

소형궤도차량(PRT)의 국내 적용시 정책적 검토 사항 연구 A Study on the Possibilities of PRT Applications

이진선[†] · 김경태*

Jin-sun Lee · Kyoung-tae Kim

Abstract PRT(Personal Rapid Transit) can be described as a system of driverless taxicabs, that automatically take passengers to their destinations along dedicated guideways, without intermediate stops. It is ideally suited as a short feeder transportation for on-demand circulation operations at train stations, airports, office complex, amusement park and shopping center. This PRT study do suggest that a PRT system could provide a high level of mobility to the commuters making work trips, workers making work, shopping and other non-work trips, residents making shopping and other non-work trips and recreational riders. This study presents the possibilities of PRT applications in national level. As the technology continues to advance, there may be opportunities to improve the reliability, and efficiency of our future public transportation systems.

Keywords : PRT(Personal Rapid Transit), Public Transportation, Feeder Transportation, Demand Responsive Service

요 지 소형궤도차량(PRT)은 무인자동운전으로 중간역 정차 없이 궤도를 따라 운영되는 시스템이다. PRT는 교통 체계내에서 철도역, 공항, 업무복합지구, 관광위락시설 및 쇼핑시설 등에서 교통상황에 따라 수요에 부응하는 지선교통 체계로서의 역할에 적절하다. 이러한 PRT시스템은 대규모 교통시설간, 지선교통체계와 간선교통체계간, 중심업무지구 내 일정 범위 안에서 또는 위락시설간 통행자들을 위한 교통수단으로 적절히 활용될 것으로 전망된다. 본 논문은 신교통시스템으로서 대중교통수단의 다변화에 기여할 수 있는 PRT시스템의 특성을 고려하여 PRT시스템의 적정 지역 선정 을 위한 정책적 검토 사항을 모색하였으며, 지속적인 기술의 발전을 통해 PRT가 대중교통시스템내에서 신뢰성과 효율 성을 확보할 것으로 기대한다.

주 요 어 : PRT 시스템, 대중교통, 지선교통체계, 수요에 부응하는 서비스

1. 서 론

도시화의 발전 속도가 가속화되면서 교통체증의 전일화 현상은 경제활동에 치명적인 영향을 미치고 있으며, 기존 교통시스템만으로는 이러한 만성적인 교통문제 해결의 접근이 어렵다고 판단되어 추가적인 교통시스템의 필요성은 대부분 공감하고 있다. 미국에서 최초로 개발된 소형궤도 차량(이하 PRT)은 자동차를 대체할 수 있는 미래형 교통수 단으로 늘어나는 교통수요와 차량, 환경 및 에너지 문제의 해결에도 적절히 대처할 수 있는 신교통시스템이다.

현재 PRT는 이런 관점에서 그 실효성이 기대되는 시스

템으로 이미 미국, 일본, 영국 등 선진국을 중심으로 기술 개발이 진행되어 왔다. 다만, 국내·외적으로 실제로 운행 된 사례가 없고, 국내에 PRT의 선정 범위와 적용기준이 없 으므로 적용성에 관한 깊이 있는 연구가 필요하다. 교통량 이 심각한 대도시에서는 대량의 교통수요를 감당하기 위해 빠르고 대용량인 교통수단이 필요하다. 일반적으로 인구가 1백만 이상인 도시에서는 도시철도 도입이 가장 효율적인 방안으로 제시되고 있으나, 지하철 건설은 막대한 사업비 와 효율적인 운영이 필수적으로 요구되고 있어 사업비 절 감을 통한 용량처리가 가능한 교통수단으로서 PRT시스템 의 가능성을 타진해 보고자 한다. 본 논문에서는 대중교통 시스템 차원에서 PRT의 개념 및 역할을 정립하고, 국내에 서의 PRT시스템 적용시 정책적인 검토 사항을 정성적 측 면에서 분석하고자 한다.

[†] 책임저자 : 정회원, 우송대학교 철도경영학과 교수

E-mail : jinsun@wsu.ac.kr

TEL : 042-630-9192 FAX : 042-630-9779

* 한국철도기술연구원, 선임연구원

2. 소형궤도차량(PRT)의 정의 및 특성

PRT는 소형전철인 APMs(Automated People Movers) 중 하나로 분류되며, 고정된 스케줄과 궤도를 따라 운행되고 수송용량은 대략 차량당 3~4명을 처리할 수 있는 교통수단으로 정의한다. 일반적으로 APMs는 미국 시애틀, 달라스, 마이애미 등의 공항에서 단순히 이용자의 이동을 목적으로 도입된 소형전철 교통수단이다. 이 지역의 운영사례를 보면 상당히 성공적인 것으로 보이지만, 여러가지 이유로 인해 APMs(특히 PRT와 같은 형태)는 실제 교통수단으로 많이 받아들여지지 않았다. 당시의 이유는 재정지원에 관한 문제와 이용효율의 비효율성에 있었다.

표 1. 소형궤도차량(PRT)의 일반제원

| 구분 | 제원 |
|-------|---------------|
| 길이 | 3400mm |
| 폭 | 1650mm |
| 높이 | 990mm |
| 공차중량 | 2041kg |
| 최대적재량 | 408kg |
| 탑승인원 | 1~4명 |
| 도어유형 | 슬라이딩 |
| 개폐시간 | 각 1.5초 |
| 비상시탈출 | 전방유리문 |
| 소재 | 파이바(fiber)글래스 |
| 유리창 | 승용차용 안전유리 |
| 온도조절 | 자동냉난방 및 공조시스템 |
| 통신 | 스피커/모니터 |
| 긴급통신 | 내부전화 |

자료출처 : 『경량전철 개발추이와 도입방안』 교통개발연구원, 1997

초창기의 PRT는 개념 자체가 매우 불분명하였을 뿐만 아니라 시스템에 대한 검증의 부적절함과 기존 교통체계에

서의 변화에 매우 수동적이었기 때문에 PRT를 대중화하는 실패한 원인으로 작용하였다.

실제적으로 PRT는 완전무인자동운전인 궤도차량으로 실제 운영상 24시간 이용가능하며, 혼자 혹은 작은 그룹으로 독립된 이용이 가능한, 가볍고 슬림한 궤도구조물이다. 고가, 지상 및 지하에 건설이 가능하며, 복선화된 네트워크에서 모든 궤도와 역을 이용할 수 있으며, 역의 위치가 건물내 또는 지상부에 설치 가능하므로 연계의 편리함이 있다.

PRT는 출발지에서 목적지까지 환승이 없으며, 고정된 스케줄보다는 수요에 부응하는(demand responsive) 서비스로 승객요구에 따른 배차로 수요에 탄력적으로 적용이 가능하여 에너지 효율을 높일 수 있는 장점을 가진다. 배차간격도 1초~3초의 시격을 가지고 있어 경전철과 버스의 중간 규모의 수송량을 가진다. 예를 들어 미국 버지니아주 Morgantown의 PRT시스템(GRT)은 협소한 도로폭원과 급경사 등을 극복하고 극심한 교통혼잡을 해소하기 위해 도입된 교통수단으로 버지니아 대학의 통학·통근의 주요교통수단으로 이용되고 있다.

표 2. 소형궤도차량(PRT)의 역사시설에 따른 서비스규모

| 역내 탑승구수 (개소) | 플랫폼 길이 (m) | 평균 탑승시간 (초) | 시간당 도착차량 (대) | 시간당 최대수송 능력 (명) |
|--------------|------------|-------------|--------------|-----------------|
| 3 | 14.40 | 15.0 | 576 | 2,304 |
| 9 | 43.20 | 17.2 | 1,506 | 6,024 |
| 15 | 72.00 | 20.0 | 2,160 | 8,640 |

자료출처 : 『경량전철 개발추이와 도입방안』 교통개발연구원, 1997

PRT의 연구는 미국, 영국, 독일, 프랑스, 일본을 비롯하여 국내에서도 연구가 진행되었다. 표 3은 개발이 진행되었거나 진행 중인 PRT의 개념 및 특징을 요약한 것이다.

표 3. 소형궤도차량(PRT)의 개념도 및 특징


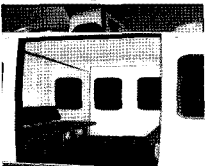
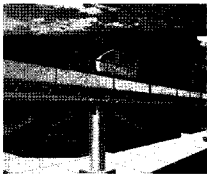
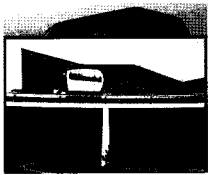



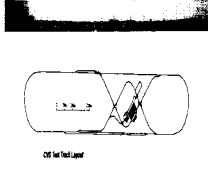
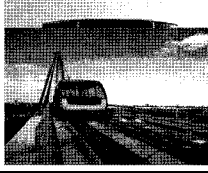
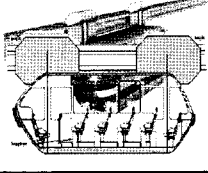
| 구분 | 특징 | 구분 | 특징 |
|--|---|---|---|
|  <p>Cabintaxi</p> | <ul style="list-style-type: none"> 차량: 여객, 화물 속도: 36km/h 역간거리: 0.3-0.8km 차두간격: 2.5초 수요 대응형 Non-Stop 운행 시스템의 완전자동화 낮은 소음 |  <p>MegaRail</p> | <ul style="list-style-type: none"> 차량: 여객용, 화물용 속도: 30~60mph 무인운전 도시내부의 선로를 통해 컨테이너 운송 대량화물의 선적, 운송, 하역까지 서비스 가능 |

표 3. 소형궤도차량(PRT)의 개념도 및 특징(계속)

| 구분 | 특징 | 구분 | 특징 |
|--|--|--|---|
|  <p>PRT 2000</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 화물운송 가능 · 인간 친화적 · Non-Stop 운행 · 24시간 운행 · 경제적 운영·유지비용 · 환경친화적 |  <p>Vectus</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 무인운전형태 · 3~5명의 승객 탑승 · 독립된 궤도와 네트워크에서 운행 · 수요대응형 · Non-Stop 운행 |
|  <p>Taxi 2000</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 속도: 32-80km/h · 역간거리: 약 0.8km · 차두간격: 0.5초 · 노선용량 7,200대/시 · 역용량 2,000대/시 · 구매 15% · 악천후시 운행 가능 · 장애인, 노약자 배려 |  <p>Korean Skycar PRT</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 3인승 · 속도: 45~60km/h · 차두간격: 0.5초 · 최대용량: 7,200대/시 · 평균용량: 6,000대/시 |
|  <p>ULTra PRT</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 속도: 40km/h · 차두간격: 0.5초 · 노선용량 1,800대/시 · 구매 15% · Non-Stop 운행 · 낮은 운행비 · 낮은 건설비 · 환경친화적, 최대 4인승 |  <p>CVS</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 궤도: 1자 범의 강철형 · 최대구매: 10% · 최소곡선반경: 5m · 여객, 화물 · 공기압축식 고무타이어 · 평균속도: 40km/h · 최대속도: 80km/h · 차두간격: 1초 |
|  <p>Frog (CyberCab)</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 차량속도: 11km/h (관광객 고려) · 차두간격: 24초 · 용량: 양방향 600명/시 |  <p>SkyCabs</p> | <ul style="list-style-type: none"> · 짧은 여행시간 · 대기시간의 축소 · 비피크시 서비스 효율화 · 경량의 다양한 구조 · 낮은 비용 |

자료출처 : 『소형궤도열차시스템의 적용성 검토 연구』 한국철도기술연구원, 2006

3. 대중교통체계에서 PRT의 기능 및 역할

PRT는 경전철보다 규모가 작고 공사비가 상대적으로 저렴하며, 독자적인 궤도시스템을 가지고 자동으로 운행되는 교통시스템이다. 경량전철과 PRT의 경제성을 비교한다면, 건설비 측면에서 PRT가 경전철의 1/6정도로 월등히 낮고, 중간정차를 하지 않기 때문에 경량전철보다 에너지 운영효율이 뛰어나 유지비용 감소효과를 기대할 수 있다. 또한 부지소요 면적이 적어 용지보상비 면에서도 기존의 시스템과는 달리 적은 예산이 소요된다. 또한 PRT는 고가로 건설되기 때문에 시스템의 도입으로 인한 도로잠식률이 가장 적은 시스템으로 도로용량 저하에 대한 우려를 해소할 수 있다. PRT는 또한 시스템의 확장성이 용이하여 지하 건설시 네트워크의 변경이 불가능한 경량전철보다 향후 수요에 기민하게 대처

할 수 있어 효율적인 교통시스템으로 매연과 소음, 진동이 없는 미래지향적이고 친환경적인 교통수단이라고 할 수 있다.

이처럼 PRT는 도로여건과 지리·환경적인 요인을 극복할 수 있는 대중교통시스템으로 극심한 도로정체와 대중교통수단의 혜택이 열악한 지역에 특히 효과적이다. 지금까지 교통수단은 주로 광역간의 이동수단 및 개인교통수단의 기술개발에 치중되어 왔다. 또한 대중교통정책은 교통수단의 추가적인 도입보다는 도로 기반시설의 확장에만 주력하여 도로의 혼잡을 감소시킬 만한 현실적인 대안이 되지 못하고 있다.

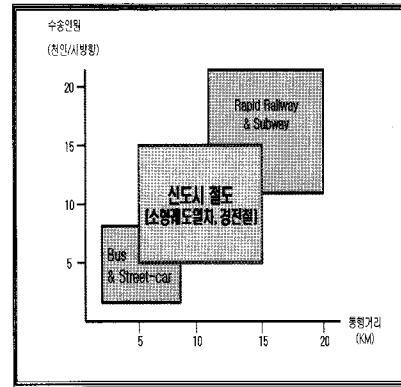
따라서 PRT는 대중교통수단의 다변화에 기여할 것으로 보이며, PRT의 특성상 경량전철과 버스의 중간규모로서, 대규모 교통시설간 효율적인 연계, 지선교통체계와 간선교통체계의 연결, 중심업무지구내 일정 범위 안에서의 지역

적 연계 및 위락시설간 연계교통수단으로 활용이 가능할 것으로 전망된다.

일반적인 승용차이용자의 평균통행거리를 고려한다면, PRT 운행시의 공간적인 범위는 반경 약 5~10km미만일 것으로 판단된다. 또한 도보로 지하철을 이용할 수 있는 거리를 역을 중심으로 400~500m의 반경으로 설정하였을 때 역간 거리가 200m로 지역순환 노선으로 설정한다면 이용객의 편의를 크게 증진시킬 것으로 판단된다. PRT는 차로 이동하기에는 적절한 거리이지만 주차여건이 좋지 않은 그러한 교통의 사각지대에 설치되는 것이 적정하며, 이는 교통유발시설의 차량 집중도를 고려한 주변 교통체계 중심으로 네트워크설계가 가능하다.

현재 도시교통정비촉진법에 의하면, 지방자치단체는 교통혼잡을 유발하는 시설물을 교통혼잡 특별시설물로 지정해 관리하도록 하면서 규제관리방안 등 세부시행을 조례로 정하도록 되어 있다. 서울시는 조례개정을 통해 앞으로 일정한 교통혼잡을 유발하는 시설물에 대해서는 특별 관리하겠다는 입장을 가지고 있다. 이러한 특별관리 시설물들에 대해 조례개정을 통한 강제제재보다는 자율적인 대안을 마련할 수 있도록 다양한 방안을 제시해 주는 것이 필요하다. 이에 교통유발분담금을 지속적으로 납부하기보다는 교통혼잡 특별시설물 주변에 통행체계를 고려한 PRT시스템의 설치를 통해 단거리 교통혼잡을 PRT로 흡수하는 방안에 대한 검토가 필요하다.

PRT는 일반적인 대중교통수단과 마찬가지로 도시 지역의 주교통수단과 접근교통수단으로써의 역할을 할 수 있다. PRT는 승용차를 완벽하게 대체할 수는 없지만 아주 적은 면적의 토지를 점유함으로써 기존 대중교통수단보다 토지이용의 효율화 측면에서 효과적인 시스템이라 할 수 있다.



자료출처: 『신 도시철도시스템 특성비교 연구』 교통개발연구원, 1992
 그림 1. 신도시철도시스템의 적용 범위

표 4. 소형궤도차량(PRT)과 타교통수단 비교

| 구분 | 지하철 (중량전철) | 경량전철 | 소형궤도차량(PRT) |
|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 건설비(억원/km) | 900 | 400-600 | 110 |
| 탑승인원(인/량) | 150-160 | 40-80 | 1-6 |
| 수송용량 (인/시간*방향) | 20,000-40,000 | 10,000-20,000 | 10,000-15,000 |
| 차량운행간격 | 2-3분 | 0.5-2분 | 1초 |
| 정거장간 거리(m) | 1,000 | 800 | 200 |
| 운행속도(km/h) | 30-35 | 35-40 | 45-60 |
| 요금수준 | 중 | 대 | 소 |
| 환경오염 | 중 | 중 | 소 |
| 정시도착예측 | 양호 | 양호 | 양호 |

4. 소형궤도차량(PRT) 도입시 요구사항

PRT의 도입을 위해서는 기본적으로 일정한 요구사항을 충족하여야 한다. 요구사항은 적용지역 유형별, 통행목적별 요구사항과 물리적인 시설 측면에서의 요구사항, 관리 및 운영상의 요구사항 등으로 구분할 수 있다. 표 5는 PRT를 도입하기 위해서 고려하여야 할 항목과 도입시 문제점 및 요구사항을 정리한 것이다.

표 5. 소형궤도차량(PRT) 도입시 요구사항 분석

| 구분 | 세부 항목 | 문제점 및 요구사항 |
|---------------|-------------------|--|
| 적용지역 유형별 요구사항 | 대규모 교통시설간 연계 | <ul style="list-style-type: none"> 교통수단간 운행계획의 통합운영 필요함. 물류수송체계의 검토가 요구됨. |
| | 지하철 연계를 위한 접근교통수단 | <ul style="list-style-type: none"> 수익성이 높은 노선은 대중교통수단간 노선 배분 및 조정절차가 필요함. 주택지역 운행시 일조권, 조망권, 소음, 사생활보호문제 발생이 가능함. |
| | 대규모 쇼핑유발지역 | <ul style="list-style-type: none"> 건설, 운영, 관리주체 규정 필요. 개인교통수단에 준하는 쾌적성, 프라이버시가 보장되어야 함. 쇼핑센터, 멀티플렉스의 유기적인 연결이 가능하여야 함. |
| | 업무지역/캠퍼스내 연계 교통수단 | <ul style="list-style-type: none"> 유관기관간 집적효과가 필요한 지역에 도입되는 것이 바람직함. 역사는 건축물 내부 건설이 바람직함. 역사의 건설, 운영, 유지·관리 주체에 대한 규정이 필요함. |

표 5. 소형궤도차량(PRT) 도입시 요구사항 분석(계속)

| 구분 | 세부항목 | 문제점 및 요구사항 | | | |
|----------------|-----------------------|--|--|----------|--------------------------|
| 적용지역 유형별 요구사항 | 관광지 등 위락시설간 연계 | <ul style="list-style-type: none"> · 특정일에 집중되는 통행수요의 처리가 가능 하여야 함. · 간선교통체계와 위락시설의 연결이 가능하여야 함. · 위락시설내 시설간 연계가 가능하여야함. · 다양한 수송능력을 갖춘 차량이 요구됨. | | | |
| 통행목적별 요구사항 | 출·퇴근 통행 | <ul style="list-style-type: none"> · 수단통행, 환승패턴을 고려하여 적절한 노선 길이 및 네트워크 규모가 결정되어야 함. · 역세권 반경은 400~500m로 추정. · 침두시 통행수요를 감안한 운영 및 시설계획 수립이 요구됨. · 역사의 용량보다 많은 차량이 역내 진입시 운영처리 방안이 요구됨. · 역사 출입구와 타 교통수단의 출입구 및 정류장은 공간적 분산 배치 필요함. | | | |
| | 업무통행 | <ul style="list-style-type: none"> · 단거리 업무 밀집지역간 연계수단으로 활용가능함. · 역사는 기존 건물로 흡수되어 건설 · 통행행태 분석을 통해 차량규모 산정되어야 함. | | | |
| | 기타통행(쇼핑, 친교·개인, 학원 등) | <ul style="list-style-type: none"> · 화물(집)수송을 위한 차량구조 고려. · 이동 편의시설의 설치가 요구됨. | | | |
| 물리적 시설 요구사항 | 역사 및 정류장 | 고가정류장 | <ul style="list-style-type: none"> · 이용객의 안전을 고려해 일관성 있는 형태를 유지하여야 함. · 차량기지, 차량대기 장소 등의 공간 확보 및 공차운영 계획이 고려되어야 함. | | |
| | | 건물내 정류장 | <ul style="list-style-type: none"> · 차량회차 계획이 고려되어야 함. · 고장차량 발생시 유인공간 및 정비공간 확보가 가능하여야 함. | | |
| | | 노면정류장 | <ul style="list-style-type: none"> · 역사용량에 영향을 미치는 요소별 분석을 통해 효율적인 역사 선정 필요함. · 중앙버스차로 버스정류장과 연계 방안 검토 필요함. | | |
| 물리적 시설 요구사항 | 지지기둥의 설치 위치 | | <ul style="list-style-type: none"> · 지지기둥의 설치 간격 검토 필요함. · 지지기둥의 인성(강도)에 대한 보고가 요구됨. · 지지기둥의 설치 위치 검토 요구됨. · 지하매설물에 의한 영향 검토를 위해 필요 하중검토가 필요함. · 가이드웨이가 교차로를 횡단 할 경우 교통안전시설물에 대한 재정비가 필요함. · 경사가 급한 지역의 도입 가능성에 대한 기술적 분석 요구됨. · 주변경관에 대한 고려가 필요함. · 고가구조물에 대한 부정적인 시각 해소. | | |
| | | | 노선 유형 | 지선교통수단 | · 경쟁노선 지양을 위해, 노선계획시 유의. |
| | | | | 단거리 순환노선 | · 건축계획과 유기적인 연계가 필요함. |
| 관리 및 운영상의 요구사항 | 요금체계 | <ul style="list-style-type: none"> · 적용지역과 특성에 따른 요금체계 고려. · 신분확인이 가능한 무인발권 방법 고려. | | | |
| 운영상의 요구사항 | 유고상황 및 안전대책 | <ul style="list-style-type: none"> · 유고상황에 대한 상황별 시나리오 설계 · 승강장의 제한된 이용효율은 사고 위험성 내재 · 비상시 승객 탈출통로와 행동요령 요구됨 · 차량의 충돌, 탈선, 전복에 대한 안전대책이 필요함. | | | |
| 기타 요구사항 | | <ul style="list-style-type: none"> · 전체 시스템의 운행 중단시 승객수송 계획 필요함. · 입체시설이 밀집된 지역은 보행자에게 enclosure 느낌을 줄 수 있음. · 자전거 거치 공간 및 이동 편의시설 검토. · 가변정보안내시스템은 다양한 정보를 제공하여야 함. | | | |

5. 소형궤도차량(PRT) 적용지역 선정

소형궤도차량을 국내에 도입하기 위해서 가능한 지역을

선정하기 위한 절차가 필요하다. 본 논문에서는 다음과 같이 적용 가능지역의 특성 및 유형을 구분하고, 대상지역의 선정 방법 및 범위를 설정한 후, 대상지역 선정기준을 정립

하여 대상지역을 선정하는 절차를 제안한다.

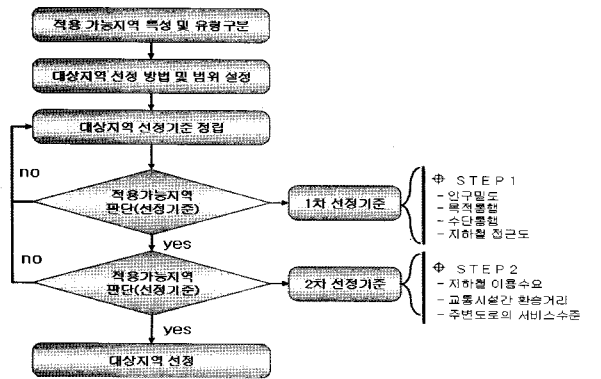


그림 2. 적용지역 선정 흐름도

PRT시스템의 특성을 고려해 볼 때, 지역특성과 적용 목적에 따라 적용지역의 유형을 표 6으로 분류 가능하다고 본다. PRT의 도입은 대중교통시스템을 주로 이용하는 일반 이용자들에게 접근교통의 기반시설 공급을 추가함으로써 서비스의 질을 향상시키고 동시에 지역발전의 기틀을 마련할 수 있는 계기로 삼을 수 있다. 또한 지하철 연계 수단은 크게 승용차(P&R, K&R), 택시, 마을버스, 자전거 및 도보로 분류되는데 또 하나의 연계교통수단으로 PRT적용이 검토될 수 있다.

표 6. 소형궤도차량(PRT) 적용의 유형별 특성

| 유형 | 특성 |
|----|---|
| A | 대규모 교통시설간 연계가 필요한 지역으로 철도역과 버스터미널, 지하철역과 공항터미널 등 교통시설이 밀집지역에서 교통시설간 효율적인 연계가 필요한 유형 |
| B | 근거리 지하철 연계를 위한 접근교통수단으로써의 지선교통체계 역할 |
| C | 주거지와 쇼핑유발지역 연계 및 대규모 쇼핑유발지역의 단거리 통행하는 승용차 유입이 상대적으로 많은 지역으로 대중교통의 관점에서 차량 밀도를 낮추고 수송력을 증강시킬 수 있는 지역 |
| D | 중심업무지역으로서 업무지역내의 일정 범위안에서 출·퇴근 피크시간에 교통수단을 분산시키고 업무지역간 연계가 필요한 지역 |
| E | 관광지 등 위락시설의 이용자와 위락시설간 연계가 필요한 지역 |

5.1 대상지역 선정방법 및 범위 설정

PRT에 대한 국내·외의 많은 연구개발에도 불구하고 대상지역 선정은 도시철도 지선 기능 수행지역, 신규 교통수요 발생지역, 빈번한 단거리 통행 발생지역, 특수통행 발생지역 등으로 한정되어 왔다.

- 시스템 특성상 간선(Trunk)체계와 지선(Feeder)체계의 연결성 고려
- 공공성을 중시하는 대중교통체계의 하나의 시스템
- 일정 규모이상의 승·하차인원
- 열악한 접근교통체계
- 목적통행의 다양성
- 낮은 접근교통수단의 통행비용
- 주변 도로의 지체도 및 서비스 수준 고려
- 지하철 접근도(서비스수준)를 고려

적용 가능지역 검토 기준은 사회경제적 측면과 교통(통행)측면으로 크게 나누어 볼 수 있는데 사회경제적 측면에서는 인구밀도 및 고용밀도, 경제 활동, 타지역과 구별되는 토지이용 등이 중요한 비중을 차지하며, 교통(통행)측면에서는 기존 대중교통수단의 활용성 및 효율성, 연계성, 수단분담률, 도로지체도, 지하철 접근도 등이 고려되어야 한다.

사회경제적 측면과 교통(통행)측면의 분류는 다시 크게 1차적인 선정 검토항목과 2차적인 선정 검토항목으로 분류될 수 있다. 1차 항목으로는 인구밀도, 목적통행, 수단통행량, 지하철접근도에 따른 서비스수준 및 미연결구간 등에 대한 고려가 가능하며, 2차 항목으로는 지하철이용객수, 지하철역과 대중교통수단간의 긴 환승거리, 열악한 버스시설 접근도 항목에 대한 고려가 가능하다.

5.2 대상지역 선정 기준 정립

대상지역 선정 기준은 단계별로 설정되었으며, 각 단계별로 세부기준은 아래와 같다.

5.2.1 대상지역 선정기준 (1단계)

1단계에서는 인구밀도, 목적통행, 수단통행량, 지하철 접근도에 따른 서비스수준, 미연결 구간을 고려하였다.

우선 일반적으로 새로운 교통수단의 도입시 가장 중요한 요소로 고려되는 것은 인구밀도이다. PRT의 적용시 지역의 크기는 총체적인 자료들을 바탕으로 판단해야 하는데 인구밀도, 경제적 자립도, 면적 및 산업별 종사자 등이 고려된다. 인구밀도를 이용해 개략적인 비교 검토를 함으로써 다른 분류 기준들과의 유사성을 판단할 수 있고, 인구밀도가 유사한 지역을 대상으로 다른 요소들과 상호 연관성을 찾고 여러 조건들과 일치하는 지역을 선정함으로써 지역의 규모가 크게 차이나지 않는 범위 내에서 대상지역을 선정하는 것이 가능하다. 인구밀도에는 총밀도, 순밀도, 시가화밀도가 있는데 자료 이용이 가능한 총밀도(총면적 대비 인구수)를 기준으로 상대적인 활동범위나 잠재적인 대

상지역의 크기를 예상할 수 있다고 본다. PRT의 경우, 인구밀도가 높거나 낮은 경우에도 적용성에는 무리가 없는 시스템으로 도심 집중시 교통량의 분산처리가 가능하고, 인구밀도가 낮거나 인구가 많지 않은 지역에서도 가능한 교통수단이라 할 수 있다. PRT 차량의 정원은 적지만, 통행인원이 늘어날수록, 필요 차량이 시스템상에서 지속적으로 제공될 수 있는 기술적인 문제들이 해결되면서 침두시 대응량처리능력이 가능해졌기 때문이다.

두 번째, 통행의 목적은 통행수단을 결정하며 지역민의 사회활동의 흐름을 파악할 수 있다. 각 목적통행의 비율이 타 지역에 비해 상위에 분포되어 있으면서 다양한 목적통행이 분포하는 지역을 중심으로 검토한다. 어느 지역의 목적통행구성비가 전체 지역의 목적통행 구성비 중에서 평균값 이상이고, 비교적 통행목적이 다양하게 분포되어 있는 지역이라면 통행수요가 많고 통행특성이 다양한 것으로 간주하여 신교통수단의 도입시 수요경쟁력이 있다고 볼 수 있기 때문이다. 이는 통행목적이 다양할수록 통행발생량은 많아지고 교통수단선택의 기회도 많아진다는 논리에 기반을 둔다. 목적통행은 이용자의 통행목적에 따라 통행시간대, 교통수단, 유동인구 등을 예측해 볼 수 있고 지역민의 전반적인 사회활동 패턴을 알 수 있는 자료로 활용될 수 있기 때문이다.

목적통행 발생수는 발생통행량과 도착통행량으로 구분하는데, 간선기능을 연계한 지선기능의 교통수단 확충은 발생통행량과 도착통행량의 구성 분포의 차이는 어느 정도 있겠지만, 유동적인 외부 유입 교통량이나 도착교통량을 기준으로 하기보다는 지역의 발생교통량을 측정함으로써 비교적 고정적인 통행량을 예측할 수 있다는 가정 하에 각 지역의 발생통행량을 기준으로 통행특성을 파악할 수 있다고 본다.

세 번째, 수단통행량은 교통수단의 분담률을 알 수 있는 지표로써 승용차보다 대중교통의 수단분담률이 높은 지역을 우선적으로 고려 대상으로 한다. 실제로 수단분담률이 높으면 어느 정도 수송효율이 뛰어난 것으로 알려져 있지만 환승여건이나 접근교통수단의 비율을 고려하지 않고 효율성을 단순히 수단분담률만으로 판단할 수는 없다.

그러므로 특정지역내의 대중교통의 수단분담률이 높으면 수송효율이 높다고 판단하기에는 다소 무리가 있으며, 수송효율은 객관적인 지표(도로율, 지체도, 교통수단의 정시성, 안전성 등)와 더불어 승객의 서비스 만족도(객차·차량내 혼잡도, 좌석률 등)가 함께 고려되어야 하므로 대중교통수단은 다양함에도 불구하고 수송인원이 많거나 기반시설의 구조상 정체 및 지체가 심하여 대중교통수단이 본래의 기능을 발휘하지 못할 경우 수송효율이 떨어질 뿐만 아

니라 승객의 서비스 만족도 역시 현저하게 저하됨을 인지해야 한다.

수단통행량은 통행목적에 따라 결정되는 것으로 교통수단분담형태를 알 수 있는 지표로써 대상지역 선정에 있어 중요한 역할을 한다. 대중교통 수단분담률의 구성비가 높으면 수송효율성이 양호한 것으로 판단할 수 있으나, 수송효율성을 파악하고자 할 때에는 목표로 삼는 지역의 각 지하철역 접근교통수단 및 주변 도로여건을 파악하고 인구밀도, 그 밖의 다른 지표들과 총체적으로 검토해야 한다.

지하철 및 철도의 분담률은 평균 이상인데 반하여 상대적으로 버스의 수단분담률이 평균에 미치지 못하는 지역, 승용차, 택시 등 개인교통수단의 분담률이 상대적으로 낮은 지역이면서 도로, 버스, 기타수단 등의 분담률이 높은 것으로 나타나는 지역은 대중교통수단의 추가 확충이 필요한 지역으로 판단할 수 있다. 따라서 이러한 형태의 분포가 나타나는 지역은 교통수단 선택의 폭이 좁은 지역으로 우선적으로 PRT 적용가능한 고려 대상으로 선정할 수 있다.

또한 지하철 이용객수는 전체 수단분담률의 평균 이상을 상회하는데 반해 지하철과 연계되는 버스의 분담률이 평균 이하로 나타난다면 이는 연계교통시스템의 확충의 필요성을 의미한다고 볼 수 있다. 그러나 대중교통시스템이 비교적 잘 구축되어 있는 지역이면서 승용차의 수단분담률이 상위에 있는 지역이라면, 기반시설의 확충보다는 교통체계 관리(TSM)와 교통수요관리(TDM)측면에서 접근될 수 있다. 또한 개인교통수단의 수단분담률이 낮으면서 도로, 버스, 기타 수단의 분담률이 높은 지역에도 PRT 도입을 고려할 수 있는 지역으로 볼 수 있다.

네 번째, 지하철역과 인접한 도로의 서비스수준을 고려함으로써 지하철역을 중심으로 PRT시스템의 접근 여부에 대한 판단이 가능하다. 대중교통수단이 가지고 있는 취약점인 접근시간과 대기시간의 감소 노력을 통해 승용차 이용자의 수단애호도(loyalty)를 감소시킬 수 있기 때문이다. 접근시간과 대기시간을 감소시킬 수 있는 방안은 접근에 따른 서비스수준이 열악한 지역에 PRT차량의 다량 편성을 통해 빈도극대화를 통한 운행의 신뢰성확보가 가능하다. 이 경우 도로지체도가 높은 지역을 우선 고려 대상으로 하되 위의 여러 기준들과 함께 총체적인 판단이 이루어져야 한다. 인접한 도로의 서비스수준은 신호교차로의 서비스수준과 가로구간의 서비스수준을 함께 고려해야 한다. PRT는 기존 대중교통수단의 불편함을 제고하고 편리성을 증진함과 동시에 빠른 수송력으로 개별교통수단 못지않은 서비스를 제공하는 수단이므로, 접근 교통서비스의 혜택이 열악한 지역을 우선적으로 고려한다면 PRT의 도입으로 인한 파급효과

를 극대화할 수 있고, 지역의 특성화에 기여할 수 있다고 본다.

5.2.2 대상지역 선정기준 (2단계)

지역내의 열악한 접근교통체계와 교통시설간 연계성(환승시간, 환승거리, 버스시설의 접근도)을 고려하여 적용 대상지역의 선정이 가능하다. 지하철에서 버스, 지하철에서 지하철로의 환승여건 상태를 조사하는 것으로 환승거리, 환승시간 및 지하철역 주변으로의 버스시설접근도의 조사 방법을 제안한다. 교통시설간 연계성에서 고려되어야 할 항목은 지하철과 지하철 연계의 경우는 환승시간이나 환승거리 또는 교통약자를 위한 기반 시설의 유무 등이 측정 지표로 활용되어야 하며, 지하철과 버스의 환승은 지하철에서 내려 버스로 환승하는데 걸리는 시간 또는 거리, 이용객 수 및 버스시설 접근도 조사가 필요하다. 또한 지하철 이용 수요가 높은 지역을 우선적으로 고려하여 승하차수요에 따라 다양화된 차량편성으로 지하철과 연계한 지선교통수단으로서 PRT의 이용이 가능할 수 있다.

6. 적정 대상지역에 대한 사례 조사

표 6의 5가지 유형 중에서 PRT적용을 위한 유형별 특성 중 구현가능한 시범사례로서 유형B의 지하철 연계를 위한 접근교통수단으로서의 PRT역할에 초점을 맞추고 대상지역 선정을 검토해 보고자 한다.

1차 선정검토항목(인구밀도, 목적통행, 수단통행량, 지하철 접근도에 따른 서비스수준, 미연결구간 여부)에 의해서 서울시 25개 자치구 중에서 강남구, 관악구, 노원구, 서초구, 송파구, 영등포구의 6개 구를 선정하였고, 2차 선정검토항목(지하철이용객수, 지하철역과 대중교통수단간의 환승거리, 열악한 버스시설접근도)에 의해서 관악구의 신림역, 서울대입구역, 낙성대역, 봉천역, 신대방역, 영등포구의 영등포역, 여의도역, 영등포구청역, 서초구의 양재역, 남부터미널역, 노원구의 노원역의 11개 지하철역을 우선적으로 선정하였다. 최종 대상지역으로 선정된 11개 전철역 중에서 2개 전철역(신대방역, 신림역)과 인접하고 있으며, 주변 교차로와 인접도로의 도로 서비스수준이 가장 열악한 지역인 난곡지구를 PRT 적용을 위한 적정 지역으로 선정하였다. 추후 난곡지역을 대상으로 한 정량적인 분석이 이루어진다면, 대상지 주요교차로와 통행속도, 버스 승하차 조사 등을 통해서 PRT 노선대안의 설정이 가능하며, 개인통행실태조사와 SP조사를 통해서 PRT 수요로의 전환을 산정 및 장래 대상지역의 인구 및 종사자수를 예측하여 축분석법에 의한 PRT 수요 예측이 가능하다고 본다. 난곡지구의

특성상 일반적인 교통영향권역을 500m로 한정하게 될 경우에는 난곡지구의 도로교통 여건이 열악한 점을 고려할 때 영향권역 확대 가능성도 검토할 필요가 있다고 판단된다. 또한, 대상지역으로 판단되는 난곡지구에서 PRT 이용에 따른 통행의 안전성, 쾌적성, 좌석보장 등에 따른 편익의 계량화 방안 분석도 필요하다. 예를 들어, 노선을 연장하여 신대방역과 주요통행발생 지점인 백화점, 공원으로의 연계를 통해 노선을 구축(노선연장 8.38km)한다면, 보다 많은 이용자와 사회적 편익의 도출이 가능할 것으로 판단할 수 있기 때문이다.

7. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 신교통시스템으로서 PRT의 개념과 역할에 대한 분석을 수행하였으며, 대중교통수단의 다변화에 기여할 수 있는 PRT시스템의 특성을 고려하여 PRT시스템의 적정 지역 선정을 위한 정책적 검토 사항을 모색하고자 하였다. PRT가 적용가능한 지역은 목적통행발생수가 높은 지역이면서 통행목적의 다양하게 분포한 지역으로 수단통행 발생수가 높은 지역 위주로 하여 버스와 지하철 등 대중교통의 수단분담 관계를 고려하는 방안을 제시하였다.

엄청난 사업비가 요구되는 도로확장보다는 협소한 부지면적을 차지하면서 현재의 교통혼잡을 해결할 수 있는 PRT의 도입이 요구된다. PRT는 기존 대중교통시스템보다 비용적인 면에서 우월한 위치를 점하면서, 대중교통 이용자의 편의성을 증진시킬 수 있다는 점에서 새로운 대중교통수단으로서의 역할과 의미가 있다고 보기 때문이다.

일반적으로 새로운 대중교통수단이 기존 교통체계내에서 우위를 점하지 못하고 있는 가장 큰 이유는 새로운 교통수단의 도입으로 인해 승용차 이용자의 전환효과가 뚜렷하게 나타나지 않아 도로부문의 혼잡완화 효과가 상실되기 때문이다. 교통수단의 초기 도입시 일시적인 혼잡완화 효과는 있을 수 있지만 지속적인 효과를 나타내기는 어려웠기 때문이다. 이에 PRT시스템의 도입을 통해 도시중심부의 연계통행체계를 구축하여 획기적인 전환율을 확보하는 것이 필요하다고 본다.

기존 교통시스템만으로는 교통체증의 전일화 현상, 이용자 수단선택의 형평성 문제 등 만성적인 교통문제 해결의 접근이 어렵고 문제해결의 실마리를 찾는 입장에서 볼 때, PRT시스템은 자동차를 대체할 수 있는 미래형 교통수단으로 늘어나는 교통수요와 차량, 환경 및 에너지 문제의 해결에도 적절히 대처할 수 있는 획기적인 신교통시스템으로 기대할 수 있다.

외국에서 PRT가 상용화되지 않았다는 이유로 국내에서

기술개발을 하기에는 무리라고 보는 시각도 있지만, 경전철에 비해 건설비가 적게 들고, 적자누적의 폭이 감소될 수 있다는 차원에서 본다면, 비용효율적인 면에서 PRT 기술 개발의 지원은 매우 필요하다고 보며, PRT의 연구개발을 통해 만들어질 표준 사양들과 안전기준 및 건설규칙 등은 앞으로 중앙 및 지방정부가 PRT시스템을 도입할 때 주요한 건설기준으로 활용될 수 있다. 결과적으로 PRT사업의 경제적 타당성은 시스템 구축비를 얼마만큼 줄일 수 있는가에 따라 결정된다고 할 수 있으므로 최대한 궤도인프라의 경량화를 목표로 하여 비용을 최대한 줄일 수 있는 방향으로 연구가 진행되어 일반 대중교통수단으로서 신뢰성을 확보하고자 하는 노력이 매우 필요한 시기라고 볼 수 있다.

교통체계내에서 PRT가 지하철과 버스 등 대중교통과의 통합운영을 통해 일반 대중의 환승저항을 최소화하는데 도움을 줄 수 있도록, 지하철과 PRT 및 버스와 PRT간의 보완적인 운영을 통한 PRT중심의 녹색대중교통 통합운영정책의 과감한 추진이 필요한 때이다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원(2006), “차세대첨단 도시철도시스템 기술개발사업 1차년도 보고서(소형궤도열차시스템의 적용성 검토 연구).”
 2. 한국철도기술연구원(2002), “신교통 소형궤도열차 시스템개발을 위한 기획 연구.”
 3. 한국철도기술연구원(2008), “경제적 측면에서 바이모달트램 시스템의 국내 도시 적용성 검토.”
 4. 서울산업대학교(2007), “PRT의 국내 활용가능성 검토 및 사고시 비상대응방안.”
 5. 최재혁(1998), “궤도 승용차 시스템의 적용 검토,” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp. 31-38.
 6. 송달호, 김남호, 김종현(2006), “소형궤도차(PRT) 주요 기술 특성의 비교 분석,” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp 21-26.
 7. 이준, 김경태, 문대섭, 이진선(2006), “소형궤도열차시스템의 국내 적용방안 연구,” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp 1-10.
 8. 이준호, 신덕호, 김용규(2005), “개인고속이동(PRT) 시스템의 운전시각에 관한 연구,” 한국철도학회 논문집, pp 586-591.
 9. 이준호, 신경호(2007), “소형궤도 차량의 충돌회피 알고리즘 개발을 위한 장치 구성,” 한국철도학회 논문집, pp 337-342.
 10. 교통개발연구원(1997), “경량전철 개발추이와 도입방안.”
 11. 교통개발연구원(1992), “신도시철도시스템 특성비교 연구.”
 12. U. of Washington, Bellevue PRT Study, <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/belvue.htm>
 13. Innovation Trans. Technologies web, <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans>
 14. PRT-based Sustainable Suburb Silver Bullet Concept: <http://www.cities21.org/library.htm>
 15. Example suburban franchising strategy: <http://www.cities21.org/granchise.html>
- 접수일(2009년 4월 6일), 수정일(2009년 5월 8일), 게재확정일(2009년 8월 5일)