

# 바이모달 트램의 재해시 운영관리에 관한 연구

## A Study on the Emergency Management of Bimodal Tram

박영곤\*                  윤희택\*\*                  윤종학\*\*  
Park, Young-Kon      Yoon, Hee-Taek      Yoon, Jong-Hack

---

### ABSTRACT

Bimodal tram is a transit with no-step floor for wheel-chaired persons, with docking to the station precisely and moving on schedule like train. Because of the automatic traveling of bimodal tram to search and follow the magnet embedded in roadway, bimodal tram should be careful about rainfall, snow and wind like a car driving on roadway in respect to natural disasters.

Though response procedures in emergency are different according to the passengers' boarding, emergency mobilization is needed if any emergency situation happens. Emergency mobilization is the act of preparing for major catastrophic events, which may affect public transportation systems or their service areas, by assembling and organizing resources, including people, equipment, facilities, communications systems, expert technical support, and public information systems and protocols. Mobilization is the process that ensures that the right people will deploy appropriate resources at the correct time. Effective mobilization requires a partnership of local and state agencies. Public transportation operators and systems play vital roles in response to and recovery from emergencies and other unexpected catastrophic events. These systems, and their capabilities to mobilize resources, are profoundly affected by the decisions and directives of others during these activities.

In this study, we focused on the emergency management for bimodal tram and reviewed the considerations about infrastructures under natural disasters, especially heavy rainfall.

---

### 1. 서 론

바이모달 트램은 노약자, 장애인 등 교통약자의 이동편의를 위해 차량을 저상화하고, 정밀정차가 이루어지며, 전자기 방식의 자동운전을 통해 지하철과 같은 정시성을 확보해 주는 차세대 대중교통수단이다. 그러나 궤도를 따라 진행되는 지하철 또는 노면전차와는 달리 일반도로 바닥에 매설되어 있는 마그넷을 따라 자동 주행하는 바이모달 트램은 방재측면에서 일반도로를 주행하는 자동차와 마찬가지로 강우와 강설, 그리고 바람에 대해 유의해야 한다.

재해 발생시 승객 탑승 유무에 따라 그 대응절차가 다르지만, 운행 중 비상상황이 발생할 경우 긴급이송이 필요하며, 여기에는 사람, 장비, 시설, 통신시스템, 전문기술지원, 그리고 공공정보시스템 및 프로토콜 등의 자원 등이 관여하고 타 대중교통시스템 또는 서비스 지역에도 영향을 미친다. 이와 같은 긴급이송은 적시에 적절한 자원을 배치하는 과정으로, 바이모달 트램 운영자, 해당지자체 및 관계기관과의 밀접한 파트너십(partnership)이 필요하다. 따라서 대중교통 운영자 및 시스템은 긴급복구, 그리고 예기치 않은 천재지변과 밀접하게 연계되어 대응하고, 필요한 자원을 이송하는 데에는 활동이 이루어지는 동안의 결정과 지침이 중요하다.

본 연구는 바이모달 트램의 비상시 운영관리에 관한 것으로, 폭우 등 자연재해에 대해 시설물 측면에서 고려해야 할 사항과 대처방안을 검토, 제시하였다.

---

\* 한국철도기술연구원, 바이모달수송시스템연구단, 정희원

E-mail : ykpark@krri.re.kr

TEL : (031)460-5384 FAX : (031)460-5649

\*\* 한국철도기술연구원, 바이모달수송시스템연구단

## 2. 바이모달 트램 재해요인

도시에서의 재난은 대부분 교통망의 한 축에서 발생되고, 그로 인해 교통망 전체로 피해가 확산되는 특징을 가지고 있다. 교통망의 한축에서 발생하는 재난으로 인한 1차적인 피해를 감소 또는 방지하고, 인근지역으로의 피해 확산과 같은 2차적인 재난의 영향을 막기 위해서는 체계적인 재해시 운영관리전략이 필요하다.

도시 교통망과 관련된 재난으로는 도로, 터널, 교량 등 교통시설물의 붕괴, 그리고 위험물 운송차량 사고에 따른 교통망 단절 등의 인위 재해와 홍수와 폭설 등과 같은 예측하지 못한 자연재해 등이 있다. 그 중 가장 빈번하고 큰 피해를 발생시키는 재해요인은 바로 집중호우인데, 이는 신교통수단인 바이모달 트램이 자동 운전된다는 측면에서 중요하게 고려되어야 한다. 즉, 집중호우에 대해 대상 지역 또는 노선의 배수체계, 그리고 기상정보에 의한 수문분석을 통하여 취약지구(노선)를 사전에 파악하고, 대처하는 기술이 필요하다. 다음 도표 1은 일반적으로 바이모달 트램에서 발생할 수 있는 재난의 종류이다.

도표 1. 바이모달 트램에 발생가능한 재해 종류

인위재해	자연재해
<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 승객 추락 또는 질환</li> <li>◦ 차량 고장</li> <li>◦ 차량 충돌 또는 전복</li> <li>◦ 차량 화재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 폭우 : 침수노선 발생</li> <li>◦ 폭설 : 자동운전에 영향</li> <li>◦ 강풍 : 정밀정차 및 주행에 영향</li> <li>◦ 지진 : 정거장 및 교량 등에 영향</li> </ul>

## 3. 재해시 고려사항

### 1) 재난운영계획 수립

재난시 바이모달 트램의 운영계획을 수립할 때에는 주요 사건들이 얼마만큼 바이모달 트램의 교통운영에 영향을 미치는가에 대한 단계적 분석이 요구된다. 그리고 이들 운영 및 통신은 승객과 종사자, 비상관리자에게 쉽고 유용해야 한다. 만약 이와 같은 부분이 충족되지 않으면 결국 영업수입에도 영향을 주게 되고, 더 나아가 신교통수단인 바이모달 트램의 안전성에 대한 신뢰에도 영향을 줄 것이다.

따라서 이와 같은 재난운영계획은 비상시 충족되어야 하는 목표에 기초해야 하고, 진정으로 시스템을 보호하고, 운영 보전을 위한 솔루션식 접근이어야 한다. 그 결과는 고도의 인식레벨로, 위기와 혼란을 야기하는 비상사건 또는 상황이 발생하였을 때 대중교통 운영을 어떻게 유지해야 하는지에 대한 실행계획(executable plan)에 해당한다. 바이모달 트램의 재해에 대한 니즈는 다양하지만, 이와 같은 과정은 시스템의 서비스 레벨, 그리고 기존의 로컬 비상계획 및 관리과정으로 그 정도에 따라 확장되거나 축소될 수 있다. 바이모달 트램의 재난운영계획은 다음과 같은 4단계로 구성된다.

- 1단계 : 계획팀을 만든다.
- 2단계 : 가능성과 위험을 분석한다.
- 3단계 : 계획을 개발한다.
- 4단계 : 계획을 실행한다.

### 2) 재난관리시스템 준비

전문인력을 통한 바이모달 트램에 대한 종합관리체계 구축이 필요하다. 바이모달 트램은 새로이 개발되는 교통수단이고, 또 적용부분이 도로 섹터이기 때문에 기존의 도로망에 대한 재해관리망과 긴밀한 관계를 가진다. 즉, 첨단 과학기술을 이용한 정보시스템 도입, 전담부서의 운영, 방재관련 정보의 수집·분배 및 유통체계 확립 등 유관기관의 재난관련 정보의 종합관리, 그리고 관련기관 간 정보공유체계의 확립이 중요하다.

재난발생으로 인하여 생기는 피해를 최소화하는 1단계 대책으로, 1차 피해의 신속한 파악이 중요하다. 1차 피해의 검지, 통보가 효과적으로 이루어짐으로써 후속 확대예측과 피해정보전달이 가능해질 수 있기 때

문이다. 유사시 승객의 대피유도, 소방 활동 등의 대책을 강구하기 위해서는 언제, 어디서, 어느 정도의 재해가 발생하며, 앞으로 어느 정도 확대 가능성이 있는가를 예측할 수 있는 것이 요구된다. 특히 폭우에 대해서는 침수노선이 어디인지, 그리고 어느 정도의 영업속도로 운행되어야 할지가 큰 숙제로 남는다. 이를 위해서는 국가에서 기 확보하고 있는 기상정보시스템을 심분 활용하고, 각종 수집된 정보를 바탕으로 실시간 피해예상지역을 예측하는 것이 필요하다.

따라서 바이모달 트램의 재해 예측을 위해서는 시가지의 속성, 경계속성, 기상정보 등의 정보를 사전에 DB화할 필요가 있고 또한 시시각각으로 변화하는 기상정보 등을 온라인으로 접속하여 직접상황에 활용하는 것이 필요하다.

### 3) 승객의 안전 및 시스템 보안 고려

안전 및 보안은 바이모달 트램의 재난관리에 있어 중요한 요소이다. 안전은 승객과 바이모달 트램 관리자가 경험하는 위험으로부터의 자유에 대한 수준으로 정의된다. 그리고 보안은 승객과 바이모달 트램 관리자가 경험하는 범죄 또는 의도적인 위험으로부터의 자유로 정의된다. 본 시스템은 다음과 같은 사항을 목표로 한다.

- 사고율을 줄인다.
- 안전과 보안에 대한 대중의 신뢰로, 승객 수의 증가로 이끈다.
- 위험관리를 개선하여 보험 청구, 법적 비용 및 관련 조사를 줄인다.
- 손상과 난폭 행위, 그리고 관련 유지보수 비용을 줄인다.

바이모달 트램에서는 정거장들이 감시인력 없이 운행되고, 종종 심야 운행시간까지 열려있기 때문에 승객들을 안전하고, 보안이 잘 유지되는 환경을 제공하는 것은 필수이다.

## 4. 재해시 운영관리방안

### 1) 재해 시나리오 작성 및 대응

재해에 대한 시나리오는 그림 1과 같이 정거장, 바이모달 트램, 센터 상호간의 인터페이스에 대해 각각의 기능을 정의하고, 발생 가능한 모든 상황을 가정하여 재해 시나리오를 작성한다. 이때 시나리오 작성은 다음과 같이 서비스군별로 구분하고, 이들 군별로 시나리오와 대응방안을 작성한다.

- 정보제공서비스 : 정거장, 바이모달 트램 내, 연관기관
- 쾌적한 이용서비스 : 정거장, 바이모달 트램 내, 센터 내
- 교통제어서비스
- 승하차 자동제어서비스
- 인프라 재해저감 및 복구 서비스

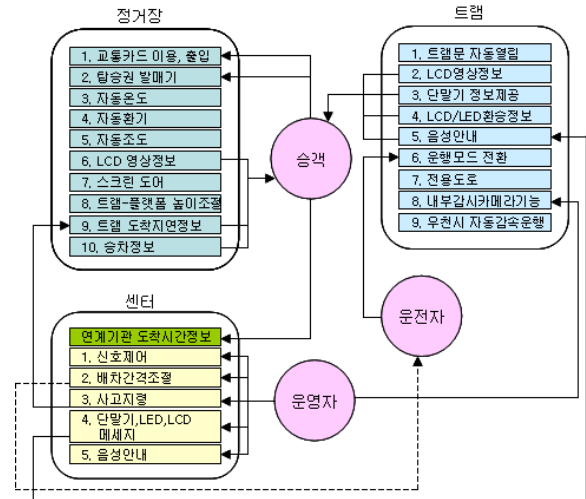


그림 1. 정거장-트램-센터간 기능 정의

### 2) 실시간 재해관리

매년 여름이면 집중호우와 태풍에 의해 우리나라는 큰 피해를 입는다. 특히, 새로이 개발되는 신교통수단인 바이모달 트램의 노선침수는 자동운전을 불가능하게 하거나 승객의 안전을 위협할 수 있다. 즉, 도심에서의 전용선로 침수는 1차적인 시설물 피해에서 자동운전 불능으로 인해 차량 내 또는 정거장 내 대기 승객의 인명피해로 확산시킬 수 있다. 따라서, 침수로 인한 전용선로의 피해 정도를 실시간으로 파악하고, 이와 같은 사실을 운전자에게 전달하여 제2의 피해를 예방해야 할 것이다.

현재 연구진행 중인 전용선로 침수예측시스템은 대상 유역 내 지형 자료 및 하수관망 자료를 기본 입력

자료로 하여 하수관거 통수능 분석에 따른 침수량을 예측할 수 있는 웹 기반의 시스템이다. 그 결과는 시간에 따른 침수깊이 및 침수면적을 산정하여 바이모달 트램 시스템 운영에 따른 운영 지침 및 우회노선 선정 의사결정 지원시스템을 개발한 후, 실시간 강우자료를 이용하여 실시간 침수지역 모의 및 예측을 할 수 있는 모듈을 개발하고 최종적으로 의사결정지원시스템에 탑재할 것이다. 또한 구글 맵과 인터넷 기반 수문 분석 시스템을 결합한 Web-based Hydrograph Analysis Tool (WHAT)시스템을 개발하여 향후 구글맵 영상자료와 시험선로 지역의 지형자료를 활용한 웹 기반의 침수지역 예측시스템(그림 2)을 구축할 예정이다.

이외에도, 정거장, 바이모달 트램, 센터 상호간에 발생가능한 재해에 대해 실시간 관리할 수 있도록 바이모달 트램 통합안전관리시스템을 개발할 예정이다.

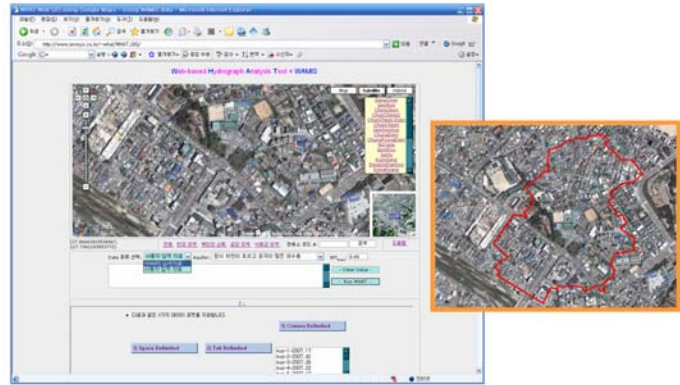


그림 2. 구글맵을 이용한 웹기반 침수지역 예측시스템 예

## 5. 결 론

바이모달 트램시스템은 기존의 중전철 및 경전철과 마찬가지로 자동운전을 통해 정시성을 유지하고, 승객의 차량 승하차 및 주행 중에 발생가능한 모든 시스템 내외부의 재해요인으로부터 승객의 안전을 최상으로 유지시키는 것이 재난운영관리 측면에서 추구하는 절대 목표이다.

외부에서 발생가능한 자연재해에 적극 대응하고, 차량 및 센터, 정거장에서 발생가능한 승객의 안전문제 또한 능동적으로 대처하기 위해서는 바이모달 트램에 대한 재난시 운영관리계획, 그리고 이에 기초한 재난관리시스템의 준비가 필요하다. 이에 정거장, 센터, 트램 상호간에 발생할 수 있는 재난시나리오를 작성 중에 있으며, 전용선로 침수에 대비한 예측시스템 또한 개발 중에 있다. 이들은 최종적으로 바이모달 트램 통합안전관리시스템으로 종합화될 예정이다.

## 감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2007년도 교통체계효율화사업(06교통핵심B01)의 지원으로 이루어졌습니다.

## 참고문헌

1. 강연수(2007), “재난대응 첨단교통관리체계 구축방안”, 한국방재학회지 Vol.7 No.4, pp.24~31
2. 박영근, 윤희택, 목재균(2007), “신교통수단 바이모달 트램의 안전운행에 관한 연구”, 한국방재학회지 Vol.7 No.2, pp.114~121
3. 신성일(2007), “교통방재의 추진방안과 사례”, 한국방재학회지 Vol.7 No.4, pp.8~15
4. 한국철도기술연구원(2007), “신에너지 바이모달 저상굴절차량 운영시스템 기반기술 개발” 연구보고서
5. FEMA(2003), Principles of Emergency Management, Independent Study IS230
6. Transportation Research Board(2005), Public Transportation Emergency Mobilization and Emergency Operations Guide, TCRP Report 86, Vol.7
7. U. S. Department of Transportation(2004). “Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making”, FTA-VA-26-7222-2004.1