

# 바이모달 트램을 위한 차로·승강장의 위치 및 독립주행보장 정도에 따른 효율적 운영방안

## Methods of Efficient Bimodal Tram Operations Based on the Location of Lane/Platform and the Exclusiveness for Lane Use

양철수†                      김현웅\*  
Chulsu Yang                Hyunwoong Kim

### ABSTRACT

Bimodal trams are run by a guidance system and combine the functions of buses and trains. The trams have been highlighted as an alternative means of public transportation due to their accessibility, mobility, and arrival accuracy. While bimodal trams can be implemented on existing roads or by road expansion, with the narrow road conditions in Korea, studies must be performed in advance on suitable lane and platform locations and the exclusivity of lane use. This paper proposes plans for the location of bimodal tram lanes and platforms, whether in the median or at the road's edge. In addition, methods of efficient bimodal tram operation are discussed, including the implementation of exclusive tram lanes.

### 1. 서론

버스와 철도의 복합적 기능을 가진 차량을 2~4량 연결하여 노면에 매설된 유도장치로 무인운전이 가능한 바이모달 트램(Bimodal tram)은 대중교통수단으로서 접근성, 이동성, 정시성을 향상시키는 하나의 대안으로 관심이 높아지고 있다. 바이모달 트램은 주행에 있어 일반도로와도 혼용이 가능하고 노선 설계의 유연성이 보장되는 특징을 가지고 있고 환경친화적이며 편리성, 안전성, 에너지 효율성이 높다. 또한 바이모달 트램은 새로운 도로에서 뿐만 아니라 기존도로에서 일부 차로개선 및 도로 확장 등을 통해 운영이 가능하므로 우리나라의 좁은 도로 여건상 다음과 같은 연구가 선행되어야 한다.

- 도로상의 바이모달 트램차로 및 승강장의 위치
- 차로의 분리 정도(독립주행보장의 정도)

이에 본 논문은 바이모달 트램의 도로주행시 차로의 위치(도로 중앙 또는 가장자리)와 그에 따른 승강장의 위치별 장단점을 열거하고 가능한 방안을 제시한다. 또한 차로의 분리 정도(독립주행 또는 타교통수단과 차로혼용)를 달리함에 따라 각각의 운영의 효율성을 높일 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

† 비회원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 박사후연수연구원  
E-mail : chulsu@krri.re.kr  
TEL : (031)460-5834 FAX : (031)460-5021

\* 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 선임연구원

## 2. 차로 및 승강장 위치

### 2.1 외국사례

캐나다 토론토와 호주 멜버른에서는 양방향 트램차로를 중앙에 배치하고 승강장은 보도위에 배치하여 도로를 승강장으로 사용하고 있다. 이러한 배치는 안전성이나 승객의 트램의 접근성에 문제가 있다. 하지만 도로중앙에 승강장이 설치된 구간도 일부 있다. 반면 영국의 Manchester Metrolink의 트램은 철도를 개량해서 만든 시스템으로 지정된 기존 철도 승강장에 정차한다. 독일의 트램시스템의 경우도 지정된 승강장에 정차를 원칙으로 한다. 하지만 공간적인 제약으로 말미암아 이루어지지 못하는 경우가 대부분이고, 일부구간에서는 트램이 편도 2차로 이상 차로의 중앙차로에 정차시 교통신호를 통해 이용객들이 승하차시 안전을 도모하고 있다. 이 경우 도로를 승강장을 대용하고 있다.

### 2.2 차로위치

기존 도로의 일부의 활용 또는 도로 확장을 통해서 바이모달 트램차로가 건설될 수 있다. 그림 1에서 보는 같이 중앙에 위치한 전용차로는 통상 독립주행이 보장되게 설계되어 도로 가장자리에 위치한 트램차로에 비해 비교적 높은 표정속도를 가질 수 있다. 따라서 이동성이 요구되는 간선도로에서 정류장간 길이가 긴 구간 및 장거리 노선의 경우에 적합하다.

도로 가장자리에 위치한 바이모달 트램차로의 경우 정류장 간격과 노선의 길이가 짧은 경우에 접합하다 하겠다(그림 2 참조). 이 경우 일반차로로 진출입하는 차량과의 혼선으로 인해 바이모달 트램의 주행에 혼선이 야기되어 안전 및 주행에 문제가 있을 수 있다. 장점으로는 승강장을 도로 옆 보도 위에 위치할 수 있어 이용자에게 접근 편리성을 제공한다. 도로 가장자리에 위치한 경우 바이모달 트램차로는 타교통수단의 도로의 진출입이 가능하도록 혼용하여 사용됨이 바람직하다. 또한 그림3에서 보는 바와 같이 변형된 형태로 양방향 트램차로를 도로의 한쪽 가장자리에 둘 수도 있다.

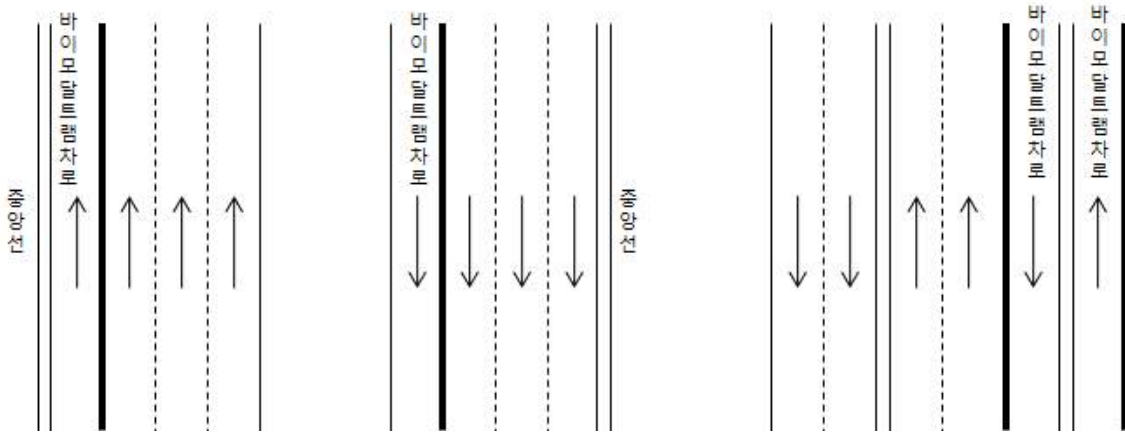


그림 1. 중앙 위치(1)

그림 2. 가장자리 위치

그림 3. 가장자리 위치(2)

### 2.3 차로의 위치에 따른 승강장위치

정류장이라 함은 대중교통수단을 타기 위해 대기하는 장소로, 교통이용자가 차량에 타고 내리기 위한 장소인 승강장과 구분된다. 승강장과 정류장이 같은 장소에 있는 것이 바람직하나, 장소의 제약으로 따로 두어야 할 경우 세심한 배치가 승객의 안전과 차량의 효율적인 운행을 위해 요구되어진다. 바이모달 트램은 버스의 승강장 및 정류장과 혼용하여 사용가능하나 바이모달 트램차로가 버스차로와 구분이 되므로 적절한 배치에 대한 연구가 필요하다.

바이모달 트램차로가 편도 2차로 이상의 도로의 중앙에 위치하면 승강장을 도로 중앙에 설치함이 원칙이므로 교통통행자가 승강장으로 접근할 수 있는 시설과 공간의 여유가 필요하다. 만약 장소의 협소로 인해 도로 중앙에 배치가 어려울시 대안이 필요하다. 승강장을 보도 위에 설치시 승객을 태우거나 승객을 태운 차량이 다시 중앙차로로 진입하기 위해서는 일반차로를 가로 질러 주행하게 됨으로 일반차량과의 상충으로 교통흐름이 방해될 가능성이 높다. 이 형태는 바이모달 트램의 효율적 운영에도 맞지 않는다(그림 4 참조). 대안으로는 그림 5에서 보는 것처럼 현재 서울시의 중앙버스전용차로의 사례를 적용하는 방안이 가능하다. 한편 그림 6은 일반차량 통행이 잦지 않은 지역에서 도로상에서 승강장을 설치하는 경우로, 이 경우 안전을 고려하여 신호설치가 요구된다.

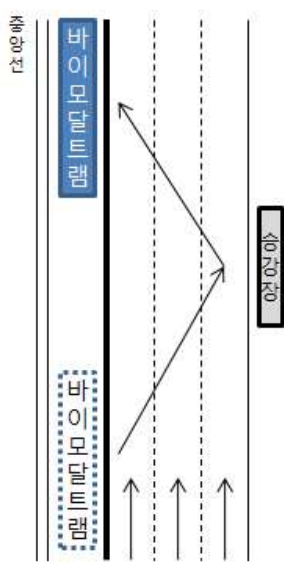


그림 4. 가장자리 위치

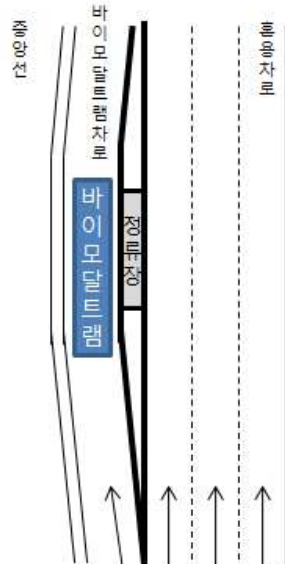


그림 5. 중앙 위치(1)

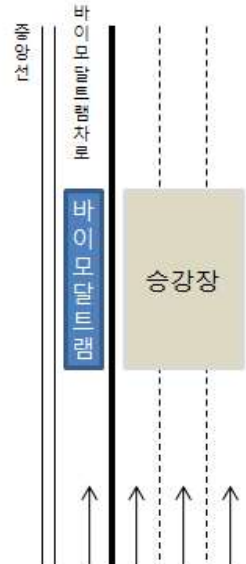


그림 6. 중앙 위치(2)

### 3. 바이모달 트램운행을 위한 차로분리 정도

바이모달 트램차로의 형태는 교통의 혼잡성, 이용 가능한 공간, 비용 등에 따라 다양하게 고려하여 운영될 수 있다.

#### 3.1 외국 사례

미국에서 트램은 타교통수단과 독립 또는 타교통수단과 혼합된 형태(15%)로 운영되고 있다. 예로서 샌프란시스코, 캘리포니아, 필라델피아, 펜실베이니아에서는 50% 구간 이상이 혼합형태로 트램이 운영되고 있다. 영국은 미국과 유사한 비율로 혼합형 차로가 전체의 14%이며, 양방향 1차로의 경우가 대부분이다. 캐나다 또한 트램이 타교통과 혼합된 형태로 운영되고 있고, 대부분 양방향 차로로 도로 중앙에 위치하고 있어 트램차로가 도로중앙선의 역할도 하고 있다. 프랑스의 경우는 대부분이 독립차로 형태를 지닌다.

#### 3.2 바이모달 트램 독립차로

바이모달 트램 독립차로의 한 형태로 도로를 전용하는 경우는 도심부 대중교통전용몰에서 왕복 2차로 도로가 구비된 경우에 고려되어질 수 있다. 그림 7은 프랑스 Avenue Jean Médecin에서 트램시스템이 도로를 전용하는 사례를 보여준다. 또한 도로의 일부 차로를 전용차로로 이용하는 경우, 여러 방법에

따라 일반차로와의 분리 정도를 달리 할 수 있다. 이 독립차로의 장점은 일반차로와의 분리를 통하여 타교통수단의 바이모달 트램차로로의 진입을 막고 사고위험을 줄일 수 있다. 일반적으로 바이모달 트램차선을 분리할 수 있는 방법으로는 베리어(Barrier), 마킹(Marking), 일반차로와 높낮이 차이 등이 있다.



그림 7. 프랑스 Avenue Jean Médecin의 사례

일반차로와 높낮이 차이로 바이모달 트램차로를 분리할 경우, 바이모달 트램차로가 중앙에 위치하여야만 가능하다. 그림 8의 도로 단면도에서 보는 바와 같이 일반적으로 트램차로를 낮게 둠으로서 도로를 승강장으로 사용하여 바이모달 트램의 승하차에 안전을 도모 할 수 있다. 예로는 독일의 Erfurt, Dresden, Dusseldorf, Halle, Rostock와 오스트리아의 Vienna를 들 수 있다.



그림 8. 높낮이 차이를 둔 전용차로

마킹에 의한 분리의 경우 베리어 또는 높낮이 차이의 분리시 보다는 운전의 안전성이 보장되지 않으나 건설비가 저렴한 반면, 베리어 분리의 경우 공간점유가 높다는 단점이 있다. 그림 9,10은 베리어, 마킹, 높낮이 차이에 의한 분리로 운용 가능한 차로의 형태를 보여 준다. 한편, 바이모달 트램의 운행 빈도가 적은 경우, 1개의 독립차선을 운용할 수도 있다. 그림 10에서 보는 바와 같이 도로 중앙선을 독립차로로 사용하고 역주행 운행이 가능하다. 1개의 독립차선은 장소가 협소하여 양방향 독립차로 건설이 불가능한 경우나 교통량 정점시 한 방향 교통량이 타 방향에 비해 훨씬 많을 시 하루의 일정한 시간을 어느 한 방향으로 주행 가능하도록 할 수 있다.

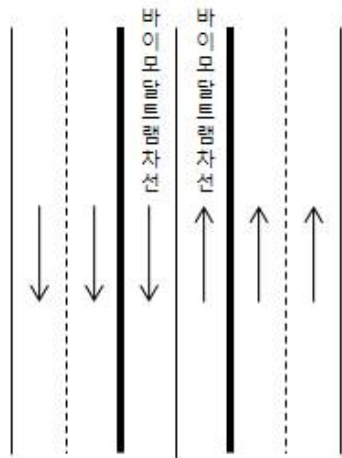


그림 9. 양방향 전용차로

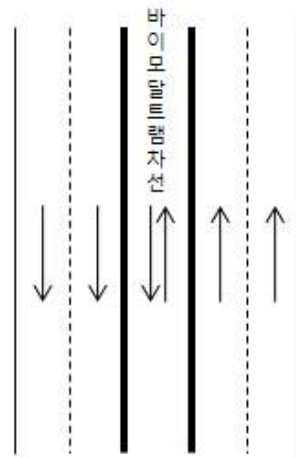


그림 10. 한 방향 전용차로

### 3.3 혼합형 차로

혼합형 차로의 경우 바이모달 트램의 독립주행을 보장하지 않고 물리적으로 일반차로와 바이모달 트램차로를 분리하지 않으므로 일반차량이 바이모달 트램차로에 진입할 수 있다. 이 경우 일반차량이 좌/우 회전시 혼합형 차로를 경유할 수 있다는 장점이 있다. 혼합형 차로가 도로 가장자리에 위치할 경우에는 일반차량이 혼합형 차로를 통해 도로 진출입이 가능하다. 하지만 바이모달 트램의 독립주행이 보장되지 않아 정시성 및 안정성에 문제가 있을 수 있다.

바이모달 트램을 혼합형 차로에서 운행할 경우, 이 차로를 다양한 형태로 유용할 수 있다는 장점이 발생한다. 그림 11의 경우에서처럼 교통량에 따라 혼합형 차로를 일반차 전용차로로 이용할 수 있다. 또한 한 방향의 교통량이 다른 방향보다 특별히 많을 경우 교통량이 많은 한 방향의 혼합형 차로를 일반차 전용차로로 바꾸고 반대방향의 차로를 역주행이 가능하도록 하게 할 수 있다(그림 12 참조). 이 예는 미국의 다인승정용차로(High-occupancy vehicle lane)에서 찾을 수 있다. 그림 13에서 보이는 것처럼 버스가 일반차에 역주행하고 있다.

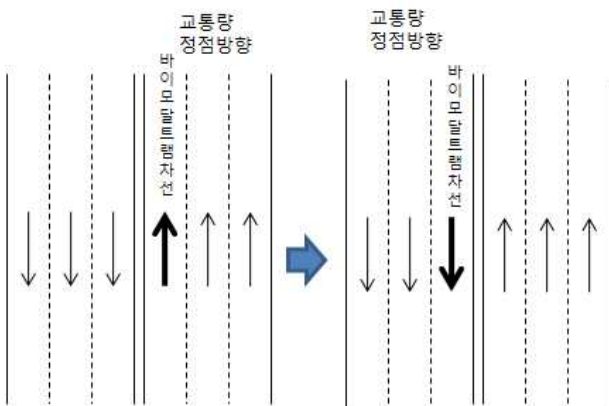


그림 11. 혼합형 차로(1)

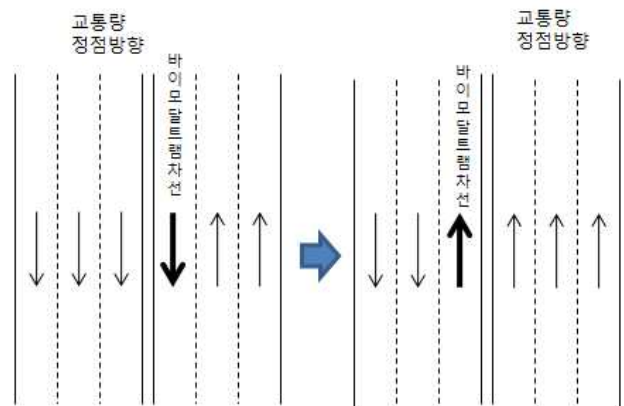


그림 12. 혼합형 차로(2)



그림 13. 미국의 HOV 차로

#### 4. 결론

본 연구는 기존 도로의 일부의 유용 또는 도로 확장을 통해서 건설될 수 있는 바이모달 트램을 위한 차로 및 승강장의 위치, 그리고 독립주행 보장에 따른 도로의 운용방안을 제시하였다. 도로중앙에 위치하는 바이모달 트램차로는 이동성이 요구되는 간선도로에서 독립주행이 보장되게 설계됨이 바람직하며, 도로 가장자리에 위치한 바이모달 트램차로의 경우는 일반차량의 도로 진출입을 위해 일반차량과 혼합 형태로 운용이 되는 것이 바람직하고 승강장을 도로 옆 보도 위에 위치할 수 있다.

바이모달 트램 운영을 위해 독립차로를 확보할 경우, 도로의 일부 차로를 공용하는 방법과 달리 독립적 공간이 필요하나 바이모달 트램의 운영효율을 높일 수 있다. 따라서 차로분리 정도는 바이모달 트램의 운영계획 뿐만이 아니라, 일반차량의 교통량에 따른 차로운영을 종합적으로 분석하여 도로교통의 효율성이 제고되는 방향으로 결정되어야 할 것이다. 아울러 교차로에서 차량간 상충문제를 해소하기 위한 다각적 운행방안도 마련되어야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 민재홍 외(2009), 바이모달 트램 도입을 위한 제도 개선 연구, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
2. 이준 외(2009), 도시계획을 고려한 바이모달 트램의 위상정립에 관한 연구, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
3. 문경호 외(2007), 기하학적 디자인과 관련한 굴절차량의 선회 특성 검토, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
4. 이강원 외(2009), 바이모달트램용 전용선로를 고려한 스마트 정거장의 구성 및 역할, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
5. 변윤섭 외(2008), 바이모달트램의 기준경로 주행방법, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집