

# 바이모달 트램 차량용 차체 및 실내의장의 설계사양

## Design Specifications of Car body and Interiors for Bimodal Tram Vehicle

김연수\*                  임송규\*\*                  목재균\*\*                  박태영\*\*\*                  조세현\*\*\*  
Kim, Yeon-Su          Lim, Song-Gyu          Mok, Jai-Kyun          Park, Tae-Young          Cho, Se-Hyun

### ABSTRACT

Since tram has the advantages to reduce construction cost of infrastructure, to improve accessibility of passengers, and to offer visual pleasures, nowadays, it is one of light rails attracting public attention. Tram can be classified into two groups, one is a conventional steel-wheeled type, and the other is a rubber-tired type (bi-modal tram). The bi-modal tram propelled by the serial CNG hybrid propulsion unit has been developing since 2003 in Korea, which can realize both scheduled operation of railway and route flexibility of bus. Because the bimodal will be operated on both railway mode and bus mode, however, specific criteria and regulations for its design, certification, construction, operation and maintenance have not been determined definitely yet. In consideration of mobility enhancement for the old and the handicapped, motor vehicle safety standard and urban transit (railway vehicle) safety standard, several design specifications were proposed for car body and interiors of the bimodal tram vehicle. The design specifications proposed in this paper can be expected to promote passengers' comfort and safety, operation efficiency of the bimodal tram.

### 1. 서 론

일반적으로 트램(Tram)은 기존 도로를 주행궤도로 이용하므로 인프라의 단순화가 가능하여 건설비를 획기적으로 절감할 수 있다고 알려져 있고, 접근성과 환승 편의성이 타 도시철도보다는 우수하므로 프랑스 등에서 최근 들어 다시 주목받고 있는 경량전철 일종이다. 또한 트램은 크게 철제차륜형식의 트램 (일반적으로 노면전차로 알려져 있음)과, 고무타이어를 주행륜으로 사용하면서 전용궤도와 일반도로를 모두 주행할 수 있어서 철도모드(자동운전 구현가능)와 버스모드를 구현 가능한 고무차륜 트램(바이모달 트램)으로 분류된다 [1].

국내에서는 2003년부터 철도의 정시성과 친환경성, 그리고 버스의 유연성과 접근성을 결합한 CNG 하이브리드 구동형 바이모달 트램 차량이 개발되고 있다. 그러나 바이모달 트램은 전용궤도에서는 철도모드로 운영되고, 일반도로에서는 버스모드로 운영되기 때문에 시스템의 설계, 제작, 인증 운영 등에 대한 각종 규정 및 기준들이 현재까지는 명확히 정립되지 못하였다. 본 논문에서는 교통약자의 이동편의 증진법, 자동차 안전기준, 도시철도 차량 및 철도차량 안전기준, 도시철도차량 표준사양 등 철도와 버스와 관련된 각종 규정을 바탕으로, 차량의 크기, 출입문 배치, 승객정원, 비상 탈출구, 자동보조발판 등 바이모달 트램 차량용 차체와 실내의장에 대한 설계사양을 제안하였다. 이렇게 제안된 설계사양은 개발되고 있는 바이모달 트램 차량에 적용될 경우 이용객의 편의성, 안전성, 그리고 바이모달 트램의 운영효율성 등을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

\* 한국철도기술연구원, 바이모달수송시스템연구단, 정회원

E-mail : yskim@krri.re.kr

TEL : (031)460-5730 FAX : (031)460-5649

\*\* 한국철도기술연구원, 바이모달수송시스템연구단

\*\*\* (주)한국화이바, 차량사업부

## 2. 차체 및 실내의장 관련 설계사양

바이모달 트램이 일반도로에서 운영되기 위해서는 차량이 자동차 관련 규정에 따라 설계, 제작, 시험, 인증되어야 한다. 또한 전용궤도에서 운영될 경우에는 철도차량 관련 규정과 유사한 바이모달 트램 고유의 규정에 따라야 하지만, 현재까지는 명확화되지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 교통약자, 철도차량, 버스 등과 관련된 국내규정을 종합적으로 고려하여 5가지 설계사양을 제안하였다 [2-6].

### 2.1 차량의 크기

자동차는 길이 13m, 너비 2.5m, 높이 4m를 초과하지 못하도록 규정되어 있으나, 굴절버스는 특례기준으로서 19m까지 길이를 허용하고 있다 [2]. 철도차량의 경우는 각종 차량의 종류에 따라 정해진 차량한계를 벗어나지 않게 차체를 설계하도록 규정하고 있다 [3,4]. 바이모달 트램의 경우는 전용궤도에서 운행될 때는 철도모드이지만, 일반도로에서는 버스모드이므로 차량의 크기는 자동차 규정에 맞도록 설계하는 것이 타당하다. 그림 1은 설계된 바이모달 트램 차량의 형상을 보여주며, 도표 1은 차량크기와 관련하여 제안된 주요치수를 보여준다.

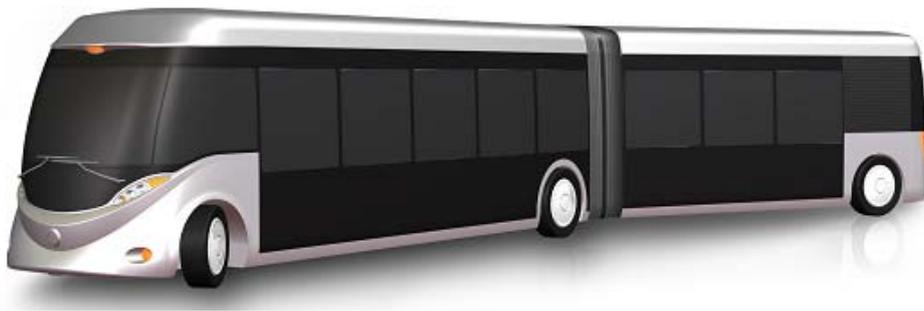


그림 1. 바이모달 트램의 형상

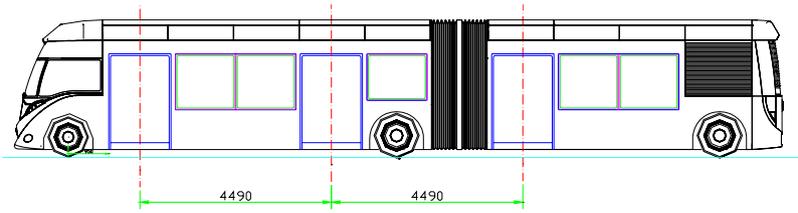
도표 1. 바이모달 트램의 주요치수

차량 주요치수	치수(mm)	비 고
차량길이	18,000	
굴절부위 치수	1,300	
차량너비	2,490	
차량높이 (주행궤도 기준)	3,240	
실내바닥높이 (주행궤도 기준)	340	

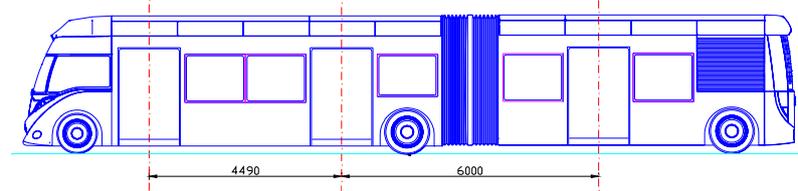
### 2.2 출입문의 배치

자동차 안전기준, 철도차량 안전기준, 도시철도차량 안전기준에서는 승객용 출입문의 크기, 기능 등에 대해서는 규정하고 있으나, 출입문의 수량과 배치에 대해서는 특별한 내용이 없다 [2-4]. 반면, 도시철도 차량 표준사양 중에서 전동차 부분에서는 차량의 종류(동력차, 부수차, 부수제어차)에 따른 출입문의 수량과 배치가 규정되어 있으나, 경전철(철제차륜 AGT, 고무차륜 AGT) 부분에서는 이에 대해서는 규정하고 있지 않다 [5]. 바이모달 트램은 전용궤도 뿐만 아니라 일반도로에서도 운행되어야 하기 때문에 승객용 출입문을 차량의 양쪽에 설치되면 정거장이 도로 중앙과 도로변 어디에 위치하더라도 차선

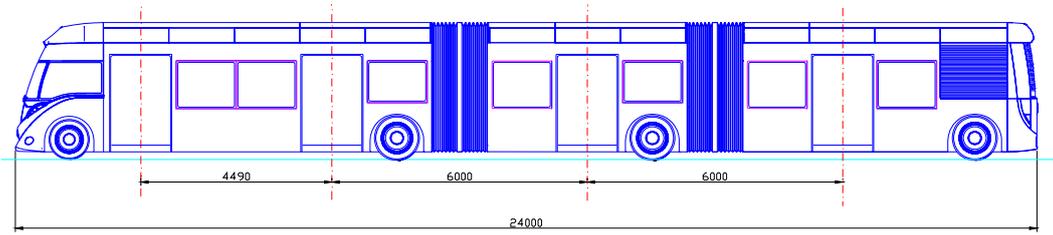
의 재설정 없이 차량이 간편하게 정거장에서 정차할 수 있는 장점이 있다. 또한 비상시에 개폐창이 아닌 고정창이 설치되어도 승객의 대피로 확보가 용이하고, 승객의 편리한 승하차가 가능하게 된다. 출입문을 동일 간격으로 배치할 경우, 스크린도어가 설치되는 정거장의 모듈설계가 가능하고, 차량의 편성변경 시에도 인프라(정거장)를 변경할 필요가 없다는 장점이 있다. 그러나 18m 길이의 바이모달 트램은 12m의 선두차와 6m의 후미차로 구성되므로 출입문을 동일간격으로 배치할 경우 그림.1(a)에서와 같이 열차가 불균형적으로 보일 뿐만 아니라 열차의 굴절부위에 출입문이 설치되므로 승객의 승하차 편의성, 차체의 강도 및 강성 측면에서 유리하지 않다. 따라서 그림.1(b), (c)에서와 같이 일부 출입문을 동일간격으로 배치하는 것이 출입문의 기능, 미관, 성능 측면에서 타당할 것으로 판단된다.



(a) 출입문을 동일 간격으로 배치한 경우



(b) 일부 출입문을 다른 간격으로 배치한 경우(18m)



(c) 일부 출입문을 다른 간격으로 배치한 경우(24m)

그림2. 바이모달 트램(18m/24m)의 출입문 배치안

### 2.3 승객정원

철도차량 안전기준과 도시철도차량 안전기준에서는 좌석과 입석승객 정원에 대한 상세규정은 없으나, 도시철도차량 표준사양에서 좌석승객과 입석승객의 점유면적이 제안되어 있다. 반면, 자동차 안전기준에서는 좌석면적과 입석면적에 대해 비교적 상세히 규정하고 있으므로 바이모달 트램의 승객정원은 자동차 안전기준에 따라 결정하는 것이 타당하다. 따라서 자동차 안전기준에 따라 바이모달 트램의 입석정원과 좌석정원을 다음과 같이 결정하였다. 실내 통로는 유효너비를 30cm 이상 확보하도록 의자를 배치하였고, 출입문으로부터 실내로 통하는 공간의 300mm를 통로공간으로 설정하여 입석면적에서 제외하였다. 이 경우에 출입문이 차체 양측에 설치되지만 승객 승하차는 한쪽에서만 이루어지므로 한쪽의 출입문 부분만을 입석공간에서 제외하였다. 또한 좌석전방 25cm 부분은 입석면적에서 제외하였고(좌석 앞의 공간을 입석공간에서 제외), 좌석은 825mm 간격으로 배치하여 앞좌석 등받이 뒷면과 뒷좌석 등받이 앞면간의 거리가 65cm 이상을 유지하도록 정한 규정을 만족하였다. 입석승객 정원은 입석공간을 1인의 입석공간 0.14 m<sup>2</sup>로 나눈 정수값으로 계산하였다 [2]. 휠체어 승객공간에는 접이식의자 2개가 설치되지만 승객정원에서는 휠체어 승객 1명으로 고려하였고, 운전자는 좌석승객정원에서 제외하였

다. 좌석 승객정원은 승객의 승하차 및 이동편의, 공간의 활용효율성, 좌석비율 등을 종합적으로 고려하여 그림3과 같이 다양한 배치를 비교하였고, 그림3(d)를 최종안으로 결정하였다. 따라서 바이모달 트램의 승객정원은 도표 2에서와 같이 116명으로 결정하였다.

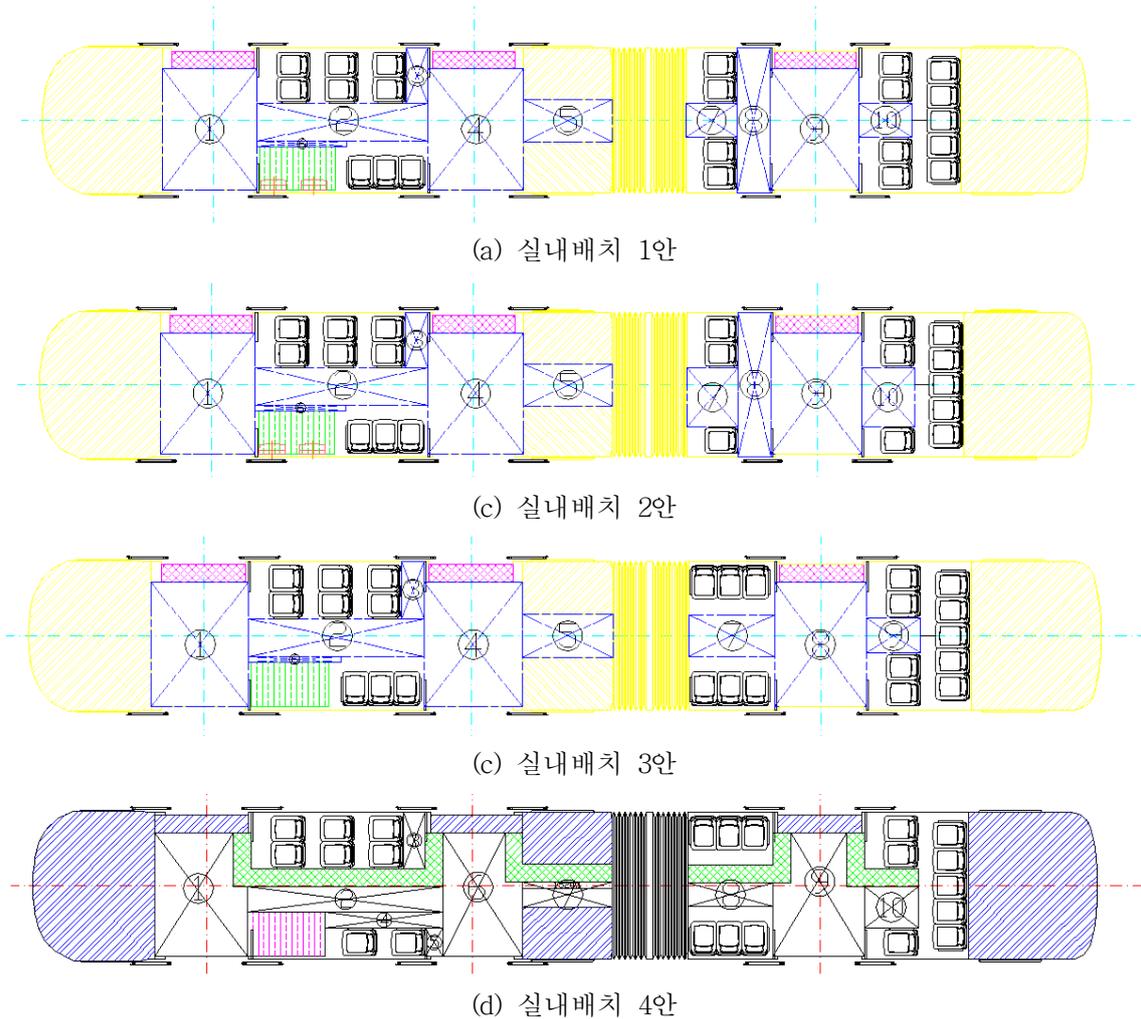


그림3. 바이모달 트램의 실내배치안

도표 2. 바이모달 트램의 주요치수

실내배치	좌석승객수	입석승객수	휠체어승객수	승객정원	좌석비율(%)
1안	22	90	1	113	19.5
2안	20	95	1	116	17.2
3안	24	84	1	109	22.0
4안	22	93	1	116	19.0

#### 2.4 비상탈출구

자동차 안전기준에서는 승차정원이 30명 이상인 자동차는 비상탈출구를 설치하도록 규정하고 있지만, 창문의 크기가 일정규격 이상일 경우에는 설치하지 않아도 된다는 예외규정도 있다 [2]. 또한 도시철도 차량 안전기준에서는 운전실에 1개 이상의 비상탈출구를 설치하도록 규정하고 있다 [3]. 바이모달 트램의 경우 일반도로에서 운행되는 자동차 모드에서는 창문의 규격을 만족할 경우 루프해치를 설치하지 않아도 되지만, 전용궤도에서의 도시철도 모드에서는 비상탈출구를 반드시 설치해야 한다. 현재 설계되고 있는 바이모달 트램 차량은 시제차량 1호로서 개발시스템의 성능과 안전성 검증을 위해 제작되

는 점을 감안하여 비상탈출구(루프헤치)를 설치하지 않았으나, 향후 시제차량 2호를 포함한 바이모달 트램 관련 각종 규정 제정시에는 비상탈출구 설치를 규정해야 할 것으로 판단된다.

### 2.5 자동보조발판

바이모달 트램은 교통약자에게는 이동편의를 증진하고, 건설 및 운영자에게는 낮은 건설비 및 운영비, 정부에게는 대중교통을 활성화한다는 명제 하에 개발되고 있다. 또한 교통약자의 이동편의 증진은 일반인의 도움 없이도 이동할 수 있는 수단을 제공하는 것이므로 자동보조발판은 휠체어 승객에게는 필수적인 설비라고 할 수 있다. 바이모달 트램이 전용궤도에서 운행되는 경우에는 정거장의 플랫폼 높이와 차량 바닥높이 높이(정거장 플랫폼과 차량바닥높이 320~340mm)가 거의 같기 때문에 별도의 자동보조발판 없이도 휠체어 승객의 승하차가 가능하지만, 일반도로에서 운행되는 경우(일반도로 정거장 높이 200~250mm)에는 그림4와 같은 자동보조발판이 반드시 필요하게 된다.

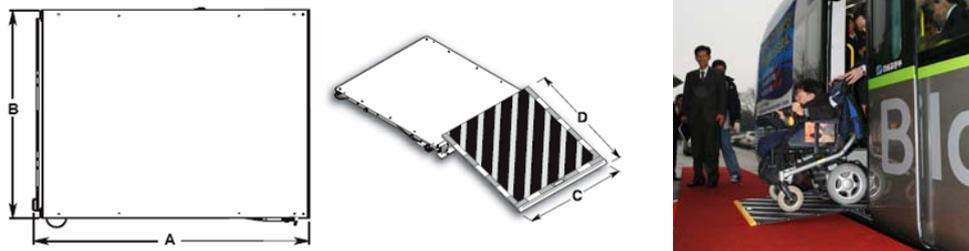


그림4. 자동식 장애인 보조발판

### 3. 결론

철도의 정시성과 친환경성, 그리고 버스의 유연성과 접근성을 결합한 바이모달 트램 차량에 대해 교통약자의 이동편의 증진법, 자동차 및 철도차량 안전기준 등 도시철도와 버스와 관련된 규정을 바탕으로, 차량크기, 출입문, 승객정원, 비상 탈출구, 자동보조발판 등에 대한 설계사양을 제안하였다. 즉, 차량의 크기는 18,000×2,490×3,240[mm], 출입문은 차체 양측배치, 승객정원은 116명 (좌석 22명, 입석 93명, 휠체어승객 1명), 비상탈출구와 자동보조발판을 설치하는 것으로 제안하였다. 이와 같은 설계사양은 향후 상세설계, 제작, 시험평가, 이용자 평가 등을 거치면서 면밀한 검토 후 최종 확정될 것이다.

### 감사의 글

본 논문은 국토해양부에서 지원하는 교통핵심연구개발사업 중에서 ‘신에너지 바이모달 수송시스템 개발’과제 결과의 일부이며, 관계자 분들께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 한국건설교통기술평가원(2007), “신에너지 바이모달 수송시스템 개발 기획보고서”
2. 국토해양부(2006), 자동차안전기준에 관한 규칙
3. 국토해양부(2006), 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙
4. 국토해양부(2006), 철도차량 안전기준에 관한 규칙
5. 국토해양부(2005), 도시철도차량 표준사양
6. 교통약자의 이동편의 증진에 관한 법률