

## PRT시스템 도입시 편익산정 연구; 난곡노선을 중심으로

## PRT Benefit Estimation Study; Focused on Nan-Gok line

이진선<sup>†</sup>

Jinsun Lee

**Abstract** In this paper, as a follow-up PRT studies of “J. Lee & K. Kim[2]”, in terms of public transportation systems, economic feasibility of PRT systems was investigated. Based on previous studies, PRT demand was estimated and the required number of PRT vehicles has been calculated and the benefit was estimated. To ensure the economic feasibility, construction cost of a PRT system should be the level of 8 billion won per km, and the annual operating costs of the PRT system construction should be approximately 4.63% level. As a result, how much to reduce PRT construction costs, depending on whether decisions are considered to be economically feasible. Thus, PRT technology development will be conducted by targeting the most lightweight and by minimizing the infrastructure and vehicles of PRT.

**Keywords** : PRT, Corridor Analysis, Required PRT vehicles, Reduced Travel Time Benefits

**초 록** 본 논문은 <이진선-김경태[2]>의 후속연구로서 대중교통시스템 차원에서 PRT의 실제 적용시의 편익 등을 검토하여 경제성을 검토하고자 하였다. 기존 연구에서 산정된 수요를 바탕으로 실제 운영시 필요한 PRT 소요차량수와 편익을 검토하였다. 대상지역은 난곡지구로 선정하여 적용성을 검토하였으며, 기종점별로 소요차량수를 산정한 결과, 요금수준이 800원일 때, 합승을 허용하지 않을 경우 160대가 필요하고, 최대 175대가 필요한 것으로 분석되었다. 또한 PRT 수송수요와 역간 통행시간을 근거로 한 편익 산정 결과를 보면 요금수준이 800원일 때 2011년 6,444백만원, 2016년 6,408백만원, 2021년 6,354백만원으로 나타났다. 도출된 편익을 기준으로 하여 분석기간을 30년으로 할 경우 운임수준 800원,  $\alpha$ 값이 1.0일 때의 2005년 기준 편익의 현재가치는 47,185백만원인 것으로 분석되었으며, PRT 시스템의 구축비가 km당 80억원 수준일 때 운영비는 연간 시스템 구축비의 약 4.63% 수준이 되어야 경제적 타당성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다. 결과적으로 PRT 사업의 경제적 타당성은 시스템 구축비를 얼마만큼 줄일 수 있는지에 따라 결정된다고 할 수 있다. 따라서 PRT 기술개발사업은 최대한 경량화를 목표로 하여 인프라 구축과 차량비에 소요되는 비용을 최대한 줄일 수 있는 방향으로 연구가 진행되어야 할 것으로 본다.

**주요어** : 소형궤도차량, 축 분석법, 소요차량수, 통행시간 절감편익

## 1. 서 론

PRT는 국내·외 다양한 연구개발을 시도하였으나, 아직 국내에 도입이 이루어지지 않은 시스템이다. PRT가 국내에 도입이 되기 어려웠던 이유는 여러 가지가 있을 수 있지만, 첫 번째 이유는 현재까지 국외에서 상용화되지 않은 점과 운영기술의 미검증 등이 있을 수 있다.

또 다른 이유 중 하나는 PRT의 경제적 타당성의 검증 측면을 들 수 있다. PRT는 우리나라의 여러 지역에서 적용성이 검토되었지만, 적용가능성에 대한 연구는 다양하게 이루어진 반면, 실제적인 건설·운영을 위한 세부 계획은 전무하였다. 이에 본 논문에서는 PRT시스템을 적용하기가 적정하다고 판단되는 서울 관악구의 난곡지역을 대상으로 PRT 시스템의 경제적 타당성을 검증하고, 실제적으로 열차운행 계획을 토대로 하여 PRT 도입에 따른 발생가능한 편익을 추

정해보고자 한다.

## 2. 본 론

본 논문에서 PRT시스템의 적용지역으로 선정한 난곡지역은 약 13만여 명이 거주하고 있지만, 2차로 내지 4차로의 난곡길이 도심으로 진입할 수 있는 유일한 도로일 만큼 교통사정이 열악해 통행속도가 약 10km/h에 그치고 있는 실정이다. 현재 서울시는 난곡길 지역의 고질적인 교통난을 해소하기 위해 관악구 난향동에서 난곡길을 따라 신대방역을 거쳐 보라매공원까지 이어지는 4.3km 구간에 지하 경전철을 건설하겠다는 계획을 가지고 있는 지역이다. 난곡지역이 속하고 있는 관악구는 서울시의 25개 구 중 서울의 남쪽 경계선을 이루고 있는 구로서 관악산의 북서면에 자리하고 있어 과천, 안양 등 수도권 남부 도시로부터 서울 유입의 관문적 위치와 영등포 부도심을 동서축으로 연결하는 중간에 자리하고 있다. 총 면적은 29.57km<sup>2</sup>로서 서울특별시 전체의 4.9%에 해당되며, 서울특별시 25개구 중 일곱 번째로

<sup>†</sup>교신저자 : 우송대학교 철도경영학과  
E-mail : jinsun@wsu.ac.kr

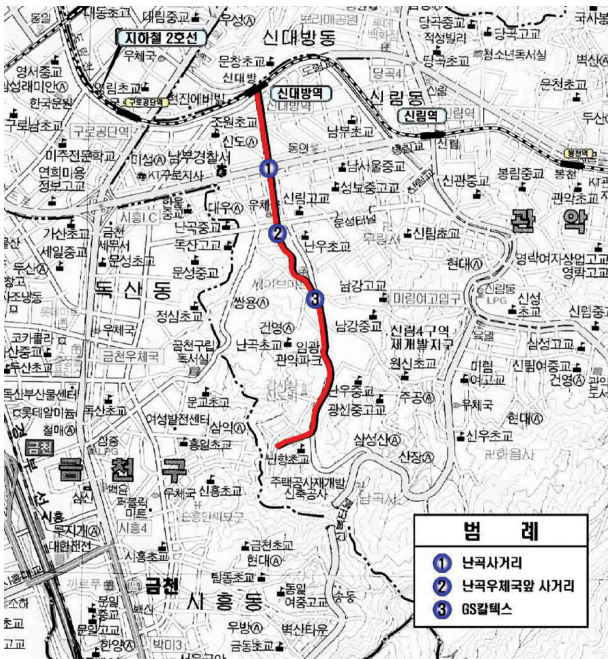


Fig. 1 Study Area (Nangok Line)

넓은 구이다. 이에 본 연구에서는 도로 전체의 이용효율성을 높이고, 교통혼잡을 최소화하면서도 right-of-way(ROW)의 장점을 지닌 철도개념의 교통수단으로서 PRT시스템의 적용성을 검토해보고자 한다.

### 2.1 대상지역의 사회경제지표

난곡지역의 영향권이 속한 행정동 인구는 2006년 현재 관악구 209,934인, 동작구 48,050인으로 총 257,984인이 포함되어 있으며, 최근 5년간 인구추이를 살펴보면 관악구 인구는 -1.6%의 감소추세를 보이는 반면, 동작구 인구는 2.1%의 증가 추세를 보이고 있다. 2006년 현재 영향권의 행정구역에 속한 종사자수는 63,389인으로 관악구 종사자수 42,217인, 동작구 종사자수 21,172인으로 구성된다. 가장 많은 종사자를 보유한 동은 신대방 2동으로 16,447인이며, 다음으로는 신림8동으로 8,491인이다. 최근 5년간 종사자수 추이를 살펴보면 간접영향권내 관악구 종사자수는 0.2%의 증가율을, 동작구는 -2.4% 감소추세를 보이고 있는 것으로 나타났다.

본 논문의 사회경제지표 전망은 『서울시 장래교통수요예측 및 대응방안연구, 2005』에서 제시한 인구 및 종사자수 예측치를 수용하되, 장래 재개발 계획이 있는 난곡지역의 인구 및 종사자수는 개발계획인구를 고려하여 재산출하여 반영토록 하였다. 영향권내 관악구 인구는 2011년 198,058인, 2021년 188,057인으로 지속적으로 인구가 감소하는 것으로 나타났고, 동작구의 경우도 인구가 지속적으로 감소하여 연평균 -0.7%의 감소율을 보이는 것으로 나타났다. 재개발아파트가 들어서는 난곡지역의 경우는 2005년 6,412인에서 2021년 12,319인으로 연평균 4.2%의 증가율을 보이는 것으로 분석되었다. 영향권내 장래 종사자수는 관악구의 경우, 2011

년 48,434인, 2021년 53,991인으로 지속적으로 증가하는 것으로 나타났고, 동작구 종사자수는 0.2%의 증가율을 보이는 것으로 나타났다. 난곡지역의 포함된 동의 종사자수의 연평균증가율은 3.0%로 타 행정동에 비해 가장 높은 증가율을 보이는 것으로 나타났다.

### 2.2 축 분석법

본 논문에서 사용한 축 분석법은 기존의 교통수요예측에서 전통적으로 가장 많이 사용되어 오던 4단계 추정법(통행발생, 통행분포, 교통수단선택, 통행배분)이 가지는 단점을 보완하는 방법이다. 축 분석법을 사용하게 된 이유는, 난곡지역(4.3km)의 단거리 구간 분석일 경우, 현재 구축되어 사용되는 교통존의 크기가 동단위로 되어 있어, 한 개의 존에 정류장이 2개 이상 설치되어 있으므로 전통적 4단계 분석방법과 일반적 수요예측 분석 프로그램으로 정류장별 수요예측이 불가능하기 때문이다. 축 분석법은 『대중교통 기본계획 수립을 위한 연구, 2006, 건설교통부』에서 제시되어 적용하였던 방법으로 교통축별로 축 중심선을 기준으로 일정간격 내에 있는 인구와 종사자수 등과 같은 지표를 이용하여 수요를 추정하는 방법이다. 난곡지역과 같이 수요추정의 영향권이 국지적이고, 소규모 분석지역으로 미시적이고 구체적인 자료수집에 많은 시간과 비용이 필요한 경우, 이러한 지역적 특성을 반영한 축 분석법으로 대중교통수요를 산정하는 것이 적절하다.

### 2.3 PRT 수요예측

본 논문은 <이진선-김경태[2]>에서 제시한 대상지역을 기반으로 하여 실제 PRT 건설 및 운영시 필요한 경제적 타당성을 검토해보고자 하였다. 본 논문은 위의 논문의 후속 연구로서 산정된 수요를 바탕으로 실제 운영시 필요한 PRT 소요차량수와 편익을 검토하고자 하였다. 위의 논문에서 제시한 수요예측과정은 장래 예측된 인구 및 종사자수와 영향권 계수를 적용하여 장래 대중교통수요를 산정하였으며, PRT의 수송수요는 SP조사분석을 통해 산정된 전환율을 적용하

Table 1 PRT throughput analysis(unit : trip/peak hour, one way)

요금수준	구분	2011년	2016년	2021년
800원	통과인원 ( $\alpha=1.0$ )	1,910	1,900	1,884
	최소통과인원 ( $\alpha=0.9$ )	1,719	1,710	1,695
	최대통과인원 ( $\alpha=1.1$ )	2,101	2,090	2,072
1000원	통과인원 ( $\alpha=1.0$ )	1,387	1,379	1,368
	최소통과인원 ( $\alpha=0.9$ )	1,248	1,241	1,231
	최대통과인원 ( $\alpha=1.1$ )	1,526	1,517	1,505
1300원	통과인원 ( $\alpha=1.0$ )	353	351	348
	최소통과인원 ( $\alpha=0.9$ )	317	316	313
	최대통과인원 ( $\alpha=1.1$ )	388	386	383

자료출처 : J. Lee, K. Kim (2011) PRT Application Study Using Corridor Analysis; Focused on Nan-Gok Area, *Journal of the Korean Society for Railway*, 14(3), pp. 188-193.

Table 2 PRT demand forecasting

운임수준		1일 수요			첨두시 수요			첨두시 최대통과수요		
		2011	2016	2021	2011	2016	2021	2011	2016	2021
800원	기준( $\alpha=1.0$ )	23,956	23,823	23,624	2,781	2,765	2,742	1,910	1,900	1,884
	하한( $\alpha=0.9$ )	21,552	21,432	21,253	2,503	2,489	2,468	1,719	1,710	1,695
	상한( $\alpha=1.1$ )	26,352	26,205	25,987	3,059	3,042	3,016	2,101	2,090	2,072
1000원	기준( $\alpha=1.0$ )	17,395	17,298	17,154	2,020	2,009	1,992	1,387	1,379	1,368
	하한( $\alpha=0.9$ )	15,655	15,568	15,439	1,818	1,808	1,793	1,248	1,241	1,231
	상한( $\alpha=1.1$ )	19,134	19,028	18,869	2,222	2,209	2,191	1,526	1,517	1,505

자료출처 : J. Lee, K. Kim (2011) PRT Application Study Using Corridor Analysis; Focused on Nan-Gok Area, *Journal of the Korean Society for Railway*, 14(3), pp. 188-193

주: 하한은  $\alpha$ 값 0.9, 상한은  $\alpha$ 값 1.1 적용한 경우

여 산출하였다.

대상지역인 난곡길의 SP조사에서는 PRT가 생겼을 경우, 대중교통이용자의 요금에 대한 탄력도를 통해 전환율을 산정하고자 하였다. 수송수요 산출결과 최대통과수요는 Table 1에서 보는 바와 같이 요금수준이 시내버스수준인 800원일 경우, 2021년 첨두시 수요가 1,884인으로 분석되었으며, 오차의 범위를 고려한 최대통과수요는 2,072인, 최소통과수요는 1,695인으로 나타났다. 반면 요금수준이 1,300원일 경우 통과수요는 크게 감소하여 348인에 그치는 것으로 분석되어 PRT 수요는 요금에 민감한 것으로 분석되었다.

Table 2는 운임수준별로 장래 PRT 수요를 종합적으로 나타낸 것이다. 요금수준 800원,  $\alpha=1.0$ 일 때의 1일 PRT 수요를 보면 2011년 23,956인으로 최대값을 보이고, 이후 2016년 23,823인, 2021년 23,624인/일로 소폭 감소할 것으로 예측되었다. 연간으로 환산하면 2011년 8.74백만인을 수송할 것으로 전망된다. 현재 미국 Morgantown의 West Virginia University에서 운행하고 있는 GRT의 연간 수송규모인 2.2백만인에 비해서 약 4배 규모이다. 또한 운임수준별,  $\alpha$ 값의 변화에 따른 PRT 수요를 분석한 결과, 운임수준이 800원일 경우 1일 최대수요는 2011년 23,956인이고, 이 때 첨두시 수요는 2,781인, 첨두시 최대혼잡구간의 통과수요는 1,910인 수준이다. 운임수준이 1000원일 경우는 1일 최대수요는 2011년 17,395인이고, 이 때 첨두시 수요는 2,020인, 첨두시 최대통과수요는 1,387인이다.

2.4 열차운행계획

위에서 살펴본 바와 같이 운임의 변화에 따른 PRT 수요를 기반으로 하여 실제 PRT 시스템 운영시 열차운행계획 수립이 필요하다. 열차운행계획은 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판), 2004, KDI』에서 제시한 예측 방법을 활용하고, 운행계획 수립을 위해 최대수송인원 예측치 중 최대혼잡구간의 첨두시 수요를 산정하여 운전시각 및 소요차량수의 기초자료로 활용하고자 하였다. 본 분석에서 전제되어진 표정속도는 45km, 회차여유시간은 <없음>으로 가정하였으며, 차량용량은 4~8인/량, 평

균차차인원은 평균동승자 조사결과치인 1.28인/량으로 하였고, 열차편성체계는 1량 1편성으로 가정하였다.

또한, 분석시에 차량은 3인승, 4인승, 6인승, 8인승에 대해서 분석하였으며, 합승을 허용하는 경우에는 모든 차종에 대해서 일률적으로 첨두시 평균탑승률을 85%로 설정하였으며, 합승을 허용하지 않는 경우에는 차량당 평균 1.28인이 승차하는 것으로 가정하여 소요차량수를 산정하였다. 책정된 표정시간 및 회차시간을 근거로 하여 편성당 운행 차량수 및 운전시각에 따라 다음과 같이 소요편성 및 차량수를 산정하였다.

$$\text{왕복운전시분(분)} = \frac{\text{노선연장} \times 60}{\text{운행속도}} + \text{회차여유시간}$$

$$\text{열차운행소요량(편성)} = \frac{\text{왕복운전시분}}{\text{첨두시운행시각}}$$

2.5 소요차량수

Table 3은 운임수준이 800원,  $\alpha$ 값이 1.0일 때 정류장별 소요차량수를 산정한 과정을 나타낸 것이다. 2005년 기준으로 분석한 결과, 난곡지역의 경우 2011년의 PRT 수요가 가장 많은 것으로 분석되어 소요차량수는 2011년 기준으로 산정하였다. 합승을 허용하지 않는 경우는 첨두시 2,781명을 수송하기 위해서 운행해야 할 소요차량이 160대가 필요한 것으로 분석되었다. 합승을 허용하는 경우 3인승은 85대, 4인승은 68대, 6인승은 50대, 8인승은 41대가 필요한 것으로 분석되었다. 본 분석에서의 소요차량수는 각 기종점별로 필요한 차량수를 산정한 것으로 비효율적인 면이 일부 포함되어 있을 수 있다. 본 시스템의 특성상 보다 최적화된 소요차량수 산정을 위해서는 반복적인 시뮬레이션을 통해서 적정 차량수의 산정이 가능할 수 있을 것으로 본다. 소요차량수 산정과 관련하여 계산된 각 정차장별 배차간격은 역사설계에 기초자료로 활용될 수 있을 것이며, 운임수준별 수요 변화에 따른 소요차량수는 Table 4와 같다. 요금수준이 800원,  $\alpha$ 값이 1.1일 때 합승을 허용하지 않을 경우 최대값인 175대가 필요한 것으로 분석되었다.

Table 3 Required PRT Vehicles (unit: vehicle/peak hour)

기종점		수요 (인/점두시)	배차간격(분)					편도통행 시간 (분)	소요차량수(대/점두시)				
			합승 ○				합승 × 합승 ×		합승 ○				합승 ×
			3인승	4인승	6인승	8인승			3인승	4인승	6인승	8인승	
1	2	8	19.1	25.5	38.3	51.0	9.6	0.67	1	1	1	1	1
1	3	35	4.4	5.8	8.7	11.7	2.2	1.33	1	1	1	1	1
1	4	35	4.4	5.8	8.7	11.7	2.2	2.00	1	1	1	1	2
1	5	41	3.7	5.0	7.5	10.0	1.9	2.67	1	1	1	1	3
1	6	41	3.7	5.0	7.5	10.0	1.9	3.60	2	1	1	1	4
1	7	257	0.6	0.8	1.2	1.6	0.3	4.47	15	11	8	6	30
2	3	11	13.9	18.5	27.8	37.1	7.0	0.67	1	1	1	1	1
2	4	19	8.1	10.7	16.1	21.5	4.0	1.33	1	1	1	1	1
2	5	21	7.3	9.7	14.6	19.4	3.7	2.00	1	1	1	1	1
2	6	19	8.1	10.7	16.1	21.5	4.0	2.93	1	1	1	1	1
2	7	130	1.2	1.6	2.4	3.1	0.6	3.80	6	5	3	2	13
3	4	97	1.6	2.1	3.2	4.2	0.8	0.67	1	1	1	1	2
3	5	156	1.0	1.3	2.0	2.6	0.5	1.33	3	2	1	1	5
3	6	205	0.7	1.0	1.5	2.0	0.4	2.27	6	5	3	2	12
3	7	743	0.2	0.3	0.4	0.5	0.1	3.13	30	23	15	11	61
3	1	35	4.4	5.8	8.7	11.7	2.2	1.33	1	1	1	1	1
3	2	11	13.9	18.5	27.8	37.1	7.0	0.67	1	1	1	1	1
4	5	62	2.5	3.3	4.9	6.6	1.2	0.67	1	1	1	1	1
4	6	79	1.9	2.6	3.9	5.2	1.0	1.60	2	1	1	1	3
4	7	157	1.0	1.3	1.9	2.6	0.5	2.47	5	4	3	2	10
5	6	53	2.9	3.8	5.8	7.7	1.5	0.93	1	1	1	1	1
5	7	86	1.8	2.4	3.6	4.7	0.9	1.80	2	2	1	1	4
6	7	38	4.0	5.4	8.1	10.7	2.0	0.87	1	1	1	1	1
계		2,339							85	68	50	41	160

2.6 PRT 적용시의 편익 산정

본 논문에서와 같은 교통시설 투자사업은 대규모 투자비용이 소요될 뿐만 아니라, 일단 투자하면 용도 전환이 불가능하므로 경제적 타당성 및 기회비용 측면의 투자 적정성에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 이와 같은 이유로 본 논문에서도 비용편익 분석기법을 사용하는 것이 타당하지만, 현 시점에서의 PRT 건설의 비용과 운영비에 대한 정보가 불충분하기 때문에 직접적인 비용편익비를 계산하는 것은 불가능한 것으로 판단된다. 따라서 본 분석에서는 PRT 도입에 따른 계량화가 가능한 편익을 분석하고, PRT 도입의 경제성이 확보될 수 있는 수준의 사업비 규모를 판단하고자 하였다. 편익 산정을 위한 기준설정은 『도로·철도 부분사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판), 2004, KDI』에서 제시한 내용을 적용하였다.

본 논문에서는 조사 당시의 분석시점을 2005년으로 정의하고 할인율의 적용 및 편익 산정 역시 2005년을 기준으로 계산하였다. 분석기간을 10년 이하로 할 경우 편익산정의 척도가 되는 교통량은 비교적 정확하게 예측될 수 있으나, 도

로 및 철도 시설의 내구연한을 고려한 편익발생 기간이 짧아 경제적 타당성의 도출이 곤란할 수 있다. 반면에 30년 이상으로 할 경우 교통량 예측이 부정확하여 편익산정의 신뢰성이 저하될 우려가 있으나, 도로 및 철도 건설에 따른 편익은 충분히 반영할 수 있다고 판단하여 본 연구의 분석기

Table 4 Required PRT Vehicles depending on fare level & sharing (unit: vehicle)

운임수준		합승 허용				합승 불가
		3인승	4인승	6인승	8인승	
800원	기준( $\alpha=1.0$ )	85	68	50	41	160
	하한( $\alpha=0.9$ )	78	61	47	39	146
	상한( $\alpha=1.1$ )	94	72	53	45	175
1000원	기준( $\alpha=1.0$ )	65	53	40	35	118
	하한( $\alpha=0.9$ )	60	48	39	33	110
	상한( $\alpha=1.1$ )	71	57	43	38	128

주: 소요차량수는 실제 운행하는 차량수를 산정한 것으로 예비차량수는 포함하지 않음.

간은 30년으로 선정하였으며, 할인율은 6.5%를 적용하여 편익과 비용의 현재가치를 산정하였다.

본 연구에서 PRT의 대상가능지역으로 선정한 난곡지역에 PRT도입에 따른 발생가능한 편익항목은 다양할 수 있다. 먼저, 기존의 대중교통이용자가 PRT를 이용함에 따른 목적지까지의 통행시간이 절감되는 부분을 들 수 있다. 이 부분의 통행시간 절감편익은 PRT가 도입되지 않은 경우의 대중교통 이용자의 도로통행시간과 PRT 도입 이후 PRT를 이용하는 통행자의 통행시간을 비교하여 산출할 수 있다. 그리고 대중교통이용자 중 일부가 PRT를 이용함으로써 도로통행량 감소에 따른 편익이 발생할 수 있다. 즉, 도로교통량의 감소로 인해서 차량운행비의 절감편익, 도로이용자의 통행시간 절감 편익, 사고감소 편익, 환경비용 감소편익 등이 발생한다. <이진선-김경태[2]>에 의하면, PRT로의 전환수요는 주로 버스이용객이 대부분을 차지하고 있으며, 일부 택시이용자가 PRT로 전환되는 것으로 분석된 바 있다. 버스는 정해진 시간대로 움직이고 공공성 때문에 특정 구간의 수요가 줄어든다고 해서 배차간격을 조정하는 것은 현실적이지 못하고, 택시수요는 전체 교통량에서 차지하는 부분이 미미하여 도로에서 발생하는 편익은 PRT 이용자가 얻는 편익에 비해서 매우 적은 것으로 판단된다. 따라서 본 분석에서는 이 부분의 편익계산은 포함하지 않았다. 이러한 편익 이외에도 버스에서 PRT로 전환되는 이용자들은 승차감 향상, 안전성 증가, 모든 이용자의 좌석 제공 등의 안락감 제고 등의 혜택을 누릴 수 있다. 이러한 부분들에 대해서는 현 시점에서 계량화하기가 곤란하여 분석에 포함하지 않았지만 향후 PRT 적용시 이러한 특수 항목에 대한 편익 산정 연구가 필요한 것으로 판단된다.

통행시간절감 편익은 앞에서 설명한 바와 같이 PRT가 개통됨에 따라 기존의 도로수요가 PRT로 전환되면서 통행시간이 단축되는 것에 대한 편익을 산정하는 것이다. 본 논문에서는 목표연도별 대중교통수단별 여객 및 시간 O/D를 이용하여 PRT 전환수요에 대한 통행시간절감편익을 산출하였다. 편익에 사용되는 시간가치는 『도로·철도 부분사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판), 2004, KDI』에서 제시한 차종별 인당 시간가치를 적용하였으며, PRT 이용자의 업무/비업무 통행비율을 적용한 2005년 기준의 평균적인 시간가치는 4,235원/시간인 것으로 분석되었다.

Table 5는 PRT 역간 통행시간을 구한 것이다. PRT 통행시간은 연도별, 시간대별로 변함이 없는 것으로 가정하였으며, 도출된 통행시간 O/D와 PRT 수요를 이용하여 PRT 이용자의 총통행시간과 대중교통이용자의 총통행시간을 합산하여 산출한 후, PRT가 개통되지 않을 경우의 대중교통이용자의 총통행시간을 차감하여 통행시간 절감분을 산정하였다.

통행시간 절감편익은 Table 6에서 보는 바와 같이 요금수준이 800원일 때 2011년 6,444백만원, 2016년 6,408백만원, 2021년 6,354백만원으로 나타났고, 요금수준이 1000원일 때 2011년 4,679백만원, 2016년 4,653백만원, 2021년 4,614백만원으로 분석되었다.

Table 5 PRT O/D by Travel Time (unit: minutes)

구분	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6	PS7
PS1	0.0	0.7	1.3	2.0	2.7	3.6	4.5
PS2	0.7	0.0	0.7	1.3	2.0	2.9	3.8
PS3	1.3	0.7	0.0	0.7	1.3	2.3	3.1
PS4	2.0	1.3	0.7	0.0	0.7	1.6	2.5
PS5	2.7	2.0	1.3	0.7	0.0	0.9	1.8
PS6	3.6	2.9	2.3	1.6	0.9	0.0	0.9
PS7	4.5	3.8	3.1	2.5	1.8	0.9	0.0

주 : 적용대상지역인 난곡길의 정류장을 (PS1, PS2,....., PS7)으로 총 7개로 가정하였음.

Table 6 Reduced travel time benefits by fare level (unit: million won)

구분		2011년	2016년	2021년
800원	상한 ( $\alpha=1.1$ )	7,088	7,049	6,990
	표준 ( $\alpha=1.0$ )	6,444	6,408	6,354
	하한 ( $\alpha=0.9$ )	5,797	5,765	5,717
1,000원	상한 ( $\alpha=1.1$ )	5,147	5,118	5,075
	표준 ( $\alpha=1.0$ )	4,679	4,653	4,614
	하한 ( $\alpha=0.9$ )	4,211	4,187	4,153

## 2.7 도입 방안 검토

PRT 도입을 위한 적정사업비의 검토는 본 분석에서 산출한 편익을 근거로 하여 장래 PRT의 사업비 및 운영비를 기술개발을 통해서 어느 정도 수준까지 낮추어야 사업의 타당성이 있는 지에 대한 분석을 하는 것이다. 먼저, PRT 사업이 예정대로 진행될 경우 개통 가능한 연도에 대한 가정이 필요하다. 2010년 PRT 기술개발사업이 완료되고, 시운전, 준비기간, 시스템 구축 등에 필요한 시간을 고려하여 2015년에 개통 가능한 것으로 가정한다면, 기간을 30년으로 할 경우 운임수준 800원,  $\alpha$ 값이 1.0일 때의 2005년 기준 편익의 현재가치는 47,185백만원인 것으로 분석되었다. 즉, 경제적 사업비 및 운영비의 현재가치가 47,185백만원 수준이 되어야 PRT 도입의 경제적 타당성이 있는 것으로 분석된다.

현재 PRT 시스템의 구축비는 km당 평균 100억원 수준에서  $\pm 20\%$  수준인 것으로 검토되고 있다. km당 시스템 구축비가 80억원 수준일 때 운영비는 연간 시스템 구축비의 약 4.63%(미국 Morgantown의 GRT의 시스템구축비 대비 연간 운영비 비율은 2.43%임) 수준이 되어야 경제적 타당성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다. 이 때 시스템 구축비의 현재가치는 30,461백만원, 운영비의 현재가치는 16,724백만원 수준이다. km당 시스템 구축비가 100억원 수준일 경우 운영비는 시스템 구축비의 약 2.02% 수준(시스템 구축비 현재가치 38,076백만원, 운영비 현재가치 9,109백만원)이 되어야 경제적 타당성이 있는 것으로 판단되지만, 운영비가 현실적이지 못한 것으로 분석된다.

결국, 본 연구에서는 난곡길을 따라 지하철 2호선 전철역

과의 연계노선으로의 적용지역을 한정하였지만, 현재까지의 분석결과만을 고려한다면 PRT 사업의 경제적 타당성은 시스템 구축비를 얼마만큼 줄일 수 있는가에 따라 결정된다고 할 수 있다.

본 논문은 신규로 PRT를 건설할 경우의 적용성에 대해서 분석한 것으로서 명확하게 경제성이 있는 것으로 분석되지는 않았다. 그러나 난곡지역과 같이 도로확장을 위한 용지 확보가 용이하지 않은 지역은 현재의 교통혼잡을 해결하기 위해 기존 대중교통 시스템을 투입하기 위해 막대한 토지보상 등의 비용이 발생하게 되어 교통 사업자체가 불투명해질 수 있다. 이러한 측면에서 볼 때, PRT는 기존의 대중교통 시스템보다 비용적인 면에서 우월한 위치를 점하면서, 대중교통 이용자의 편의성을 증진시킬 수 있다는 점에서 새로운 대중교통수단으로서의 역할과 의미가 있는 것으로 판단된다.

### 3. 결 론

기존의 교통시스템만으로는 교통체증의 전일화 현상, 이용자 수단선택의 형평성 문제 등의 만성적인 교통문제 해결의 접근이 어렵다고 판단되며 추가적인 교통시스템의 도입으로 문제해결의 실마리를 찾아야 할 것으로 본다. 본 논문에서 제시한 PRT는 자동차를 대체할 수 있는 미래형 교통수단으로 늘어나는 교통수요와 차량, 환경 및 에너지 문제의 해결에도 적절히 대처할 수 있는 신교통시스템으로서 이미 미국, 스웨덴, 영국, 독일 등 선진국을 중심으로 기술개발이 진행되어 왔다. 다만, 국내·외적으로 실제로 활발하게 운행된 사례가 거의 없으므로 적용성에 관한 연구가 필요한 시점에서, 본 연구에서는 대중교통시스템 차원에서 PRT의 실제 적용시 편익 등을 검토하여 경제성을 검토하고자 하였다.

본 논문은 <이진선-김경태[2]>의 후속연구로서 산정된 수요를 바탕으로 실제 운영시 필요한 PRT 소요차량수와 편익을 검토하였다. 대상지역은 난곡지구로 선정하여 적용성을 검토하였으며, PRT 수요로의 전환율을 고려하여 장래 대상 지역의 인구 및 종사자수를 예측하여 축분석법에 의한 PRT 수요를 예측한 결과, 요금수준 800원일 때 PRT 1일 수요는 2011년 23,956인, 첨두시는 2,781인, 첨두시 최대통과구간의 재차인원은 1,910인으로 예측되었다. 각 기종점별로 소요차량수를 산정한 결과, 요금수준이 800원일 때 합승을 허용하는 경우 3인승 85대, 4인승 68대, 6인승 50대, 8인승 41대, 합승을 허용하지 않을 경우 160대가 필요하고, 최대 175대가 필요한 것으로 분석되었다.

또한 PRT 수송수요와 역간 통행시간을 근거로 한 편익 산정 결과를 보면 요금수준이 800원일 때 2011년 6,444백만원, 2016년 6,408백만원, 2021년 6,354백만원으로 나타났다. 도출된 편익을 기준으로 하여 분석기간을 30년으로 할 경우 운임수준 800원,  $\alpha$ 값이 1.0일 때의 2005년 기준 편익의 현재가치는 47,185백만원인 것으로 분석되었으며, PRT 시스템의 구축비가 km당 80억원 수준일 때 운영비는 연간 시스템 구축비의 약 4.63% 수준이 되어야 경제적 타당성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

결과적으로 PRT 사업의 경제적 타당성은 시스템 구축비의 최소화 가능성으로 결정된다고 할 수 있다. 따라서 PRT 기술개발사업은 최대한 경량화를 목표로 하여 인프라 구축과 차량비에 소요되는 비용을 최대한 줄일 수 있는 방향으로 연구가 진행되어야 할 것으로 본다. 또한, 소요차량수의 계산에 있어서도 기존의 계산식을 이용하는 경우 소요차량수를 과다 산정하는 경향이 있으므로, PRT 시스템의 특성을 반영한 반복적인 시뮬레이션을 통해서 적정한 차량수를 산정하는 방안에 대한 추가적인 연구도 필요한 것으로 판단된다.

PRT는 친환경적이고, 일반적으로 공간적 범위가 작은 지역에 적용하는 것이 적절한 수단이다. 현재 우리나라의 교통체계내에서는 PRT 시스템이 간선교통수단의 보조역할로서 많은 기능을 할 수 있을 것으로 기대한다. 일반적으로 철도와 철도간의 수직적, 수평적 연계체계를 PRT시스템이 담당한다면, 철도가 가지는 가장 큰 단점인 연계·환승시의 거리에 따른 환승저항을 최소화할 수 있는 미래형 교통수단으로서 PRT가 자리매김할 수 있을 것으로 본다. 기존 대중교통수단과 PRT간의 보완적인 통합운영을 통해 친환경 교통정책이 한걸음 더 나아가길 기대해 본다.

### 참고문헌

- [1] J. Lee, K. Kim (2009) A Study on the Possibilities of PRT Applications, *Journal of the Korean Society for Railway*, 12(4), pp. 526-534.
- [2] J. Lee, K. Kim (2011) PRT Application Study Using Corridor Analysis; Focused on Nan-Gok Area, *Journal of the Korean Society for Railway*, 14(3), pp. 188-193.
- [3] J. Lee, K. Shin (2007) A Configuration of the Apparatus for the Development of the Collision Avoidance Algorithm of PRT, *Journal of the Korean Society for Railway*, 10(3), pp. 337-342.
- [4] J. Lee, D. Shin, Y. Kim (2005) A Study on the Headway of the Personal Rapid Transit System, *Journal of the Korean Society for Railway*, 8(6), pp. 586-591.
- [5] The Korea Transport Institute (2007) The Evaluation Study on the Socio-economic Value of Railroad.
- [6] The Korea Railroad Research Institute (2006) Next generation Advanced Urban Railway System Technology Development Project (1st Edition)
- [7] The Korea Railroad Research Institute (2002) Planning & Research for PRT System as a News Transport system.
- [8] Univ. of Washington, Bellevue PRT Study, <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/belvue.html>
- [9] Innovation Trans. Technologies web, <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans>
- [10] PRT-based Sustainable Suburb Silver Bullet Concept: <http://www.cities21.org/library.html>
- [11] Example suburban franchising strategy: <http://www.cities21.org/franchise.html>

접수일(2011년 5월 4일), 수정일(2011년 5월 19일),  
 게재확정일(2011년 6월 17일)