

도시계획을 고려한 바이모달 트램의 위상정립에 관한 연구
The Study on Regarding the Bimodal Tram Positioning
Considering Urban Planning

이준*
Lee Jun

박진경**
Park Jin Kyung

엄진기***
Eom Jin Ki

김현웅****
Kim Hyun Woong

ABSTRACT

This study will analyze what is favorable of urban structure in order to introduce new transit system like bi-modal tram. As a reasonable transport mode in a city, the bi-modal tram needs to be considered with respect to the space structural pattern and city growth process.

The result of this study may provide the basic resource that helps transport decision makers to decide how to introduce bi-modal tram by considering the urban structural characteristics. Also, the results that analyzed a functional characteristic of a bi-modal tram with a effective urban polices will be informative for practical use.

국문요약

도시발달의 역사를 볼 때 도시의 공간구조는 교통체계에 밀접한 연관을 맺은 채 변화하는 것이 일반적이다. 도시형태를 구분할 때 도시의 공간적 구조를 간선가로망형태에 따라 방사형, 격자형, 성형, 환형, 선형, 위성형 등으로 분류하고 있는 것이 그러한 예라고 할 수 있다. 최근 신교통수단으로 각광받고 있는 바이모달 트램은 이러한 다양한 도시의 공간적 구조를 고려하여 도입전략을 수립한다면 타 교통수단과 대체 및 연계수단으로서 효율적인 기능을 수행할 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 신교통수단인 바이모달 트램의 합리적인 도시내 교통수단으로서의 역할을 수행하기 위하여 도시의 공간적인 구조에 따라 어떠한 위상을 가지고 도입되는 것이 바람직할 것인지와 도시의 공간구조 패턴과 도시성장과정 등 도시계획적 측면을 고려하여 분석하고자 하였다.

이러한 연구 결과는 장래 국내 도입시 도시의 특성에 부합하는 바이모달 트램의 도입 정책을 결정할 수 있는 기초자료를 제공할 수 있을 것이다. 또한 도시계획요소와 결합된 바이모달 트램의 기능적 특성을 분석한 결과는 장래 바이모달트램을 도시교통수단으로 도입하고자 할 때 효과적인 정책적 판단근거로 활용할 수 있을 것이다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 철도교통물류연구실, 정희원
E-mail : leejun11@krri.re.kr
TEL : (031)460-5475 FAX : (031)460-5021

** 저자2 : 한국철도기술연구원, 철도교통물류연구실, 정희원

*** 저자3 : 한국철도기술연구원, 철도교통물류연구실, 정희원

**** 저자4 : 한국철도기술연구원, 철도교통물류연구실, 정희원

1. 서론

일반적으로 분화된 도시의 기능을 상호 연계하는데 가장 중요한 역할을 수행하는 것은 교통체계라고 할 수 있다. 특히 대중교통체계는 도시의 성장을 촉진시키는 중요한 요소에 해당한다. 그러나 기존의 버스, 지하철과 같은 교통수단은 다음과 같은 몇 가지 이유에서 도시의 성장에 기여하는 효율적인 대중교통수단이라 할 수 없다.

첫째, 도시 내 도로혼잡으로 버스의 신속성과 정시성 확보는 점점 어려워지고, 지하철과 같은 궤도 교통수단은 건설 및 유지보수에 막대한 비용이 소요되기 때문에 정부와 지자체의 재원에 막대한 타격을 입고 있다. 둘째, 수도권과 같은 대도시권의 성장이 가속화됨에 따라서 30km이상의 광역통행량이 급증하고, 이에 따라 주요 간선 대중교통망 정비를 중심으로 교통정책이 집중되고 있다. 이러한 대중교통체계의 개편은 서울의 도심으로 접근하는 간선축의 흐름은 원활하게 하고 있으나 권역 내 대중교통체계의 효율성에는 큰 기여를 하지 못하고 있는 실정이다. 셋째, 도시 광역화로 인해 도심에서 먼 거리에 있는 권역 간의 상호 연계 대중교통망 구축이 미흡하다. 더구나 도시의 권역별 발전양상이 상이하여 이를 연계할 수 있는 대중교통체계를 구축하는 것이 어렵다. 즉, 구도시와 신도시를 운행하는 대중교통망의 단절구간이 존재하여 일원화된 대중교통연계서비스를 제공하는데 어려움이 존재한다. 따라서 도시의 공간구조 분화와 도시성장에 기여할 수 있는 신교통수단에 대한 수요가 바이모달 트램이라는 특정 시스템의 도입을 가속화시키고 있는 배경이 되고 있는 실정이다.

이에 본 연구는 신교통수단인 바이모달 트램이 합리적인 도시 내 교통수단으로서의 역할을 수행하기 위하여 도시공간구조에 따라 어떠한 위상을 가지고 도입되는 것이 바람직할 것인지를 도시의 공간구조 패턴과 도시성장과정 등 도시계획적 측면을 고려하여 분석하고자 한다.

도시발달의 역사를 볼 때 도시의 공간구조는 교통체계에 밀접한 연관을 맺은 채 변화하는 것이 일반적이다. 도시형태를 구분할 때 도시공간구조를 간선가로망형태에 따라 방사형, 격자형, 성형, 환형, 선형, 위성형 등으로 분류하고 있는 것이 그러한 예라고 할 수 있다. 최근 신교통수단으로 각광받고 있는 바이모달 트램의 도입전략을 이러한 다양한 도시공간구조를 고려하여 수립한다면 타 교통수단과의 대체 및 연계수단으로서 효율적인 기능을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 구성된다. 먼저 제2장에서 도시계획 단계에 논의되는 도시공간구조와 토지이용 및 가로망 패턴 등 중요한 결정인자에 대한 특성을 분석하고 이를 기반으로 바이모달 트램의 도입전략을 검토한다. 제3장에서는 바이모달 트램의 기능과 역할을 살펴보고 바이모달 트램의 기능별 요구사항을 적용지역 유형별로, 통행목적별로, 그리고 노선유형별로 각각 나누어 제시한다. 마지막으로 제4장에서는 결과를 요약하고 향후 연구 과제를 제시한다.

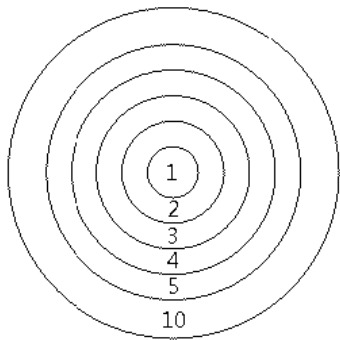
2. 도시계획 특성에 따른 바이모달 트램의 위상정립

먼저 본 장에서는 바이모달 트램이라는 신교통수단이 효율적인 도시교통수단으로서 어떠한 위상을 가지고 도입되어야 하는지를 분석하고자 한다. 이를 위해 먼저 도시공간구조를 중심으로 한 도시성장이론, 다양한 토지이용패턴, 주요 간선가로망 형태에 의한 도시유형 등에 대해서 이론적으로 검토하고 난 다음 바이모달 트램의 교통체계에서의 위상을 제시한다.

2.1 도시성장이론에 따른 바이모달 트램의 도입전략

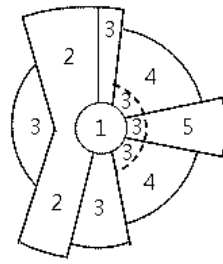
먼저 도시성장이론을 크게 세 가지 유형으로 구분하여 제시하면 다음과 같다. 첫째, 도시의 내부 공간구조에 따른 도시성장 개념을 이론화 한 것으로 도시의 동심원적 발전양상을 이론화한 버제스(E.W. Burgess)의 동심원이론과 둘째, 주요 중심업무지구를 기준으로 교통축에 의해 도시가 발전한다는 호이트(H. Hoyt)의 선형이론, 그리고 마지막으로 도시내 주요 핵심지구의 산발적인 분포를 논의하는 해리스울만(C.D Harris, E.L. Ullman)의 다핵심이론으로 <그림 1>에 도식화하였다. 이를 구체적으로 살펴 도시

성장이론에 따른 바이모달 트램의 도입전략을 제시하면 다음과 같다.



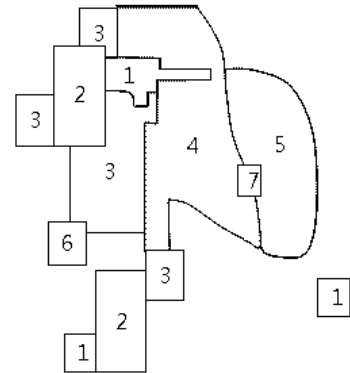
- 1. 중심업무지구
- 2. 점이지대 (공업지대를 포함)
- 3. 저소득층 주거지구
- 4. 중산층 주거지구

(a) 동심원이론



- 5. 고소득층 주거지구
- 6. 중공업지구
- 7. 외부 업무지구
- 8. 교외 주거지구

(b) 선형이론



- 9. 교외 공업지구
- 10. 교외 통근자 지구

(c) 다핵심이론

그림 1. 도시성장이론

(1) 동심원지대이론(concentric zone theory)

동심원지대이론은 일정한 시점에 있어서 도시의 주거지역구조에 대한 일반적인 배치계획을 기준으로 한 뒤 다양한 패턴의 도시공간구조 변화를 중심지로부터 일정한 거리에 따른 일률적인 배치양상을 중심으로 설명하고 있다. 이에 따라 도시의 성장과 발전과정은 중심업무지구(CBD), 점이지대, 근로자 주택지구, 중산층 주택지구, 통근자 지구 등 5개의 주요 지구로 이루어지고, 이는 거주자가 지불하고자 하는 지대(rent)와 밀접한 연관을 갖는다고 본다.

주로 중소도시의 발달과정에서 나타나는 동심원지대이론과 같은 도시성장이 나타나는 경우 바이모달 트램은 도심을 연결하는 대중교통수단보다는 같은 기능을 수행하는 권역을 환상으로 연결하는 교통체계로서의 역할을 수행하는 것이 바람직하다고 판단된다. 이때 중심업무지구(CBD)와 외곽지역을 연결하는 방사형 간선교통망은 도시철도나 BRT 시스템이 갖춰진 간선급행버스체계를 도입하고 주요 환승지점을 연계하는 순환교통망으로 바이모달 트램을 도입하여 권역간 연계를 수행하도록 하는 것이 효율적이라 할 수 있다.

(2) 선형이론(secter theory)

Hoyt에 의해 1939년에 제안된 선형이론은 도시내부의 공간구조가 주요 교통축을 중심으로 부채꼴 형태로 발전해나간다는 도시성장이론이다. 즉, 동심원지대이론과는 달리 통행비용과 속도 등 교통체계에 대한 다양성에 의해 도시의 기능분화가 선형으로 나타난다는 측면을 강조한 이론이다. 선형이론에서는 도시공간구조를 파악하기 위해서 주거지와 지가를 중점적으로 분석하였으며 그 결과 도시 내의 주거지 분포패턴을 결정짓는 핵심적인 인자는 최고지가를 지불할 수 있는 고급주택지구의 입지라는 점을 명시하고 있다. 고급주택지의 입지가 결정되고 나면 이의 주변에 중급 주택지역이 입지하게 되고 나머지 지역에 저층주거지역이 입지하게 된다는 이론이다.

이러한 선형이론은 주요 교통축을 중심으로 한 도시성장을 분석하였다는 점에서 교통수단의 발전과 밀접한 관련이 있으며 바이모달 트램과 같은 신교통수단의 도입전략을 논의하는데 중요한 이론적 기반이 될 수 있다.

먼저 도시의 발달과정이 선형이론에 의해 주요 교통축을 중심으로 발전해가는 도시의 경우는 기존 구도시와 새롭게 형성되는 주거지 중심의 신시가지를 연결할 수 있는 주요 교통축의 대중교통중심 개발이 필요하다. 주요 교통축이 승용차 중심의 도로로 이루어질 경우 도심이 위치하고 있는 구도심 진입지점에

서의 병목현상으로 인해서 정체되고, 장거리 승용차통행으로 인해서 과도한 에너지 소모와 환경오염 등 도시기능저하를 유도하는 요소가 가중될 수 있다. 따라서 주요 개발축을 중심으로 과감하게 바이모달 트램과 같은 정시성 및 환경성, 쾌적성 등에서 강점을 지니는 신교통수단을 도입하여야 한다.

이러한 도입전략은 열악한 도로환경으로 인하여 전용궤도 구축이 어려운 구도시에서는 고가나 지하공간을 활용하고 도로환경이 좋은 도심외곽지역에서는 지상부 도로를 활용함으로써 바이모달트램의 장점을 극대화 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 다핵심이론(multiple-nuclei theory)

다핵심이론은 기본적으로 도시의 토지이용패턴을 동심원, 선형 그리고 다핵심의 각 패턴요소가 결합된 것으로 보고 있다. 앞의 동심원지대이론과 선형이론 모두 하나의 도심을 전제로 하고 있지만 사실 하나의 도시에 모든 도시기능이 집중되는 것은 물리적으로도 불가능하며, 도심부 자체에도 그와 같은 중심핵 지향적인 도시기능을 분리시키려는 요인이 존재한다고 볼 수 있다. 이러한 분리요인은 도심의 지가가 높은 점, 도시활동의 중심은 교통편이나 환경 등 편의문제와 결부되는 경우가 많다는 점, 기능별로 집적의 효과를 극대화 시키고자 한다는 점 등을 들 수 있다. 따라서 다핵심이론은 도시의 토지이용의 다수의 핵심을 중심으로 이루어진다는 점을 강조하고 있으며 이러한 핵심의 유형으로 중심업무지구, 경공업지구, 중공업지구, 주택지구, 소핵심지구, 교외와 위성도시 등 6가지를 들고 있다.

이와 같이 도시성장이 여러 개의 핵심지역을 중심으로 도시공간구조 변화가 나타나는 도시의 경우 바이모달 트램은 주요 핵심지역과 주변지역을 연계하는 보조연계수단으로서 기능하는 것이 바람직한다. 또한 바이모달 트램은 대중교통 체계내에서 장거리보다는 단거리, 주요 간선축 보다는 연계축에서 이동성 보다는 접근성 기능을 강조하는 보조 대중교통수단으로서 기능하는 것이 도시공간구조 측면에서 효율적이라 할 수 있다.

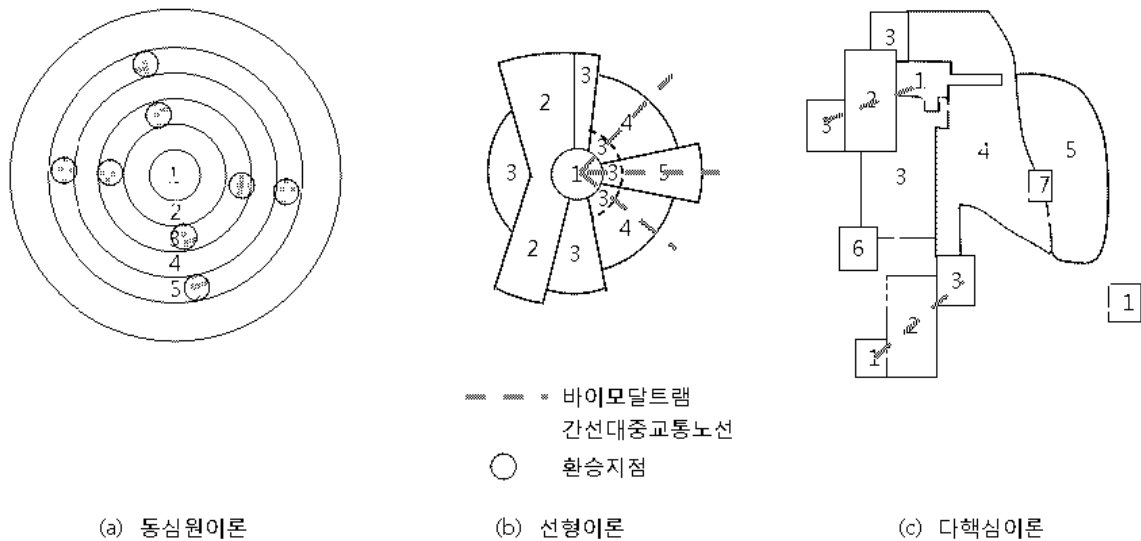
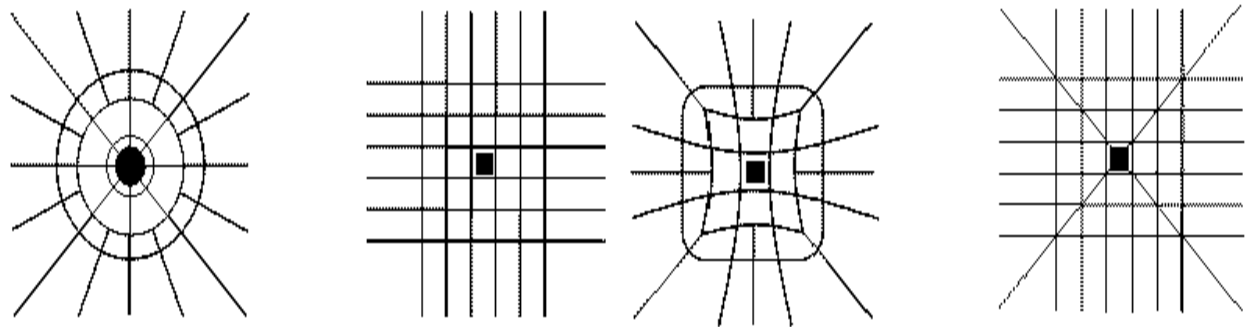


그림 2. 도시성장이론에 따른 바이모달 트램의 도입전략

2.2 도시가로망 형태에 따른 바이모달 트램의 도입전략

다음으로 기존의 도시가로망을 최대한 활용할 수 있다는 바이모달 트램의 특성상 도시가로망 형태에 따라 어떠한 방식으로 바이모달 트램을 도입할 것인지를 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 다양한 간선가로망 형태 중 우리나라 대도시권에서 일반적으로 나타나는 가로망 형태인 방사환상형, 격자형, 격자·방사혼합형, 격자·사선혼합형의 4가지 형태에 대한 바이모달 트램의 도입전략을 분석하고자 한다.



방사환상형

격자형

격자·방사환상형

격자·사선형

그림 3. 도시 가로망 형태

(1) 방사환상형

방사환상형은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 일반적으로 자연발생적 도시에서 방사형태로 도시가 확장해나가면서 간선가로망이 방사형태로 형성되며, 필요에 의하여 환상형태의 가로망이 추가적으로 연결되는 형태를 말한다. 현대 도시에서는 인구 100만명 이상의 대도시, 예를 들면 서울, 도쿄, 파리 등에서 많이 나타나는 가로망 패턴이라 할 수 있다.

일반적으로 방사환상형은 인구100만이상의 거대도시에서 많이 나타나는 도로망 구조임을 감안할 때 도심부 방사형 도로는 바이모달 트램의 전용궤도를 설치하고 도심에서 멀어질수록 환상형 도로망을 따라 기존 도로를 주행할 수 있도록 바이모달 트램 노선망을 구축하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

(2) 격자형

격자형 가로망은 현대 신도시계획에서 가장 많이 사용되는 가로망 구조로서 직선형태의 간선가로망이 직각으로 교차하는 방식에 의해 교차로 형성이 많아지는 형태를 띄는데, 이로 인하여 차량의 흐름이 단절되는 단점이 있다. 격자형 도로망에 의해 형성된 도시의 경우는 정형화된 대지분할로 인하여 토지이용의 효율성 측면에서는 장점이 있으나 다양한 교통체계 구축하는 데에는 한계가 있다.

격자형 가로망의 경우 교차로가 과다하게 발생함에 따라 교통류의 단절과 회전이 빈번하게 나타나므로 기본적으로 바이모달 트램의 도입이 어려운 형태라고 할 수 있다. 그러나 일반적으로 격자형 도로망 형태를 보이는 도시가 신도시나 도심의 업무지구 등임을 감안할 때 도로의 폭원이 충분히 확보되어 있다는 전제하에서 주요 간선가로 중심으로 직선형태로 바이모달 트램의 도입을 검토해 볼 수 있다. 즉, 회전교통을 최소화하고 주요지점을 직선으로 연결하는 형태로 도입하는 것이 바람직하며 이때 도심으로 근접할수록 교통량 증가로 인한 도로의 혼잡이 가중되므로 도심부근은 바이모달트램 전용궤도를 신설하고 외부는 기존 도로를 활용하는 전략이 효율적이다.

(3) 격자·사선형

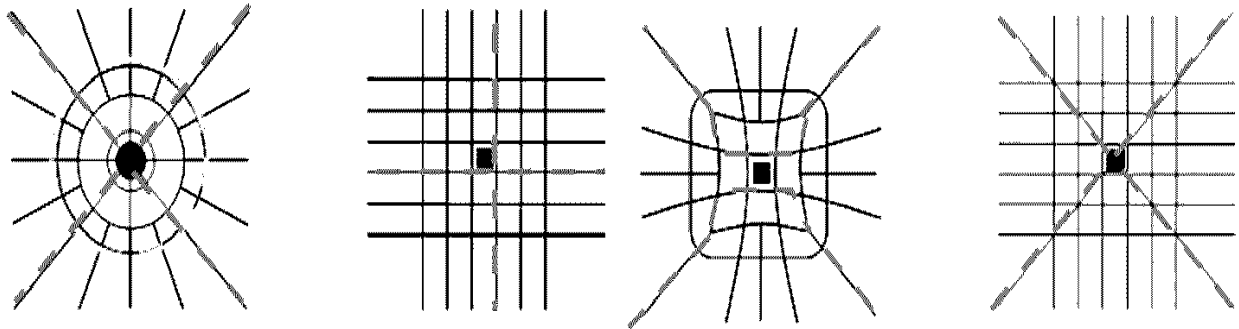
앞서 설명한 격자형 도로망 체계의 단점을 보완하기 위하여 사선으로 추가적인 도로망이 형성되는 형태를 가지는 가로망을 격자·사선형이라 한다. 획일적인 도로망 형태를 개선하여 접근성을 높이고 통행시간의 효율성을 기할 수 있다는 장점이 있으나 부정형의 토지이용형태가 발생하고 최대 6지 교차로 형성이 불가피하다는 단점이 있다.

격자·사선형 도로망에서는 바이모달 트램을 사선형 도로망을 따라서 도입하는 것이 교통효율성 측면에서 가장 바람직하다. 이때 격자형 도로망은 일반버스나 BRT시스템을 운영하고 이와 연계되는 지점에서 평면환승방식으로 통해 바이모달 트램을 이용하도록 계획하는 것이 효과적이라 할 수 있다.

(4) 격자·방사혼합형

격자·방사혼합형 가로망은 도심부는 격자형으로 형성되어 토지이용의 효율화를 도모하고 외곽지역은 방사환상형 형태로 구축되어 도시확장을 도모하고자 하는 가로망 형태이다. 최근 고속 간선교통망의 발달에 따라 가장 많이 나타나고 있는 간선가로망 형태라 할 수 있다.

일반적으로 격자·방사환상형도 거대도시의 도로망 구조임을 감안할 때 도심부 격자형 도로는 바이모달 트램의 전용궤도를 설치하고 도심에서 멀어질수록 방사형 도로망을 따라 기존 도로를 주행할 수 있도록 바이모달 트램 노선망을 구축하는 것이 바람직하다.



방사환상형

격자형

격자·방사환상형

격자·사선형

그림 4. 도시 가로망 형태에 따른 바이모달 트램의 도입전략

2.3 토지이용패턴에 따른 바이모달 트램의 도입전략

일반적으로 도시의 토지이용은 교통체계와 밀접한 연관을 가지고 있기 때문에 토지이용과 신교통수단인 바이모달 트램과의 연관관계를 중심으로 도입전략을 수립할 필요가 있다. 이를 위해서 본 연구에서는 도시토지이용의 개념을 정의하고 분류한 다음 구체적인 용도별 특성에 따른 바이모달 트램의 도입전략을 중점적으로 제시하고자 한다.

토지이용부문은 도시 내의 특정입지에 나타나는 가장 탁월한 경제적인 기능을 토대로 토지용도를 분류하는 방식에 의하여 주거용지, 상업용지, 공업용지, 공공용지 및 복합용지로 구분한다.

(1) 주거용지

주거용지에서 바이모달 트램의 도입전략은 구도시 주거용지와 신도시 주거용지로 구분하여 살펴볼 수 있다. 우선 신도시에서는 계획도시라는 측면에서 주거용지 주변의 넓은 다차로 도로상에서 전용차로를 운영하는 방식으로 효율적으로 운영할 수 있다. 반면 열악한 도로환경을 보일 가능성이 높은 구도시의 주거용지에서는 전용궤도 시설물을 지하나 고가구조물 형태로 건설하여 운영하는 것이 바람직하다. 또한 주거용지에서 도입되는 바이모달 트램은 주로 문전서비스를 제공하는 접근성 중심의 대중교통체계이므로 정류장의 입지와 타 교통수단과의 연계측면이 중요한 기능으로 강조된다.

(2) 상업용지

상업용지에서 대중교통수단은 도시기능의 활성화 측면에서 중요하다고 볼 수 있으므로 바이모달 트램이 상업용지에 도입되기 위해서는 개인교통수단을 대체할 수 있는 교통수단으로 자리매김하여야 한다. 이를 위해서는 타 용도지역보다 쾌적성과 편리성이 중점적으로 강화되어야 한다. 따라서 상업활동의 중심지에 위치하는 정류장의 편의를 강화하고 시간대별 요일별 수요에 상응하여 차내혼잡율이 120%이하가 될 수 있도록 적절한 운행계획을 수립할 필요가 있다. 또한 상업용지내의 주요 시설물들을 직접 연계할 수 있는 적절한 노선망을 통해 상업지역내의 순환교통체계로서 바이모달 트램을 활용할 수 있다.

한편 대부분의 상업지역은 주변 주민들의 접근을 위한 간선교통망이 잘 발달한 편이지만 만약 이러한 지하철이나 광역급행버스와 같은 간선교통망이 미흡하다면(상업지역내 도로혼잡으로 인한 광역급행버스의 표정속도 저하) 바이모달 트램을 주요 간선축(상업용지와 주거지역 직접연결)에 도입함으로써 상업지역에 대한 이용수요를 증가시킬 수 있다.

(3) 공업용지

공업용지는 제조업과 같은 2차 산업 중심의 토지이용 특성을 가지는데, 저밀도개발이 이루어진 대표적인 토지라 할 수 있다. 바이모달 트램의 장점을 고려해 본다면, 이러한 저밀도 비혼잡 지역에는 굳이 바이모달 트램과 같은 신교통수단을 도입하는 것이 불필요할 수도 있다. 다만 공업용지가 대규모 산업단지의 기능을 수행하고 이로 인해 주변 배후도시의 대부분이 주거용도로 개발되어 위성도시 형태를 보인다면 출퇴근을 위한 충분한 수요가 발생할 것이고 따라서 주변지역의 혼잡이 심각해진다는 전제하에서 바이모달 트램의 도입을 검토해볼 수 있다.

(4) 공공용지

공공용지의 대표적인 예로서는 공원이나 위락시설 밀집지역 등을 들 수 있는데 대부분 주거, 상업, 공업용도 등과 같은 기능의 개발이 부적합하거나 환경적으로 보존할 필요가 있는 관광자원이 위치한 경우라 할 수 있다. 이러한 공공용지의 경우 일단 개발이 이루어지면 반영구적으로 해당 지역의 토지이용이 정해지게 되며, 주변 토지이용규제, 예를 들어 공항주변의 건물고도제한 등에 밀접한 영향을 미치게 된다. 이러한 공공용지에 바이모달 트램을 도입하고자 할 때에는 홍콩의 피크트램과 같이 교통수단자체가 주변 토지이용 용도와 연계될 수 있도록 관광자원화 할 필요가 있다고 볼 수 있다.

(5) 복합용지

우리나라의 주요 도시들은 외국의 도시들과는 달리 토지이용 측면에서 몇 가지 다른 특성을 지니고 있다. 그 중에서 가장 대표적인 특성은 좁은 토지면적에 고밀도의 개발압력이 가해져서 발생하는 복합용지 특성을 지니는 점이라고 할 수 있다. 이에 따라 도시개발은 주거, 상업, 업무, 공공용도 등이 중소규모의 지구단위계획 등을 통해 다양하게 나타나고 있으며, 권역자체도 외국에 비하면 공간적 범위가 대단히 좁게 나타나고 있다.

이러한 국내 토지이용 패턴을 고려할 때 바이모달 트램을 도입하면 쾌적성과 정시성 등의 고급 교통서비스 기능을 구현하면서 주거지역과 상업지역, 주거지역과 공업지역, 그리고 상업지역과 공공지역 등 다양한 토지형태를 동시에 연결시켜줌으로써 도시 내 대중교통 통행량을 증가시킬 수 있을 것이다. 또한 이로 인해서 자연스럽게 해당도시의 경제적 활성화를 촉진할 수 있는 원동력이 될 수 있다.

더불어 대중교통 중심의 토지이용개발(TOD ; Transit Oriented Development)과 같은 저탄소 녹색성장 기조의 도시기능 재정비 및 활성화 측면에서 바이모달 트램과 같은 고효율의 대중교통망을 구축함으로써 정류장을 기존 지하철의 역세권과 같은 개념으로 개발하고 이에 따라 주변 토지이용 활성화를 도모하는 바람직한 정책기조를 형성할 수 있다.

요약하면 국내 도시에서 가장 활발하게 나타나는 복합용도의 토지이용 개발형태에서는 단거리보다 중장거리 중심의 주요 간선교통축에 바이모달 트램을 운영하는 전략이 바람직할 것으로 판단된다. 이때 기존 교통체계와의 연계방안 및 새로운 노선 조정방안 등에 대한 적극적인 정책마련이 반드시 병행되어야 한다.

3. 기능적 특성에 따른 바이모달 트램의 위상정립

대중교통수단의 다변화에 기여할 수 있는 바이모달 트램의 규모는 그 특성상 중량전철과 버스의 중간 규모를 가지며, <표 1>과 같은 기능을 수행하는 것으로 정리할 수 있다.

표 1. 바이모달 트램의 기능

수단	기능
바이모달 트램	<ul style="list-style-type: none"> · 생활권역을 연결하는 간선 교통수단 · 대규모 교통시설간 효율적인 연계 · 지선교통체계와 간선교통체계의 연결 · 대규모 쇼핑유발지역 연결 · 생활권역내 일정 범위 안에서의 지역적 순환 · 위탁시설간 연계교통수단으로 활용

이에 따라 대중교통체계에서 바이모달 트램의 역할은 다음과 같이 두 가지로 제시할 수 있다. 첫째, 도시 내에 궤도 교통수단이 없는 지역은 중심지구를 중심으로 외곽지역으로 점차 확장시키고, 현재 철도가 운행되는 도시 내의 접근교통수단으로서 바이모달 트램을 적용 가능하다. 둘째, 뚜렷한 지역적 특색이 없는 지역은 바이모달 트램을 도입하여 지역 이미지를 개선하는데 일조할 수 있다.

이러한 바이모달 트램의 기능적 특성에 따른 도입전략을 적용지역 유형별로, 통행목적별로, 그리고 노선유형별로 구분하여 제시하면 다음과 같다.

3.1 적용지역 유형에 따른 바이모달 트램의 도입전략

(1) 생활권역을 직접 연결하는 간선교통수단

바이모달 트램은 도시의 업무 및 상업중심지와 주거지역 등 다양한 생활권역을 직접 연결하는 간선교통수단으로서 역할수행이 가능하다. 즉, 20km이상의 중장거리 중심의 간선교통축에 도입함으로써 권역간의 이동성을 향상시킬 수 있는 유용한 교통수단으로서 신도시와 구도시를 연결하는 주요 교통축에 도입할 수 있다. 첫째, 업무와 상업밀집지역인 도심(CBD)과 외곽 주거지를 연결하거나 둘째, 도시와 도시를 연결하는 광역교통체계를 형성하고, 셋째, 도시 내 주거지역과 업무지역을 연결하거나 넷째, 도시외곽 지역 생활권역간을 연결하는 순환형 교통체계를 형성할 수 있다.

(2) 대규모 교통시설(터미널 등)간 연계가 필요한 지역

바이모달 트램은 대규모 교통시설간 연계 역할이 가능한 시스템으로서 기·종점(터미널에서 터미널)이 단순하고 명확하여 비교적 단조로운 네트워크 형태가 가능하다. 이러한 지역에서는 첫째, 버스터미널과 항만 연안터미널을 연계시키고, 둘째, 철도역과 버스터미널과의 연계, 셋째, 지하철역과 공항 연계 및 마지막으로 공항 내 터미널 간 연계교통수단간 운행스케줄의 연속성이 보장되도록 교통수단간 운행계획의 통합 운영이 필요하다.

(3) 지하철 연계를 위한 접근교통수단

기존 주요 간선교통수단으로 지하철망이 구축된 지역에서는 바이모달 트램을 지선역할을 수행하는 접근교통수단으로 활용할 수 있다. 이때 접근교통수단으로서의 바이모달 트램은 다른 대중·준대중 교통수단과 과도한 노선 경쟁관계가 발생할 수 있으므로 수익성이 높은 노선에 대해서는 기존 대중교통수단과의 노선배분 및 조정절차가 필요하며 이용객의 교통수단 전환 가능성에 대한 사전 검토가 필요하다.

(4) 대규모 쇼핑유발지역 연계

바이모달 트램이 대규모 쇼핑센터 및 멀티플렉스의 유기적인 연결이 가능한 곳에서 각 센터 간을 직접 연결하는 수단으로서 도입된다면 유용한 관광자원으로 활용될 수 있다. 이때 쇼핑지역에서 운행하는 바이모달 트램은 개인교통수단 이용자의 수단전환 유도를 위해 개인교통수단에 준하는 쾌적성과 높은 수준의 편리성(개인화물을 위한 공간, 승하차 편리 등)이 요구된다.

(5) 특정 생활권역내 순환 교통수단

바이모달 트램이 갖는 다양한 장점 중 정시성과 도입 용이성, 쾌적성 등을 고려할 때 10km내외의 짧은 구간을 순환하는 특정생활권역내 순환교통수단으로 효율적으로 활용할 수 있다. 첫째, 유관기관 간 집적이 필요하고, 업무 업무지역이나 업무통행이 상대적으로 높은 업무지역내 순환(예; 강남구 순환노선)기능을 담당하고 둘째, 점점 규모가 커져가는 캠퍼스 내 순환교통체계 및 주변 교통시설 연계하며, 셋째, 주거지역 내부의 순환 교통체계를 형성할 수 있다.

(6) 관광지 등 위락시설(Amusement Park)간 연계

바이모달 트램은 기존 간선교통체계와 위락시설을 연결하는 지선교통체계의 구축이 필요하며, 위락시설 내부에서 시설간 연계교통수단으로서의 순환노선 검토가 가능하다. 바이모달 트램을 위락시설이 밀집된 관광지역에 도입하기 위해서는 관광지역의 특성상 특정일(공휴일, 연휴, 휴가 등)에 집중되는 통행수요 분석과 이를 처리하기 위해 요일별 탄력적인 운영계획의 수립이 요구된다.

3.2 통행목적에 따른 바이모달 트램의 도입전략

바이모달 트램은 다양한 출근, 귀가, 등교, 쇼핑, 업무, 기타 등 각기 다른 통행목적에 대응하기 위해서 통행목적에 따라 차별적으로 운영계획을 수립하여야 한다.

(1) 출·퇴근 통행

바이모달 트램은 출·퇴근 수단통행 및 환승통행 패턴을 고려하여 적정한 노선길이 및 네트워크의 규모가 결정되어야 한다. 일반적으로 출·퇴근 통행은 30분이상의 중장거리 통행이며, 주요 간선축을 중심으로 교통이 이루어지므로 출·퇴근 통행을 처리하기 위한 바이모달 트램은 골목노선이 많지 않은 이동성 중심의 주요 간선축에 도입되는 것이 바람직하다.

(2) 업무 통행

업무통행과 같은 특정 목적통행은 업무시간 내 단거리 주요 업무중심시설 주변을 중심으로 통행이 이루어지므로 이를 연결할 수 있는 통행수단이 필요하다. 바이모달 트램은 업무시설 밀집지역에 전용궤도와 기존도로를 적절히 활용한 시스템을 구현함으로써 입체환승 없이 지상에서 통행자에게 쾌적하고 편안하면서도 정시성을 보장할 수 있는 유용한 교통서비스를 제공할 수 있다.

(3) 기타통행(쇼핑, 친교·개인, 학원 등)

바이모달 트램의 이용 목적이 쇼핑인 경우 화물(짐) 수송에 대한 차량구조(선반, 짐을 실을 수 있는 공간, 유모차 적재 등)가 고려되어야 한다. 쇼핑통행을 위한 바이모달 트램으로 수단전환을 유도하기 위해서 지상부에서 최단거리 환승경로가 요구되어야 하고, 이동편의시설 (무빙워크, 승강기, 에스컬레이터 등)이 함께 설치되어야 한다.

3.3 노선유형에 따른 바이모달 트램의 도입전략

(1) 주요 간선 교통축 노선망

주요 간선 교통축 노선망에서는 접근성보다는 이동성이 강조되므로 일정 표정속도 이상을 유지할 수 있도록 혼잡구간에는 전용 궤도물을 반드시 설치하여야 하며 기존 도로를 활용할 경우는 BRT체계와 같

이 바이모달 트램이 일정 속도를 유지할 수 있도록 시설물 정비를 하여야 한다. 주로 도시 광역화에 따라 주거지가 외곽으로 확장되어 가거나 새로운 부도심의 출현에 의해 생활권의 다양화가 발생할 경우 중장거리 교통수요를 처리할 수 있는 간선교통수단이 필요하게 되는데, 이러한 역할을 바이모달 트램이 할 수 있다.

(2) 타교통수단과의 연계노선망

바이모달 트램은 기존 전철 또는 버스 정류장까지 저렴한 투자비로 노선을 연계시키는 교통수단으로 활용될 수 있다. 또한 간선교통체계와 지선교통체계의 연결 역할을 수행할 수 있으며 타 대중교통수단과의 과도한 노선경쟁은 바람직하지 않으므로 노선계획시 유의하여야 한다. 연계노선망 형태의 지선 역할을 수행할 경우는 이동성 보다는 접근성이 중요하고 또한 정류장은 주변지역에 미치는 파급효과(상권, 지가 등)가 큰 만큼 정류장입지 선정이 중요하다

(3) 단거리 순환노선 기능

중심업무지구(Central Business District)내의 순환노선 형태로 단거리 노선을 구축하거나, 다른 주요 활동센터(Major Activity Center)와 CBD를 연계하거나, MAC간을 순환하는 독립적인 형태의 교통수단으로서 활용될 수 있다. 이를 위해서는 업무지역 및 중심상업지역 중심의 고밀도 토지이용활용이 필요하며 이러한 밀집지역에 단거리·순환노선으로 바이모달 트램이 운영되므로 인하여 해당 권역의 이용인구 증가를 통해 토지이용 효율화를 도모함으로써 도시기능이 활성화될 수 있다.

표 2. 바이모달 트램 도입시 요구사항

구분	세부항목	문제점 및 요구사항
적용지역 유형	간선교통수단	· 이동성 중심의 표정속도 유지방안이 필요함 · 기존 간선교통수단과의 경합에 대한 고려가 필요함
	대규모 교통시설간 연계	· 교통수단간 운행계획의 통합운영 필요함 · 물류수송체계의 검토가 요구됨
	지하철 연계를 위한 접근교통수단	· 수익성이 높은 노선은 대중교통수단간 노선 배분 및 조정절차가 필요함 · 고가구조물 건설시 일조권, 조망권, 소음, 사생활문제
	대규모 쇼핑유발지역	· 개인교통수단에 준하는 쾌적성, 편리성이 중심 · 쇼핑센터, 멀티플렉스의 유기적인 연결이 가능하여야 함
	특정 권역내 순환 교통수단	· 유관기관 및 관련 시설간 집적효과가 필요한 지역에 도입되는 것이 바람직함 · 정류장 입지에 대한 면밀한 검토가 필요함 · 특정 권역내 이용수요에 대한 정확한 분석이 필요함
	관광지 등 위락시설간 연계	· 특정일에 집중되는 통행수요의 처리가 가능 하여야 함. · 간선교통체계와 위락시설의 연결이 가능하여야 함. · 위락시설내 시설간 연계가 가능하여야함. · 관광자원으로서 바이모달트램의 활용도를 높여야 함
통행목적	출·퇴근 통행	· 수단통행, 환승패턴을 고려한 적절한 노선 길이 및 네트워크의 규모가 결정되어야 함 · 중장거리 중심의 이동성을 고려한 도입전략이 필요함 · 역세권 반경은 400m~500m로 추정. · 침투 및 비침투시 통행수요를 감안한 운영 및 시설계획 수립이 요구됨 · 다양한 시스템 운영전략에 대한 검토가 필요함
	업무통행	· 단거리 업무 밀집지역간 연계수단으로 활용 가능함 · 기존 도로망 활용을 위한 시설물 정비가 필수적임 · 통행행태 분석을 통해 차량의 배차간격이 산정되어야 함
	기타통행 (쇼핑, 친교·개인, 학원 등)	· 화물(짐)수송을 위한 차량구조 고려 · 이동 편의시설의 설치가 요구됨
노선유형	주요 간선교통수단	· 주요 권역간을 직접 연결하고 이동성 중심의 기능 수행
	지선교통수단	· 경쟁노선 지양을 위해, 노선계획시 유의
	단거리 순환노선	· 건축계획 및 단지계획과 유기적인 연계가 필요함.

4. 결 론

최근 저탄소 녹색성장이라는 국가정책기조에 부합하는 교통정책의 일환으로 대중교통활성화를 통한 혼잡감소, 환경오염감소 등이 중요한 이슈가 되고 있다. 하지만 기존의 대중교통시스템 중 버스는 쾌적성이나 정시성과 같은 측면, 도시철도는 막대한 사업비 및 운영비와 같은 경제성 측면의 어려움 때문에 승용차 통행자들을 유인하기에는 한계가 있다.

바이모달트램은 이러한 대중교통시스템의 한계를 극복할 수 있는 차세대 대중교통수단이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 바이모달트램의 실용화를 위하여 도시의 공간구조, 가로망체계, 토지이용형태 등 도시계획적 요소와 바이모달트램의 도시내 대중교통수단으로서의 기능적 요소 등에 기반한 구체적 도입전략을 수립하였다.

분석결과 바이모달트램은 주간선축을 담당하는 간선교통수단 뿐만아니라 도시의 공간구조 및 토지이용형태에 따라서는 지선, 순환노선 등의 대중교통노선으로서의 역할도 훌륭하게 수행해 낼 수 있는 도시계획적 요건이 존재하였다. 또한 바이모달트램은 신교통수단으로서 정시성 등이 강조되는 이동성 뿐만 아니라 쇼핑이나 관광을 위한 통행이 다수 존재하는 지역에서는 해당통행자에 대한 서비스 제공 기능도 충분히 구현할 수 있을 것으로 판단되었다.

향후 바이모달트램 도입을 위한 case study 수행시 본 연구에서 제시한 여러 가지 측면의 도입전략을 기반으로 할 수 있을 것이다. 즉, 도입가능지역에 대한 바이모달트램의 적절한 기능을 부여하고 이에 따른 타교통수단과의 연계체계 등을 수립하는데 해당 도시의 도시계획적 요소를 충분히 반영할 수 있도록 정책분석의 지침이 될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 서울시정개발연구원(2004), “첨단버스체계 BRT 계획과 적용”
2. 대한민국토·도시계획학회(2007), “도시계획론 -이론과 실제-”
3. 한국철도기술연구원(2007), “일본의 신교통시스템”
4. 한국철도기술연구원(2008), “신에너지 바이모달 수송시스템 교통부문 지원기술개발”
5. 한국철도기술연구원(2008), “신에너지 바이모달 저상골절차량 시스템의 국내도시 적용성 검토”
6. 한국교통연구원(2008), “신에너지 바이모달 수송시스템 교통부문 지원기술개발”
7. 윤희택 외(2008), “대중교통체계에서 바이모달 트램의 기능과 역할”
8. 대한민국토·도시계획학회(2008), “지속가능한 사회를 위한 도시의 계획과 관리”