방지하는 배리어(barrier)나 요금 강제 구역을 설치하는 것을 포함한다.
차량	미관 개선	보안성이 뛰어난 환경을 지원하는 미관 개선은 시야 확보, 밝기, 투명성, 개방성을 강조한다. 차량을 통한 시야를 좋게 하기 위해 대형 창문과 조명 강화를 포함하여 이러한 원칙을 지원하는 것이 특징이다. 또한 차량 앞뒤의 대형 창문은 차량 내에 사각지대가 없도록 해준다.
요금 징수	요금 징수 절차	지불 증명-요금을 징수하고 강제하는 데 적용되는 똑같은 설비, 인력, 절차가 또한 시스템에서의 승객 보안을 위해 사용될 수 있다. 모니터링과 감시 방법을 적용하여 요금 강제와 보안 목적을 같이 달성할 수 있다. 요금 검사원의 존재는 질서와 보안의 메시지를 전달할 수 있고 긴급상황에서 고객을 도울 수 있다.
	요금 매체	배리어 설치 요금 지불-배리어 설치 요금 지불 방법은 범죄자가 시스템 안에 들어가는 것과 현금을 가진 승객을 티켓으로 삼는 일을 방지할 수 있고, 보다 높은 보안성 또는 통제된 환경을 기다리는 승객들에게 제공할 수 있다.
ITS	은행 관리, 안전 및 보안 기술	선불 기기와 패스는 승객 보안을 향상시킬 수 없지 모르나, 도난이나 분실을 통제하기 쉬울 수 있고, 현금을 사용한 처리 건수를 줄여서 시스템 내에서의 범죄를 억제할 수 있다. 승객이 요금을 지불할 때 이를 노출시킬 필요가 없는 비접촉식 스마트카드와 같은 요금 매체를 선택하면 보안성을 높일 수 있다.
		시스템 보안은 자동 스케줄링과 발차, 그리고 차량 추적과 같은 은행 관리 기술과 더불어 다루어질 수 있다. 이와 함께 무음 경보, 비디오, 비디오 모니터링은 차량과 승객의 보안에 중요하다. 범죄 행위가 발생하면 무음 경보, 비디오카메라, 차량 추적을 포함하는 통합시스템이 즉각 발차 관리자에게 차량의 상태, 위치, 차량에서 발생한 상황을 알려준다.

5. 요약 및 결론

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

현재 바이모달 트램에 대한 연구는 2003년부터 현재까지 바이모달 트램 차량을 개발 중에 있고, 이의 실용화 및 상용화를 위한 차량운영 구성요소들에 대한 기술 확보를 위해 2009년에 완료되는 차량개발과 제와는 별도로 2006년부터 5년간 바이모달 트램에 대한 운영기반연구가 새로이 착수되었다.

향후 바이모달 트램의 상용화, 실용화를 위해서는 안전과 보안개념이 포함된 안전프로그램을 마련하는 것이 무엇보다도 중요하기 때문에 핵심안전프로그램과 강화안전프로그램에 대해 철저한 준비가 필요한 시점이다.

참고문헌

- 건설교통부, 2007, 신에너지 바이모달 저상굴절차량 개발 4차년도 연구보고서
- FTA, 2001, Transit Bus Safety Program
- FTA, 2004, Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making