

도시철도 운행패턴 변화에 관한 연구

A Study on the Change of Urban Rail Operating Patterns

방 연근1)*
Bhang, Youn Keun

ABSTRACT

This study focuses on the development of the conceptual criteria which could be applied to the speed-up strategy of urban rail operation. Down town segment or not, and peak hour or not are the criteria. The author suggests that in the case of down town segment and peak hour urban rail should take the all-stop pattern, if down town segment and off peak hour, then skip-stop pattern, if not-down town segment and peak hour, the A, B skip-stop, and if not-down town segment and off peak hour, the A, B, C skip-stop. If side lines, three rail, or 2 double lines, then express train operation is recommended in the peak hour. Then this study recommends speed-up strategies of each 8 urban lines.

1. 서론

1974년 서울에 처음 지하철 1호선이 개통된 이래 서울의 인구나 자동차는 최근까지 증가 추세를 보여 왔다. 서울을 포함한 수도권에는 면적(전체의 12%, 전국 99,408km², 수도권 11,700km²)에 비해 인구 및 자동차가 집중(각각 전체의 46%, 전국인구 4,754만명, 수도권인구 2,182만명; 전국자동차대수 1,116만대, 수도권자동차대수 514만대, 1999년 기준)되어 있고, 인구가 지속적으로 증가함에 따라(1990년대 증가율 인구 1.8%, 자동차 12.4%), 서울과 서울에 인접한 인천시의 도로교통혼잡비용은 1999년 기준으로 5조4천억원(15.6%씩 증가, 1991년 1.7조원)에 이르고 있다.

수도권의 인구는 1999년 2,182만명이던 것이 2020년에는 2,578만명으로 증가되고, 수단통행량도 1999년 45백만통행/일 이던 것이 2020년에는 78백만통행/일로 예측되고 있다. 2001년 서울만의 인구는 1,033만명이며 인구밀도는 17,062/km²이다.

서울을 중심으로 한 수도권의 도로는 방사형 도로망체계가 구축되어 있어 도로간 연계가 부족하고 이로 인해 서울방향으로 교통량이 집중되고 광역전철이 크게 부족한 실정이다. 서울에 유입·유출되는 교통량은 평균 5.8%씩 증가되고 있으나, 전철 연장은 선진국 대도시에 비해 크게 부족한 형편이다(수도권 전철연장 41.1km/1,000km²). 이는 승용차 위주의 신도시를 건설한데 기인한다. 그 결과 간선도로에서 승용차 이용자와 도시철도 이용자의 경쟁력을 비교하여 볼 때, 도시철도 이용자의 경쟁력이 낮은 것으로 나타나고 있다.

2000년 서울 지하철 8호선의 완공으로 강북 도심의 90%가 지하철 역세권내에 포함되고 노선망이 어느 정도 확대된 지금, 도시철도가 승용차와의 경쟁력을 확보하고 대중교통의 역할을 확대하기 위해서는 도시철도의 속도향상이 매우 중요한 시점에 와 있다고 할 수 있다.

* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

<표 1> 수도권 6개 교통축의 도시철도와 간선도로의 통행시간 비교

(단위: 분)

교통축	구간		첨두시			비첨두시			환승경로
	기점	종점	도시철도 (A)	자가용 (B)	A/B	도시철도 (A)	자가용 (B)	A/B	
일산	주엽	시청	85.2	67.0	1.27	86.2	47.5	1.79	3호선-1호선
		역삼	102.6	87.7	1.17	104.4	73.6	1.39	3호선-2호선
		영등포	102.2	59.6	1.71	103.2	45.5	2.25	3호선-1호선
분당	서현	시청	92.4	48.0	1.93	95.7	45.9	2.01	분당선-8호선-2호선
		역삼	77.4	42.1	1.84	80.7	33.7	2.30	분당선-8호선-2호선
		영등포	112.4	63.6	1.77	115.7	52.8	2.13	분당선-8호선-2호선
과천	범계	시청	72.1	58.6	1.23	73.6	56.2	1.31	4호선-1호선
		역삼	62.6	43.4	1.44	64.9	38.8	1.67	4호선-2호선
		영등포	77.2	40.0	1.93	78.7	38.7	2.03	4호선-1호선
안산	상록수	시청	91.1	77.5	1.18	92.6	74.5	1.24	4호선-1호선
		역삼	81.6	60.1	1.36	83.9	56.4	1.49	4호선-2호선
		영등포	64.2	61.5	1.04	65.7	61.3	1.07	4호선-1호선
경원	의정부	시청	74.5	65.1	1.14	75.1	61.5	1.22	
		역삼	99.9	82.0	1.22	101.9	67.0	1.52	1호선-2호선
		영등포	91.5	83.5	1.10	92.1	86.6	1.06	
경인	부평	시청	73.5	83.6	0.88	75.4	61.9	1.22	
		역삼	85.2	90.3	0.94	88.4	80.3	1.10	1호선-2호선
		영등포	56.5	60.5	0.93	58.4	45.7	1.28	
경수	수원	시청	91.5	79.5	1.15	92.3	76.6	1.20	
		역삼	89.8	62.1	1.45	92.9	58.5	1.59	
		영등포	74.5	63.4	1.17	75.3	63.4	1.19	

자료: 김경철 외, 기존선 개량을 통한 도시철도 속도향상 방안 기초연구, 36쪽.

2. 도시철도의 고속화에 대한 요구

1) 도시철도 수요의 변화

기존의 도시철도 운영패턴은 운행시격을 조절하여 수요에 공급을 맞추는 방식이었다. 즉, 수요가 많은 첨두시에는 도시철도의 운행시격이 조밀한 반면, 수요가 적은 비첨두시에는 운행시격이 커 도로와의 경쟁력을 상실하고 있다. 그 결과 비첨두시에 이동할 필요성이 있는 이용자는 첨두시에도 도시철도를 이용하지 못하고 승용차를 이용하여야 하는 경우가 발생하게 된다.

도시철도망이 확대됨으로써 도시철도를 이용하는 이용자의 욕구도 변화하고 있다고 볼 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 2기 지하철의 완공으로 강북 도심의 90%가 지하철 역세권에 포함되고 노선망이 어느 정도 확대된 지금, 도시철도가 승용차와의 속도경쟁에서 어느 정도 경쟁력을 확보한다면 선진국 수준으로 도시철도 이용률을 높일 수 있을 것이다.

2) 정부의 계획

정부는 서울을 중심으로 하는 수도권이 급속히 성장하고 신도시개발 등으로 생활권이 확대되면서 광역교통문제가 대두됨에 따라 수도권 광역교통문제에 효율적이고 체계적으로 대처하기 위하여 2001년에 광역교통망계획을 수립한 바 있다.

이에 의하면 수도권이 광역화함에 따라 전철의 속도향상이 요구되는데, 이를 위해 13개 구간 481km 에서 서울방향의 10개축 중 7개축은 급행전철, 나머지 3개축에 대해서는 급행열차를 운행할 계획이다. 현재 30~40km/h에 불과한 전철운행속도를 2020년에는 50km/h이상으로 개선시킬 계획이다.

3) 수요에 대응하는 운영패턴의 변화

도시철도를 고속화함에 있어 변화하는 수요의 특성을 파악하고 이에 맞는 도시철도 운영패턴을 개발하는 것이 중요하다 하겠다. 일본, 프랑스, 독일 등 이미 도시철도의 역사가 오래된 선진국에서 많은 시사점을 얻을 수 있을 것이다. 거기에 우리의 노선별 공급특성, 도시철도 이용자 특성을 반영한 운영패턴을 개발하여야 한다.

운영패턴은 지금 우리 도시철도가 취하고 있는 방식인 all-stop(모든 정거장에 정차), express(경인선, 경수선에서 일부 시행) 외에 도시간 철도와 버스에서 이미 사용하고 있는 방식인 skip-stop 방식이 있다.

3. 고속화를 위한 운행패턴

1) Skip-Stop

선별정차방식은 수요를 고려하여 다양한 방식이 고려되어야 하나, 이용자에게 인식이 용이하여야 한다는 관점에서 정거장을 하나 건너 정차하는 방식으로 A와 B 운행패턴을 구성하는 방안이 가능한 방안이라고 생각된다. 단 이용자가 열차를 기다리는 시간이 인내할 수 있는 범주안에 있어야 한다는 것이 전제되어야 한다. 선별정차방식은 환승역과 수요가 많은 주요 역을 공동역으로 설정하여 정차하는 것이 일반적이다.

선별정차방식은 노선의 공급역량을 감소시킬 수 있는 소지도 있는데, 공동역에서 열차를 갈아타는데 소요되는 시간이 많아지면 그럴 가능성이 커진다. 따라서 공동역의 플랫폼은 섬식 방식(island platform)이 바람직하다. 역으로 선별정차방식은 수요를 분산시켜 역에서 대기하는 시간을 줄일 수도 있다.

선별정차방식을 택하는 경우에도 특정 행사로 수요로 유발하는 역이 있는 경우 이를 반영하는 정차하는 유연성은 필요하다고 하겠다.

2) Express

급행을 도입하고자 하는 경우는 완행과의 공존을 위해서는 대피선 또는 3선 또는 복복선이 필수적이라고 할 수 있다. 대피선이 지하화하는 경우처럼 공간적으로 수직화한 사례도 있다.

3) 정차시간의 단축

미국의 경우 시 외곽에서 도심으로 진입하는 철도의 경우 정거장에서의 정차시간을 단축하는 것이 중요한 사안으로 거론되고 있다. 우리의 경우도 이러한 점은 없는지, 즉 정차시간이 많이 소요되는 경우 이를 단축할 수 있는 방안들을 모색하는 것이 필요할 것이다. 정거장에서의 정차시간의 단축은 도시철도의 속도향상과 승객 유치에 기여하고, 운영자의 경영효율성을 높이게 된다.

4) 연계 효율성 제고

환승시설은 수익성이 낮고 막대한 재원이 필요하므로 장기적인 관점에서 도시철도계획과 연계하여 환승시설을 확충하여야 하나, 현재는 도시철도가 완공된 후 환승시설을 건설하고

있어 그 효율성이 떨어지고 있다.

환승센터(서울역, 영등포역 2개소) 및 역세권 환승주차장(69개소)이 운영되고 있으나, 환승센터는 주변지역의 상업·업무시설에 접근성을 높이기 위한 방향으로 개발되어 교통수단간 연계체제는 미흡한 실정이다. 환승주차장은 주차요금 및 환승거리 과다 등으로 환승을 위한 주차비용이 47%에 불과한 실정이다.

도시철도계획과 연계하여 환승시설이 건설되어야 하고, 도시철도 노선간 연계체계도 보완하여 도시철도 이용률을 제고하여야 한다. 정부는 현재 기존 전철 및 도시철도의 단거리 연장으로 전철서비스 지역을 확대하고 우회 장거리 통행을 직선 단거리 통행구조로 전환하기 위하여 지하철 9호선 연장 등 9개 구간 72.7km를 건설한다는 계획을 세워 놓고 있다.

5. 고속화 대안모색

1) 운영전략의 전환

첨두 시간 대 도시철도가 도로보다 경쟁력이 있어 수요를 유치하였다면, 이러한 수요가 비첨두 시간 대에도 공간을 이동하는데 승용차에 경쟁력을 가질 수 있도록 도시철도가 운행될 수 있는 전략을 실현하여야 한다. 지금과 같이 비첨두 시간 대에 도로와 경쟁을 할 수 없는 운행 패턴을 갖고는 첨두 시간 대에도 보다 많은 승용차 수요를 철도에 유치할 수 없다고 본다.

수요를 많이 유발하고 있는 도심지역에 대해서는 첨두시에는 all-stop을, 비첨두시에는 skip-stop을 통하여 속도향상을 꾀하는 전략이 필요하다. 또한 수요를 유발하는 특정 지역에 있는 역에 대해서는 이를 반영하는 유연한 정거패턴이 요구된다.

현재 수요가 적은 비도심에 대해서는 첨두시에는 A, B 방식의 skip-stop 운행이 주축을 이루고, 비첨두시에는 A, B, C 방식의 운행패턴을 제안한다. 비첨두시에 속도가 향상되어 도로와의 경쟁력을 높인 것이다. 운행시격은 수요변화 추이를 보아가며 결정한다.

<표 2 > 도시철도 운행전략

	도시철도	도로(승용차)
첨두 시간 대	도심: all-stop 비도심: A, B skip-stop, 급행	혼잡
비첨두 시간 대	도심: skip-stop 비도심: A, B, C skip-stop	비혼잡

2) 대피선이 가능한 구간

대피선이 많은 구간에선 첨두 시간 대에 급행전략을 적극적으로 모색하는 것이 바람직하다.

3) 운행 패턴의 혼합

도시철도의 고속화를 도모함에 있어 하나의 노선에서 도심과 비도심을 구분하여 구간별로 운행방식을 달리하는 방식과 하나의 노선을 분할하여 시 외곽에서 도심까지 그리고 도심의 양 극단을 달리 운행하는 방식을 고려하여 볼 수 있을 것이다. 후자의 방식은 기본적으로 도심구간과 비도심구간의 수요 특성을 고려하여 운행빈도를 달리하고자 하는 것이다.

4) 노선별 고속화 대안 모색

노선별 고속화 대안에 관해 실질적인 결과를 얻기 위해선 운행에 필요한 기술적인 제약요인과 함께 역별 수요를 고려한 시뮬레이션(simulation) 분석이 이루어져야 한다. 본고에서는

이를 위한 개념설계의 일부에 국한하고자 하며, 하나의 노선에서 도심과 비도심을 구분하여 구간별로 운행방식을 달리하는 경우만을 고려한다.

<표 3> 수도권 전철

	1호선	2호선	3호선	4호선	5호선	6호선	7호선	8호선	
영업연장(km)	7.8	60.2	35.2	31.7	52.3	35.1	46.9	17.7	
정거장 수	9	49	31	26	50	38	42	17	
전동차 량	160	834	480	470	608	328	496	132	
운행시격 (분)	RH	3.0	2.5	3.0	2.5	2.5	4.0	2.5	4.5
	NH	4.0	5.5	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	6.0

(1) 1호선

1호선(서울역-청량리역)은 구간도 상대적으로 짧고 역별 이용자가 많은 특성을 갖고 있어, all-stop 방식을 유지하여야 한다고 보인다.

경인선과 경수선은 복복선 구간이 있는 만큼 현행과 같이 이를 활용한 급행도시철도 운영 전략이 요구된다.

(2) 2호선

첨두 시간대에는 모든 정거장에 정차하는 지금과 같은 방식을 유지하지만, 비첨두 시간대에는 환승정거장과 수요가 많은 정거장에서 정차하고 그 밖의 정거장은 하나 건너 정차하는 방식인 A, B 방식을 통해 고속화하는 것이 바람직하다고 보여진다. 가장 많이 이용하는 노선이며 서울 강북의 도심과 강남의 도심을 순환하는 선이라는 점에서 모든 정거장마다 무시할 수 없는 수요가 있을 것으로 판단되기 때문에 배차간격은 이용자가 인내할 수 있는 수준이어야 한다.

(3) 3호선

skip-stop 방식을 취하더라도 첨두시와 비첨두시에 패턴을 달리하는 것이 바람직하다고 보여진다. 첨두시에는 한 정거장 건너 정차하는 방식을, 비첨두시에는 두 정거장을 건너 정차하는 A, B, C 방식을 고려할 필요가 있다고 보여진다. 이는 선형이 좋지 않아 통행시간이 많이 걸리는 일산축 및 분당선과 연계되어 있기 때문이다. 도심구간은 첨두시에 all-stop, 비첨두시에 skip-stop 방식을 취한다.

(4) 4호선

skip-stop 방식을 취하는 것이 바람직하다고 보여진다. 대학가를 정차하는 역에 대해서는 대학의 일정을 반영하여 계절별로 정차를 차별화하는 방안을 모색하여야 한다. 도심구간은 첨두시에 all-stop, 비첨두시에 skip-stop 방식을 취한다.

(5) 5호선

전반적으로 skip-stop 방식을 취하고 강북 도심과 여의도 구간에선 all-stop 방식을 취하는 것이 바람직하다고 보여진다. 5호선이 업무단지가 밀집되어 있는 여의도 구간을 통과하는 유일한 노선이라는 점을 고려한 것이다. 도심구간은 첨두시에 all-stop, 비첨두시에 skip-stop 방식을 취한다.

(6) 6호선

전반적으로 skip-stop 방식을 취하고 대학과 월드컵경기장이 있는 만큼 이들의 수요유발요인을 반영하는 정차 패턴이 요구된다.

(7) 7호선

전반적으로 skip-stop 방식을 취하고 강남 도심 구간에선 첨두시에는 all-stop 방식을 취하는 것이 바람직하다고 보여진다.

(8) 8호선

전반적으로 skip-stop 방식을 취하는 것이 바람직하다고 보여진다.

6. 결 어

본 논문은 수도권 광역화로 요구되는 도시철도의 고속화에 필요한 도시철도 운행의 변화를 촉진시키고자 하는 의도에서 기술되었다. 이는 어디까지나 개념설계의 일부만을 다룬 것이며 정거장별 수요를 바탕으로 한 본격적인 연구가 이루어지는데 조그만 보탬이 되었으면 한다.

도시철도를 고속화하는데 현실적인 방안으로 생각되는 skip-stop 방식을 중심으로 각 노선별로 어느 정도 적용될 수 있는지 개념적인 기준을 놓고 판단하였다. 도심구간에선 첨두시에 all-stop, 비첨두시에는 승용차와의 경쟁력을 높이기 위해 skip-stop 방식을 모든 노선에 적용하는 방식을 취하였다. 또한 노선별로 특이한 특성이 있는 경우 이를 반영하는 정거 패턴이 이루어질 것을 제안하였다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), “수도권 광역교통망계획(2001~2020)”.
2. 김경철 외(2001), “기존선 개량을 통한 도시철도 속도향상 방안 기초연구,” 연구보고서, 서울시정개발연구원.
3. 전경수, 선진국의 도시철도 건설과 운영사례, www.greentransport.org/news/선진국의 도시철도.htm
4. Tom Parkinson and Ian Fisher(1996), “Rail Transit Capacity,” Report 13, Transportation Research Board.