

수도권 주요축별 바이모달 트램 적용성 평가

Evaluating Adaptability of Bimodal Tram in Seoul Metropolitan

이준†
Jun Lee

장준석*
Jun-Seok Jang

엄진기**
Jin-Gi Eom

ABSTRACT

This paper evaluated the effectiveness for the case of it introduced the bimodal tram for the capital area adaptability of the bimodal tram in the limelight as the new transportation means of the next generation for capital area major transportation corridor.

The KTDB with 1,142 zones was utilized for the analysis and the major transportation axis around the main road in which the traffic is high.

The analysis index selected around the transportation index in which it can show up by the bimodal tram application and the decrease rate of the road traffic density, the travel time change, the carbon emission quantity change, and etc. was chosen as a result.

It was analyzed as the axis in which the bimodal tram adaptability effect that it is high with the section this relative including the major analyzed result west AnSan IC~ Songsan Bridge, the SuWon terminal ~ SaDang station, the UiJungBu terminal ~ DoBongSan station, and etc. can be appeared and it was predicted that the travel demand reduction on the road of about 4~6% showed up.

1. 서론

바이모달 트램은 수송부문에서 대두되고 있는 환경오염과 승용차 중심 도시체계로 인한 혼잡비 등 사회적 비용을 줄일 수 있는 차세대 대중교통수단으로 논의되고 있다.

본 논문은 차세대 신교통수단으로 각광받고 있는 바이모달 트램의 수도권 적용성 검토를 위하여 20개 수도권 주요 방사형 교통축에 대하여 바이모달 트램을 도입하였을 경우에 대한 효과성을 평가하는데 그 목적이 있다.

분석을 위해서 1142개존 기준의 수도권 교통DB를 활용하였으며 주요 방사형 축은 교통량이 높은 간선도로를 중심으로 설정하였다.

분석지표는 바이모달 트램 도입으로 인하여 나타날 수 있는 교통지표를 중심으로 선정하였으며 그 결과 도로교통량의 감소율, 통행시간 변화, 탄소배출량 변화 등이 선정되었다.

바이모달 트램이 도입됨으로 인하여 수도권 주요 간선축에서 나타날 수 있는 주요 교통지표의 변화는 향후 바이모달 트램 실용화 추진시 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.

† 정희원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 선임연구원
E-mail : leejun11@krii.re.kr
TEL : (031)460-5475 FAX : (031)460-5021

* 정희원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 주임연구원

** 정희원, 한국철도기술연구원, 교통물류, 선임연구원

2. 본론

2.1 바이모달 트램의 특성

본 연구의 대상인 바이모달트램 시스템은, 기존 대중교통수단의 특성들이 혼합되고 신기술이 적용된 Dual mode의 신교통시스템이다. Dual mode의 개념은 서로 다른 대중교통서비스를 결합시키는 것이다. 즉, 정해진 궤도를 운행하다가 궤도 미 설치지역에서는 기존 도로를 운행할 수 있게 만들어진 Dual mode 시스템 이라 할 수 있다.

기존 도시내에서 운행되던 버스가 배타적인 ROW상에 운행하게 되고, 무인자동 운전이 가능하게 되면 LRT와 유사한 특성을 지니게 된다. 이처럼 두 가지의 다른 주행환경형태에서, 서로 다른 추진력을 갖고 운영이 가능한 교통수단들은 두 수단간 환승없이 서비스를 제공할 수 있다.

표 1. 교통수단간 dual-mode화 가능성

구분	운전체계: 운전자/유도	ROW등급: 도로/전용	추진력: 전기/내연	운영: 수동/자동
승용차, 택시		●	●	
버스		●	●	
바이모달 트램	●	●	●	
트롤리버스		●	●	
일반 경량전철		●		●
AGT 경량전철				●
중량전철				●
통근열차			●	●

자료 : Vukan R. Vuchic, Urban Transit system and technology, 2007, p454.

그러나 두 시스템 특성을 갖기 위해서는 차량은 더 복잡해져야 하므로, 투자비가 더 소요되고 한가지 형태의 운영을 위해 설계된 차량보다 효율적이지 못하다. 따라서 Dual mode 시스템이 가져다 주는 편익이, 복잡성과 비용에 의한 손실보다 더 가치가 있는지를 검토하여야 한다.

본 연구에서는 이러한 바이모달 트램의 도입효과를 논의하기 위해 실용화 측면에서 수도권 주요 간선축에 도입을 가정한 효과분석을 수행하고자 한다.

2.2 분석개요

2.2.1 분석가정

바이모달 트램의 특성을 반영하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 가정하에 분석을 수행하였다.

- 수도권의 총 수단통행량은 불변
- 바이모달 트램의 요금은 간선급행버스의 요금과 동일함

- 바이모달 트램의 표정속도는 35km/h로 설정
- KTDB상의 수단분담모형 Data Set 적용
- 서울 외곽에서는 기존 도로를 통해 운행하고 서울내부의 혼잡지역내에서는 전용 궤도를 따라 운행하는 것으로 가정함

표 2. KTDB 수단분담 모형 Data Set 구축방법(전국지역간)

통행시간비용 적용방식			Captive 반영	기타
수단	통행시간	통행비용		
승용차	통행배정 후 산출된 최소통행시간	통행배정 후 산출된 최소통행거리×승용차요금	○	특별시 및 광역시 지역더미 고려
버스	차내시간 : 승용차 통행시간×1.3 접근시간 : 40.53분	승용차 통행거리×버스요금		
철도	차내시간 : 통행배정 후 산출된 최소통행시간 접근시간 : 33.44분	통행배정 후 산출된 최소통행거리×철도 요금		

주 : 철도수단의 Captive와 지역더미를 반영함

자료 : 한국교통연구원, 『2007년 국가교통DB 최종보고서-6권 전국지역간 여객 기종점자료의 현행화』, 2008.

2.2.2 기본자료 구축

1) 교통존체계

한국교통연구원에서 제공하는 KTDB상의 전국 교통존체계를 분석에 활용하였으며 이에 따라 17개의 대존, 166개의 중존, 249개의 소존으로 구축된 자료를 활용하였다.

2) 네트워크 자료

교통분석용 네트워크는 교통수요를 예측하는 과정에서 반드시 필요한 기초 데이터로서 각종 교통수단별 관련투자사업의 사업성 분석을 할 때 기초자료로 활용된다. 본 과업은 수도권 네트워크를 구축하였으며 네트워크 종류는 도로와 철도를 기준으로 선정하였다.

3) O/D 자료

한국교통연구원의 교통수단 O/D는 승용차, 버스, 화물, 대중교통으로 구분하며, 본 과업에서는 교통수단 O/D를 이용하였으며 승용차, 버스, 화물, 그리고 대중교통의 4가지 수단 O/D를 활용하였다.

4) 도입노선축 선정

수도권 주요 교통축에 대한 바이모달 트램의 효과를 분석하기 위해 수도권내의 다음과 같은 총 20개 주요 간선축을 선정하여 EMME/3를 활용하여 네트워크에 반영하였다.

표 3. 수도권 분석대상 주요 교통축

의정부시외버스터미널-도봉산역(17)	파주IC-항동IC(18)	
화도IC-강일IC(7)	누산IC-행주대교(10)	
간석오거리-신도림역(21)	서인천IC-신월IC(5)	
고양종합운동장-신촌역(19)	오산IC-서초IC(1)	
서안산IC-성산대교(6)	죽전사거리-잠실역(14)	
수원시외버스터미널-사당역(12)	풍덕천사거리-세곡동(13)	
수내사거리-내곡IC(2)	이천IC-산북IC(8)	
청라지구-화곡역(22)	파주종합운동장-서대문역(9)	
산곡2교-군자역(15)	청송마을-당산역(20)	
평내역-청량리역(16)	신호계사거리-구로공단역(11)	

2.2.3 분석절차

본 연구에서 바이모달 트램 도입으로 인해 발생오디는 전환수요를 분석하기 위해 교통체계분석, 전환수요분석 등으로 구분하여 구성되어 있다. 교통체계분석단계에서는 신교통수단을 도입하게 되는 지자체 도시별로 주어진 교통체계가 다르고 교통시설에 있어서 차이를 보임에 따라 우선적으로 교통시설 및 교통체계 분석을 수행한다. 교통체계분석을 위해서는 도시의 토지이용형태 등을 고려한 교통시설 및 대중교통 운영에 대한 현황분석과 문제점을 검토하며 관련자료의 확보가 중요하다. 전환수요분석단계에서는 교통체계분석 및 수요분석단계를 통해 신교통수단 도입대상 노선을 선정하며 선정된 노선 축에 대해 네트워크 분석을 통한 전환수요를 추정하게 된다. 네트워크 분석에서는 이전 단계에서 구축된 수단분담모형을 기반으로 도입대상 노선축(Corridor)에 대하여 Incremental Logit Model을 활용한 전환수요를 분석한다.

점진적 로짓모형(Incremental Logit)은 설명변수의 변화에 의한 효용치의 변화량을 이용하여 각 대안들의 선택확률을 계산한다. 즉, 사업미시행시와 시행시의 효용을 계산하여 효용의 변화가 고려된 새로운 수단분담율을 산출하게 된다.

본 모형은 미국과 유럽에서 주로 이용되는 방법으로 보정더미 로짓모형 (K factor Logit)에서 변형된 식으로 관측분담률이 효용변화와 함께 고려됨에 따라 관측분담률과 모형의 분담률을 일치시키기 위해 적용되는 보정더미를 적용하지 않아도 되며 더미상수에 의한 영향을 배제하고 사업시행시의 효과를 보다 적절히 반영할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 과업은 점진적 로짓모형을 사용하여 바이모달 Tram 도입에 따른 효과를 분석하고자 한다.

$$P_i^* = \frac{P_i \exp \Delta V_i}{\sum P_i \exp \Delta V_i}$$

여기서, P_i^* = 사업시행시 수단 i 의 선택확률

P_i = 사업미시행시 수단 i 의 관측 분담률

ΔV_i = 사업시행 전·후 수단 i 의 효용변화

2.3 분석결과

2.3.1 교통량 변화

수도권 주요 교통축에 대한 바이모달 트램 도입에 의한 교통지표 분석결과는 다음과 같다. 우선 주요 교통량 변화율을 중심으로 살펴보면 의정부시외버스터미널-도봉산역, 화도 IC-강일IC, 간석오거리-신도림역, 고양종합운동장-신촌역 구간 순으로 효과가 크게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 도로에서의 혼잡효과와 관련이 깊은 것으로 판단되며 신교통수단이 신설됨으로 인해 도로에서의 교통량이 전환되어 생기는 결과이다.

한편 주요 교통축별로 가장 큰 통행량 변화량을 보이는 구간은 교통량이 상대적으로 높은 서안산IC-성산대교 구간과 죽전사거리-잠실역 구간이다. 하지만 이구간은 상대적인 교통량 감소율은 높지 않을 것으로 분석되었다.

구체적인 분석결과는 다음표와 같다.

표 4. 수도권 교통축별 바이모달 트램 도입후 교통량 변화

(단위 : 대/일)

간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시		간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시	
의정부시외버스터미널-도봉산역(17)	61,853	57,915	-6.21 %	과주IC-항동IC(18)	74,260	71,876	-2.75 %
화도IC-강일IC(7)	31,327	29,347	-6.16 %	누산IC-행주대교(10)	28,895	27,894	-2.69 %
간석오거리-신도림역(21)	83,610	78,441	-6.01 %	서인천IC-신월IC(5)	58,983	57,147	-2.65 %
고양종합운동장-신촌역(19)	74,949	70,683	-5.45 %	오산IC-서초IC(1)	161,735	157,054	-2.42 %
서안산IC-성산대교(6)	250,782	239,454	-4.16 %	죽전사거리-잠실역(14)	216,312	210,416	-2.24 %

수원시외버스터미널-사당역(12)	108,941	104,034	-4.14 %	풍덕천사거리-세곡동(13)	117,382	114,438	-2.01 %
수내사거리-내곡IC(2)	173,247	165,919	-3.84 %	이천IC-산북IC(8)	78,406	76,608	-1.79 %
청라지구-화곡역(22)	17,043	16,366	-3.57 %	과주종합운동장-서대문역(9)	41,791	40,965	-1.24 %
산곡2교-군자역(15)	20,698	19,923	-3.32 %	청송마을-당산역(20)	142,360	139,823	-1.26 %
평내역-청량리역(16)	24,574	23,679	-3.21 %	신호계사거리-구로공단역(11)	184,043	180,830	-1.22 %

2.3.2 평균통행속도

표 4. 수도권 교통축별 바이모달 트램 도입후 평균통행속도 변화

(단위 : km/h)

간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시	간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시
의정부시외버스터미널-도봉산역(17)	44.47	54.35	과주IC-항동IC(18)	37.90	46.54
화도IC-강일IC(7)	43.21	52.83	누산IC-행주대교(10)	35.56	43.68
간석오거리-신도림역(21)	41.95	51.34	서인천IC-신월IC(5)	32.01	39.35
고양종합운동장-신촌역(19)	41.07	50.31	오산IC-서초IC(1)	29.90	36.78
서안산IC-성산대교(6)	42.30	51.84	죽전사거리-잠실역(14)	28.69	35.31
수원시외버스터미널-사당역(12)	40.17	49.26	풍덕천사거리-세곡동(13)	27.91	34.36
수내사거리-내곡IC(2)	41.06	50.37	이천IC-산북IC(8)	28.02	34.51
청라지구-화곡역(22)	39.44	48.39	과주종합운동장-서대문역(9)	27.64	34.04
산곡2교-군자역(15)	41.96	51.49	청송마을-당산역(20)	27.50	33.88
평내역-청량리역(16)	37.91	46.55	신호계사거리-구로공단역(11)	26.86	33.09

2.3.3 평균통행시간

앞 절에서 제시한 바와 같이 바이모달 트램 도입으로 인하여 해당 교통축의 평균 통행속도가 높아짐에 따라 평균 통행시간에도 변화가 나타났다.

분석결과 최대 15분이상 해당 도로의 통행시간이 단축될 것으로 예상되었으며 이에 따라 수도권 주요 교통축에서의 교통혼잡이 크게 완화될 것으로 예상된다.

표 4. 수도권 교통축별 바이모달 트램 도입후 평균통행시간 변화

(단위 : 분)

간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시	간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시
의정부시외버스터미널-도봉산역(17)	77.13	63.11	과주IC-항동IC(18)	25.52	20.78
화도IC-강일IC(7)	17.18	14.05	누산IC-행주대교(10)	40.69	33.12
간석오거리-신도림역(21)	36.23	29.61	서인천IC-신월IC(5)	27.54	22.40
고양종합운동장-신촌역(19)	40.58	33.12	오산IC-서초IC(1)	45.06	36.63
서안산IC-성산대교(6)	26.16	21.35	죽전사거리-잠실역(14)	12.02	9.77
수원시외버스터미널-사당역(12)	82.05	66.90	풍덕천사거리-세곡동(13)	56.77	46.12
수내사거리-내곡IC(2)	49.60	40.43	이천IC-산북IC(8)	52.13	42.33
청라지구-화곡역(22)	34.36	28.00	과주종합운동장-서대문역(9)	53.65	43.56
산곡2교-군자역(15)	65.90	53.71	청송마을-당산역(20)	45.83	37.20
평내역-청량리역(16)	23.07	18.79	신호계사거리-구로공단역(11)	26.30	21.35

2.3.4 탄소배출량

바이모달 트램의 도입으로 인하여 공로부문 통행량 감소와 통행속도 증가로 인하여 CO2 배출량이 감소할 것으로 예상되므로 이에 대한 교통축별 감소량을 산정하였다.

분석결과 대다수의 구간에서 km당 20g이상의 탄소배출량이 감소될 것으로 예측되었다. 특히 수원시외버스터미널-사당역 구간, 오산IC-서초IC 구간 등이 큰 감소량이 나타나는 것으로 분석되었다. 구체적인 분석결과는 다음과 같다.

표 4. 수도권 교통축별 바이모달 트램 도입후 도로의 CO₂ 배출량

(단위 : g/km)

간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시	간선교통축	미시행시	바이모달 트램도입시
의정부시외버스터미널-도봉산역(17)	161.83	144.23	과주IC-항동IC(18)	180.29	160.69
화도IC-강일IC(7)	165.42	147.44	누산IC-행주대교(10)	187.05	166.71
간석오거리-신도림역(21)	168.95	150.58	서인천IC-신월IC(5)	197.28	175.83
고양종합운동장-신촌역(19)	171.38	152.75	오산IC-서초IC(1)	203.36	181.25
서안산IC-성산대교(6)	167.76	149.52	죽전사거리-잠실역(14)	206.83	184.34
수원시외버스터미널-사당역(12)	173.86	154.96	풍덕천사거리-세곡동(13)	209.08	186.34
수내사거리-내곡IC(2)	171.24	152.62	이천IC-산북IC(8)	208.72	186.03
청라지구-화곡역(22)	175.92	156.79	과주종합운동장-서대문역(9)	209.83	187.02
산곡2교-군자역(15)	168.59	150.26	청송마을-당산역(20)	210.21	187.35
평내역-청량리역(16)	180.27	160.67	신호계사거리-구로공단역(11)	212.08	189.02

3. 결론

본 연구에서는 바이모달 트램 도입에 의한 수도권 주요교통축의 교통지표 변화를 분석하고자 하였다. 이를 위해 기존 수도권 네트워크에 바이모달 트램의 특성을 반영할 수 있는 대중교통 transit line을 추가하였으며 이때 분석대상구간은 방사형태의 수도권 주요교통축을 선정하였다.

분석결과 주요 교통축의 도로교통량은 최대 6%이상 감소가 나타날 수 있을 것으로 분석되었으며 통행속도는 최대 10km/h이상 증가하는 것으로 나타났다. 또한 최근 공로부문의 환경오염을 지적하는 저탄소녹색성장에 부합할 수 있도록 탄소배출량이 감소되는 것으로 나타났다.

주요 교통축별 상대적 효과를 분석한 결과 교통량이 높은 서안산IC-성산대교, 죽전사거리-잠실역과 같은 지역의 교통지표 변화에 대한 절대량이 높았지만 상대적인 비율은 의정부시외버스터미널-도봉산역, 화도IC-강일IC, 간석오거리-신도림역, 고양종합운동장-신촌역 순으로 효율적인 교통축으로 분석되었다.

이러한 분석결과를 기반으로 향후 바이모달 트램을 수도권의 방사형형태 주요간선축에 도입하고자 할 때 상대적 도입효과를 검토할 수 있을 것이라 판단된다. 하지만 향후 본 연구의 합리성을 높이기 위해서는 주요 교통축별 바이모달 트램의 도입비용에 대한 검토가 수반되어야 할 것이다.

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.