

바이모달 트램 도입 효과 분석에 관한 연구
- BRT와의 비교분석을 중심으로 -

The Study on Analysis of the effect of introducing Bimodal Tram
- Comparing with BRT -

장준석† 이준* 엄진기**
Jun-Seok Jang Jun Lee Jin-Ki Eom

ABSTRACT

As recent traffic policy focuses on reduction of congestion and environmental contamination, with a catch phrase, 'Green Traffic', Low Carbon Green Growth' and 'Sustainable Development', introducing the new eco-friendly transport means including railway has been emerging as critical issue. Included in the new transport means are BRT, Bimodal Tram and LRT, and this study was intended to evaluate and analyze Bimodal, among others, which generates less emission, noise and vibration thanks to hybrid type traction system employed by Bimodal Tram, which is considered a future-oriented system because of eco-friendly features and cost efficiency as well as punctuality and convenient accessibility to bus. Thus in this study, appropriateness of Bimodal Tram comparing to other system(BRT) was suggested, using conversion traffic from the road, traffic speed and CO2 emission at the metropolitan area and large provincial areas as the barometer in evaluation, and furthermore, the measures applicable to introduction strategy that will meet various functional aspects in urban area in the coming days were developed.

국문요약

최근 교통정책이 ‘녹색교통’, ‘저탄소 녹색성장’, ‘지속가능 발전’이라는 주제로 혼잡감소 및 환경오염감소에 초점이 맞춰짐에 따라 철도를 포함한 친환경적인 신교통수단의 도입이 중요한 이슈로 거론되고 있다. 현재 신교통수단은 BRT시스템, 바이모달 트램, 경전철 등으로 구분되어 있으며 그 중에서도 본 논문에서는 바이모달 트램을 중심으로 BRT시스템과 비교 및 분석하여 이에 대한 연구를 진행하였다. 바이모달 트램의 경우, 하이브리드 타입의 추진장치로 인해 타 신교통수단보다 매연과 소음, 진동이 작아 미래지향적이고 친환경적이며 공사비가 상대적으로 저렴할 뿐 만 아니라 철도의 정시성과 버스의 접근성을 갖춘 시스템이다. 따라서 본 논문에서는 수도권과 지방 대도시권을 중심으로 도로로부터의 수단전환 교통량, 통행속도, CO2 배출량을 지표로 선정하여 타 신교통수단(BRT시스템)에 비해 바이모달 트램의 도입 적절성이 가장 높음을 제시하고자 하며, 향후 국내 도시의 다양한 기능적 측면에 부응할 수 있는 도입전략에 활용될 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

† 책임저자 : 비회원, 한국철도기술연구원 교통물류연구실 연구원
E-mail : jjs1982@krrri.re.kr
TEL : (031)460-5879 FAX : (031)460-5021

* 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류연구실, 선임연구원

** 정회원, 한국철도기술연구원, 교통물류연구실, 선임연구원

1. 서론

최근 저탄소 녹색성장이라는 교통정책의 일환으로 대중교통활성화를 통한 혼잡감소, 환경오염감소 등이 중요한 이슈가 되고 있다. 하지만 기존의 대중교통시스템 중 하나인 버스는 쾌적성이나 정시성과 같은 측면, 도시철도는 막대한 사업비 및 운영비와 같은 경제성 측면 등의 어려움 때문에 승용차 통행자들을 유인하기에는 한계가 있다. 또한 철도역까지의 접근성 불편, 속도경쟁력 미비, 승객서비스 저하 등으로 인해 친환경성에도 불구하고 그 동안 교통체계에서 차지하는 비중이 높지 않은 현실이다. 이러한 이유들로 인해 기존 버스 및 철도의 단점을 보완하여 친환경적이고 비용 효율적인 새로운 신교통수단의 도입이 필요한 현재의 시점에서, 현재 연구 중인 바이모달 트램 시스템은 버스의 접근성과 철도의 정시성을 갖춘 시스템으로, 도입 시 도시 내 대중교통체계에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다. 또한 유사수단인 BRT시스템에 비해 하이브리드 타입의 추진장치와 적은 환승회수 등으로 인해 환경적인 측면에서의 효과도 클 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 신교통수단 중 하나인 바이모달 트램을 유사 수단인 BRT시스템과 비교·분석하여 대중교통수단으로서의 기능 및 역할을 검토하고 환경적 측면 및 효율성 증진에 부응할 수 있는 부분에 대한 검토를 목적으로 한다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저 2장에서는 바이모달 트램과 BRT시스템의 현재까지 진행된 연구결과 등을 검토하여 바이모달 트램과 BRT시스템의 특성 등을 비교·분석하고 3장에서는 바이모달 트램을 도입 했을 시의 효과를 예상해 본다. 마지막 4장에서는 결과를 요약하고 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 바이모달 트램과 BRT시스템간의 특성 비교

2.1 바이모달 트램과 BRT시스템간의 특성 비교

바이모달 트램은 BRT시스템 특성이 혼합된 형태를 지니며 운영형태 또한 일부 유사하지만 전자궤도 유도 방식에 의한 정시성 확보, 하이브리드 추진방식에 의한 친환경성, 전용도로 뿐만 아니라 일반도로와의 운행이 가능하여 환승이 적게 발생하는 편리성 강화 등의 장점을 지니고 있어, BRT시스템보다는 다양한 용도로의 활용이 예상된다. 아래 표 1,2,3은 BRT시스템 및 바이모달 트램 간의 특성·평가 및 기술적, 운영적, 시스템적 특성을 비교한 표이다.

표 1. BRT시스템과 바이모달 트램의 특성 비교

특성		BRT시스템	바이모달 트램
시스템 구성	지지방식	도로	궤도
	유도방식	운전	유도
	추진방식	내연기관	하이브리드
	차량제어	운전자/시각	운전자/무인
	차량 편성(량)	1	2-3
	편성 용량(명)	80-180	90-150
노선	노선수	소수	소수
	배차간격	중/단	장/중/단
	정거장 간격(m)	200-600	500-1,000
	환승	소수/다수	소수/다수
시스템 특성	투자비(km당)	중	중
	운영비(인-km당)	중	소
	이미지	양호	양호/우수

표 2. BRT시스템과 바이모달 트램의 특성 평가

구 분	BRT시스템	바이모달 트램
차량성능 및 여객편의성	중음	우수함
투자비용	높음	중간 수준
운영비용	적은 승객량에 비해 적음	많은 승객량에 비해 적음
대기오염 및 소음	상당함	낮은 소음수준

표 3. BRT시스템과 바이모달 트램의 기술적, 운영적, 시스템적 특성

특성	단위	BRT시스템	바이모달 트램
편성수	량/편	1	2-3
편성 용량	인/편	40-150	90-150
최대운행빈도	편/h	60-300*	60-300*
노선용량	인/h	4,000-8,000	6,000-20,000*
차량제어	-	수동/시각정보	수동,자동/신호
신뢰성, 안전성	-	고	고
역 간격	m	500-800	200-1,000

주 : * 다수의 평행한 차로와 정거장 추월이 있는 경우

2.2 시사점

바이모달 트램은 BRT시스템과 매우 유사한 성격을 지니고 있지만 용량, 신뢰도, 속도, 여객유인 측면에서 높은 성능을 지니며 노선운행의 유연성을 지니고 있어 독립적 ROW를 지닌 도시철도와 같은 성능을 발휘할 수 있다. 또한 추진 장치가 하이브리드 타입이어서 성능이 우수하며 전용로와 일반로에서 모두 운영가능하기 때문에 환승회수가 줄어들고 터널이나 고가구조물이 없기 때문에 도시교통 환경에 보다 적합하다는 장점이 있다.

3. 바이모달 트램과 BRT시스템간의 효과 비교 . 분석

3.1 기초자료 구축

교통분석용 네트워크 및 O/D는 교통수요를 예측하는 과정에서 반드시 필요한 기초 데이터로서 각종 교통수단별 관련투자사업의 사업성 분석을 할 때 기초자료로 활용된다. 본 연구는 수도권 및 대전권 중심의 효과를 분석하기 위하여 수도권과 대전권의 네트워크를 구축하였으며 네트워크 종류는 도로와 철도를 기준으로 선정하였다. 또한 O/D 자료는 한국교통연구원에서 제공하는 수도권 및 대전권의 교통수단 O/D를 이용하였으며 승용차, 버스, 화물, 그리고 대중교통의 4가지 수단 O/D를 활용하였다. 바이모달 트램의 효과를 분석하기 위해 노선은 현재 계획중인 BRT시스템 노선과 동일시 한다는 전제로 분석을 실시하였으며 동일 노선에서 BRT시스템과 바이모달 트램 각각의 특성으로 구분 지어 효과를 분석하고자 한다. 효과분석을 위해 EMME/3를 사용하였으며 노선을 구축한 결과는 그림 1과 같다.

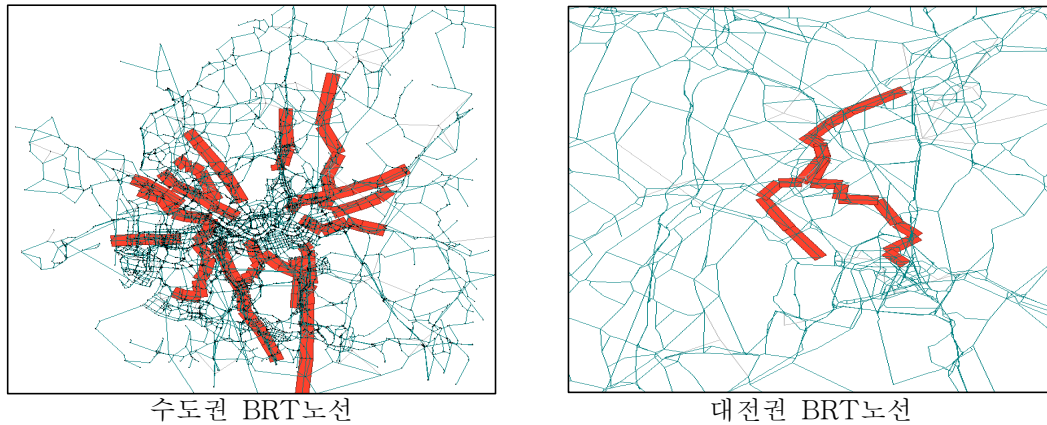


그림 1. 수도권과 대전권 BRT시스템 노선

3.2 바이모달 트램과 BRT시스템간의 효과 비교 . 분석

바이모달 트램과 BRT시스템의 효과를 파악하기 위하여 위의 그림 1과 같은 BRT노선을 중심으로 전환교통량, 평균통행시간, 평균통행속도, CO2 배출량을 비교 . 분석하였다. 아래 결과는 권역별 평균값을 제시한 결과이다.

3.2.1 전환교통량 비교 분석

BRT시스템과 바이모달 트램 도입에 따른 전환수단량을 비교 . 분석한 결과, 수도권과 대전권 모두, 바이모달 트램이 BRT시스템에 비해 효과가 큰 것으로 나타났다. 이는 표정속도 및 다수의 정거장을 보유하고 있는 BRT시스템의 특성으로 인해 나타난 결과라 판단된다. 아래 그림 7은 바이모달 트램과 BRT시스템 간의 권역별 링크 평균통행량을 기준으로 한 도로 전환수단량을 나타낸 그림이며 그림에서도 알 수 있듯이 수도권과 대전권 모두 바이모달 트램을 도입했을 시 그 효과가 가장 큼을 확인할 수 있었다.

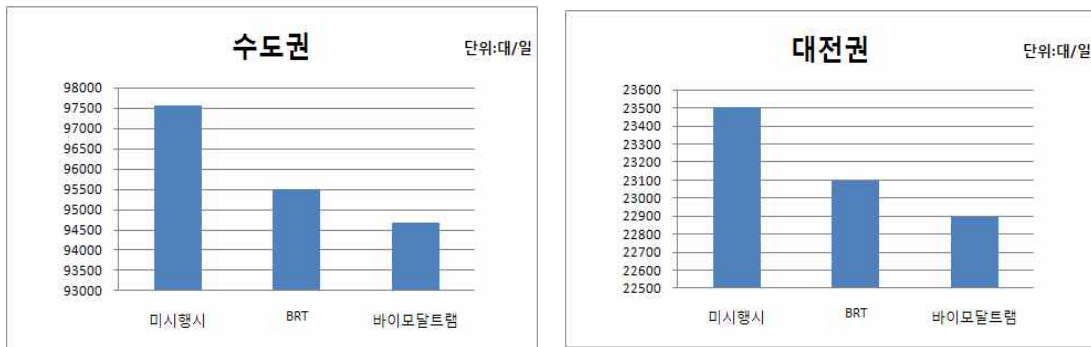


그림 2. 권역별 평균 통행량을 기준으로 한 전환수단량 분석 결과 (각 수단별)

3.2.2 도로 평균통행시간 비교 분석

BRT시스템과 바이모달트램 도입 시의 해당 링크별 도로 평균 통행시간을 분석한 결과, 기존보다 감소된 도로 수요량으로 인해 평균통행시간이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 분석결과, 수도권의 경우는 미시행시 평균 41.89분에 비해 바이모달 트램 도입 시 평균 34.12분, BRT시스템 도입 시 평균 36.25분으로 바이모달 트램 도입 시의 도로 평균 통행시간이 더 짧은 것으로 나타났으며 대전권의 경우도 미시행시 평균 21.91분에 비해 바이모달 트램 도입 시 평균 14.22분, BRT시스템 도입 시 평균 14.81분으로 수도권과 마찬가지로 바이모달 트램의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

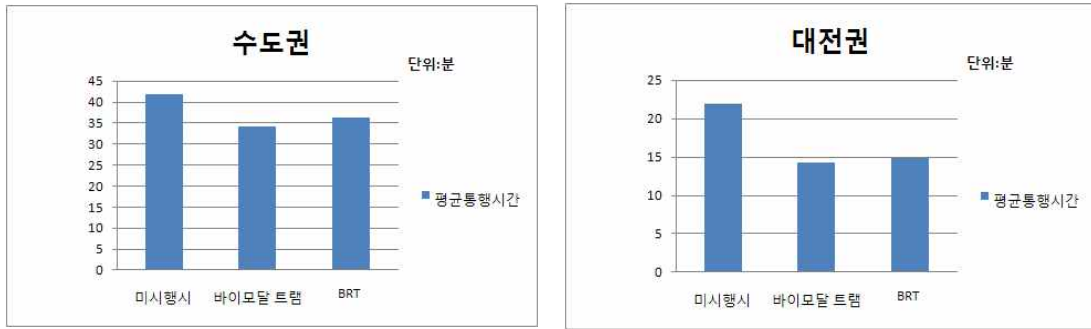


그림 3. 권역별 도로 평균통행시간

3.2.3 도로 평균통행속도 비교 분석

위에서 산출한 해당 축별 도로 평균 통행시간을 기반으로 도로 평균통행속도를 분석한 결과는 아래와 같으며 분석결과, 수도권 의 경우 미시행시 평균 35.78km/h에 비해 바이모달 트램을 도입 했을 시 평균 43.96km/h, BRT시스템을 도입 했을 시 평균 41.37km/h로 바이모달 트램 도입 시의 효과가 더 크게 나타났으며 대전권의 경우도 미시행시 평균 29.11 km/h에 비해 바이모달 트램 도입 시 평균 37.97 km/h, BRT시스템 도입 시 평균 36.46km/h로 바이모달 트램 도입 시의 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

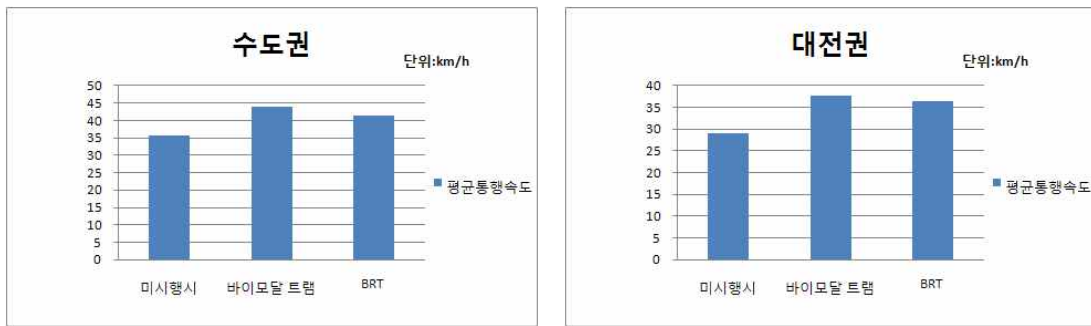


그림 4. 권역별 도로 평균통행속도

3.2.4 CO2 배출량 비교 분석 (승용차 기준)

위에서 산출한 축별 도로 평균 통행속도를 기초로 CO2 배출량(승용차 기준)을 분석한 결과, 수도권 의 경우 미시행시 평균 186.5g/km에 비해 바이모달 트램을 도입 했을 시는 평균 166.22g/km, BRT시스템을 도입 했을 시 평균 171.46g/km로 바이모달 트램 도입 시의 CO2 배출량이 더 적게 배출됨을 확인할 수 있었으며 대전권의 경우도 미시행시 평균 214.79g/km에 비해 바이모달 트램 도입 시 평균 180.97g/km, BRT시스템 도입 시 평균 185.11g/km로 바이모달 트램 도입 시의 CO2 배출량이 더 적게 배출됨이 확인되었다.

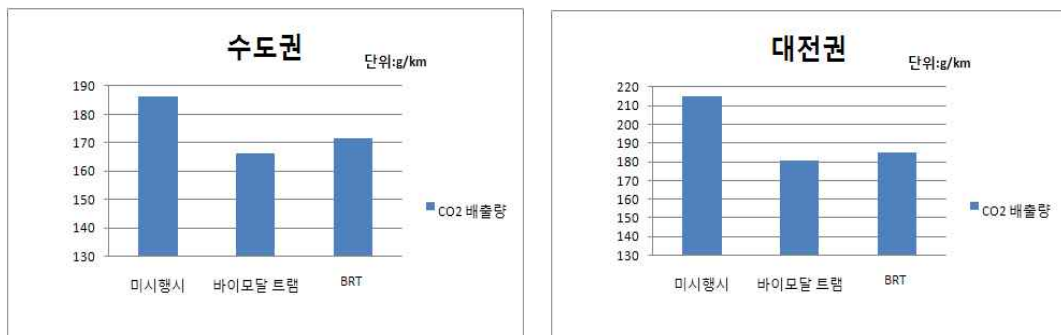


그림 5. 권역별 도로 평균 CO2 배출량

4. 결론 및 향후과제

바이모달 트램은 쾌적성, 안전성, 환경성, 에너지절감, 효율성, 교통약자 배려 등의 사회적 요구를 충족시키면서, 경량화, 친환경 에너지사용, 전자기 유도방식, 자동제어방식의 신기술이 접목된 대중교통수단이다. 또한 BRT시스템과 비교하여 정시성, 환경성, 에너지절감, 궤도운행에 의한 안전성, 대량수송 용이성과, 버스의 장점인 경량성, 접근성, 유연성 등을 모두 채용하고 있다. 이러한 이유 등으로 인해 일반도로 및 전용도로를 모두 운행 가능한 장점으로 인하여 대중교통수단간 환승을 줄여줄 수 있기 때문에, 대중교통을 활성화하려는 정부의 필요에 대해 적합한 대응이 가능하다.

본 연구에서는 바이모달 트램과 BRT시스템간의 효과를 비교 분석하였다. 분석결과, 도로 교통량 감소율은 수도권과 대전권 모두 BRT시스템 도입 시 보다 바이모달 트램 도입 시의 효과가 더 큰 것으로 나타났으며 평균통행시간의 경우도 바이모달 트램 도입 시의 전환 교통량이 많기 때문에 도로의 혼잡이 감소하여 평균 통행시간이 더 짧게 나타났다. 평균 통행속도 또한 바이모달 트램 도입 시 더 높은 것으로 나타났으며 CO2 배출량도 수도권 및 대전권 모두 바이모달 트램 도입 시 평균통행속도에 의해 배출량이 더 적게 배출됨을 확인할 수 있었다.

표 4. 결과 정리

구 분	바이모달 트램 도입 시		BRT시스템 도입 시	
	수도권	대전권	수도권	대전권
도로 교통량 감소율	3.3%	2.4%	2.7%	1.8%
평균 통행시간	34.12분	14.22분	36.25분	14.81분
평균 통행속도	43.96km/h	37.97km/h	41.37km/h	36.46km/h
CO2 배출량	166.22g/km	180.97g/km	171.46g/km	185.11g/km

향후 신교통수단 도입 시 본 연구에서 제시한 효과들은 중요한 역할을 하리라 예상한다. 다시 말해 신교통수단과 타교통수단과의 연계체계 및 환경적인 측면을 고려하는 교통체계 수립 시 중요한 지표로써 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 본 연구는 바이모달 트램과 BRT시스템간의 비교 시 표정속도에만 중점을 주어 분석을 진행한 점이 많이 아쉬움을 남긴다. 향후 표정속도 및 기타 다른 지표 등을 기반으로 폭 넓은 의미의 분석을 실시한다면 신뢰성 향상 및 보다 현실적인 결과가 도출되리라 판단한다.

참고문헌

1. 국토해양부, BRT편람, 2005.
2. 국토해양부, 수도권 BRT 도입 기본구상 연구보고서, 2005.
3. 국토해양부, 교통정책의 에너지소비 저감효과 분석모형개발연구, 2007.
4. 국토해양부, 간선급행버스체계 설계지침, 2006.
5. 서울시정개발연구원, 중앙버스전용차로 운영평가를 위한 지표개발, 2007.
6. 목재균 외 1인, “신에너지 바이모달 트램 기술개발”, 교통 기술과 정책, 제 3권 제 4호 pp.38-46, 2006.
7. 이 준 외 3인, “도시계획을 고려한 바이모달 트램의 위상정립에 관한 연구”, 한국철도학회 춘계학술대회, pp.1828-1838, 2009.
8. 민재홍 외 2인, “바이모달 트램 도입을 위한 제도 개선 연구”, 한국철도학회 춘계학술대회, pp.1799-1804, 2009.