

## 기존 노선 간 단거리 링크 건설을 통한 서울시 지하철 노선개편 구상\*

- 서울시 지하철 노선개편의 필요성
- 서울시 지하철의 문제점
- 서울시 지하철 노선개편 구상
- 노선개편 시 해결해야 할 기술적인 과제

### 서울시 지하철 노선개편의 필요성

- 서울시 지하철은 지난 30여년간 막대한 인프라 투자에도 불구하고 기대만큼의 수송분담율을 달성하지 못하고 있는 실정임.

<표 1> 세계 주요 도시의 도시철도 수송분담율

| 도시명       | 동경   | 파리 | 런던 | 서울 | 부산   | 대구  | 인천   |
|-----------|------|----|----|----|------|-----|------|
| 수송분담율 (%) | 73.2 | 70 | 74 | 35 | 11.9 | 6.6 | 17.4 |

주) 한국 도시는 2000년 자료이고, 외국 도시는 1996년 자료임.

- 서울시가 추진하고 있는 대중교통중심 교통체계의 완성을 위해서는 버스뿐 아니라 지하철의 개혁이 요구됨. 1기 지하철은 개통 후 30년, 2기 지하철은 개통 후 10년이 경과하여, 서울시 지하철 체계를 전면 재검토하고 장기 발전방향을 설정해야 할 시점에 와 있음.
- (그림 1)에서 보는 바와 같이 서울시 지하철의 장기 발전 방향에는 몇 가지 선택이 있을 수 있음. 인프라 투자 없이 시스템 개선만 고려하는 경우와 대규모 장거리 노선을 확충하는 경우 등이 있을 수 있으나, 이 연구는 현실적이고 효과적인 대안으로 단거리 링크 건설을 통한 신규 서비스 창출을 제안함.

\* 본 내용은 서울시정개발연구원에서 자체 연구과제로 수행중에 있으며, 서울시의 정책과는 다를 수도 있습니다.



[그림 1] 서울시 지하철 장기발전방향의 선택

## 서울시 지하철의 문제점

### ○ 지하철 노선망의 문제점

- 서울시 지하철은 막대한 건설비가 투입되었으나 수송 효율의 극대화는 이루지 못하고 있음.
- 도시철도 시스템의 수송 효율을 극대화하려면, 일단 지하철에 접근한 승객에게 자신들이 도시 주요 지역으로 최단시간에 이동할 수 있다는 확신을 주어야 함.
- 그러나 서울시 지하철은 노선 굴곡과 잦은 환승, 환승 시 불편 등으로 인한 서비스 저하로 중추간선 교통수단으로서의 경쟁력을 잃고 있음.

<표 2> 서울시 지하철의 역간 굴곡도

| 호선  | 구간          | 영업거리 (km) | 굴곡도가 높은 구간   | 굴곡도  |
|-----|-------------|-----------|--------------|------|
| 1호선 | 시청역 ~ 청량리   | 134.9     | 제기동 ~ 청량리    | 1.52 |
| 2호선 | 시청 ~ 시청     | 60.2      | -            | 순환선  |
| 3호선 | 지축 ~ 수서     | 35.2      | 압구정 ~ 학여울    | 2.31 |
| 4호선 | 당고개 ~ 남태령   | 31.7      | 이천 ~ 삼각지     | 1.48 |
| 5호선 | 방화 ~ 마천, 상일 | 52.3      | 방화 ~ 서대문     | 1.62 |
| 6호선 | 응암 ~ 봉화산    | 35.1      | 응암 ~ 보문      | 2.19 |
| 7호선 | 장암 ~ 온수     | 46.9      | 온수 ~ 도봉산, 장암 | 1.55 |
| 8호선 | 암사 ~ 모란     | 17.7      | 모란 ~ 복정      | 1.79 |

주) 굴곡도는 각 역간의 실제 지하철 노선거리를 직선거리로 나누어 구한 값의 평균이며 2호선은 순환선이어서 제외하였음.

<표 3> 서울시 지하철 환승역의 체감 환승시간 비교

| 순위 | 역명     | 환승노선      | 체감환승시간(분) |
|----|--------|-----------|-----------|
| 1  | 종로 3가  | 1호선 ↔ 5호선 | 17.1      |
| 2  | 동대문운동장 | 2호선 ↔ 5호선 | 15.0      |
| 3  | 왕십리    | 1호선 ↔ 5호선 | 14.3      |
| 4  | 노원     | 4호선 ↔ 7호선 | 14.0      |
| 5  | 신길     | 1호선 ↔ 5호선 | 11.6      |
| 6  | 대림     | 2호선 ↔ 7호선 | 11.3      |
| 7  | 삼각지    | 4호선 ↔ 6호선 | 11.1      |
| 8  | 영등포구청  | 2호선 ↔ 5호선 | 10.8      |
| 9  | 건대입구   | 1호선 ↔ 7호선 | 10.8      |

자료 : 이경재, 2004, 「환승역사의 동선체계를 고려한 환승 페널티 추정」, 서울대학교 공과대학.

- 현재 서울시 지하철은 일부 구간에서는 극심한 혼잡을 겪고 있으면서도 전체적으로는 수송분담이 저조한, 비효율 상태에 있음.

<표 4> 서울시 지하철 호선별 최대혼잡구간

| 호선  | 구간         | 통과차량 | 재차인원   | 혼잡도 (%) |
|-----|------------|------|--------|---------|
| 1호선 | 동대문 → 종로5가 | 90   | 19,163 | 135     |
| 2호선 | 상당 → 방배    | 100  | 74,178 | 224     |
| 3호선 | 독립문 → 경복궁  | 90   | 19,810 | 140     |
| 4호선 | 한성대 → 혜화   | 100  | 31,380 | 199     |
| 5호선 | 신길 → 여의도   | 22   | 43,543 | 158     |
| 6호선 | 망원 → 합정    | 13   | 24,514 | 150     |
| 7호선 | 이수 → 내방    | 16   | 34,174 | 170     |
|     | 중곡 → 군자    | 21   | 46,827 | 178     |
| 8호선 | 석촌 → 잠실    | 12   | 18,125 | 160     |

자료 : 2004 도시철도 수송계획, 2004 지하철 수송계획.

○ 지하철 운영시스템의 문제점

- 서울시 지하철 체계는 1기(1~4호선)는 지하철공사가, 2기(5~8호선)는 도시철도공사가 운영을 맡고 있어 기별로 운영주체가 다르고, 같은 운영주체하의 지하철마저도 호선별로 상당한 시스템 차이가 있음.
- 지하철 운영 상 가장 중요한 분야인 열차제어 체계가 호선별로 다를 뿐만 아니라 전력 감시, 설비 감시 및 각종 지원 통신체계도 호선별로 차이가 있음.

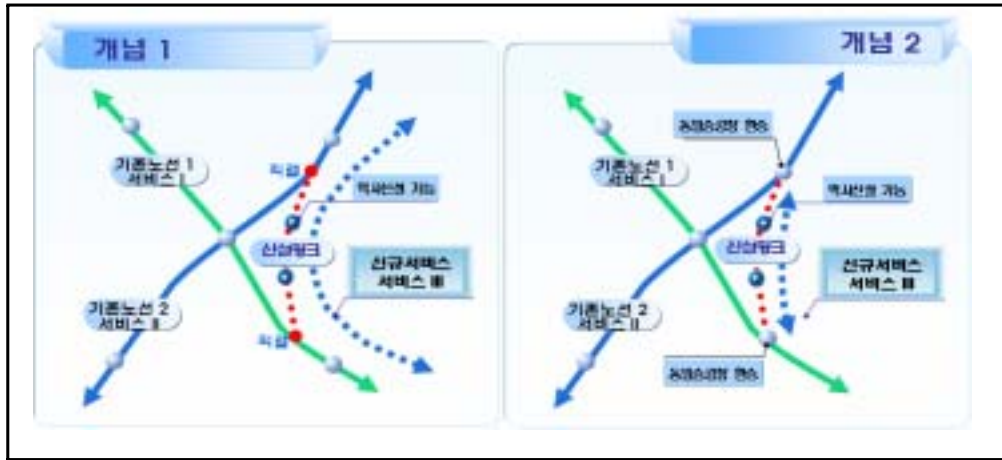
## 서울시 지하철 노선개편 구상

### ○ 발상의 전환 필요

- 지하철 노선망은 대개 독립 노선망(Independent Network)과 통합 노선망(Integrated Network)으로 나눌 수 있는데, 서울시 지하철은 대표적인 독립 노선망을 가지고 있음. 즉 서울시 지하철 체계에서는 물리적인 노선 개념과 서비스 개념이 정확히 일치하여, 물리적인 노선이 하나 건설되면 이를 왕복하는 단순 서비스가 제공됨.
- 노선계획이 효율적일 경우 대도시에서의 독립노선망은 통상 적합한 것으로 알려져 있으나, 앞서 언급한 바와 같은 노선망의 문제를 안고 있는 서울시의 경우 일부 노선망을 통합망으로 전환함으로써 전체적인 노선합리화를 꾀할 수 있음. 즉 서울시 지하철의 1노선 1서비스 개념을 탈피하여 더욱 다양한 승객 통행패턴에 부응하는 서비스 창출이 필요함.
- 서울시 지하철의 발전방향은 단거리 링크의 건설을 통해 다양한 직결 서비스를 제공하는 통합망을 형성함으로써 지하철의 간선중추기능을 확고히 하는 것으로 설정할 필요가 있음.

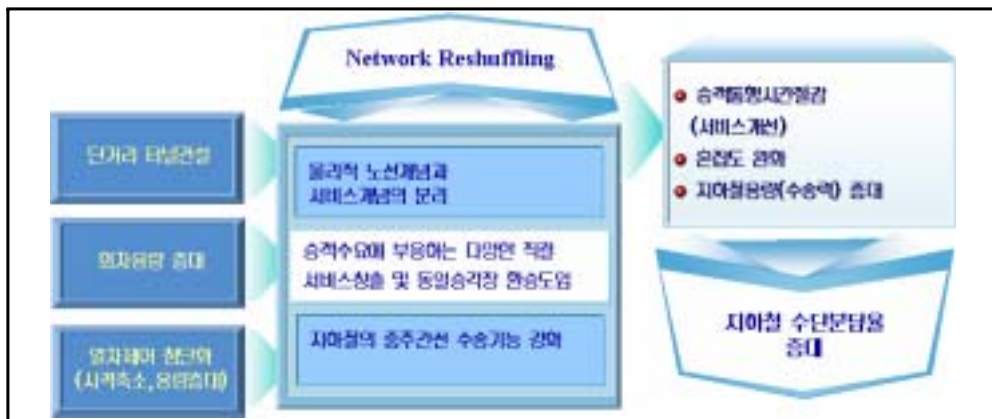
### ○ 지하철 노선개편 구상: Network Reshuffling

- 단거리 링크 건설을 통한 기존 노선 간 직결 서비스 창출을 Network Reshuffling이라고 부름.
- Network Reshuffling에는 (그림 2)에서 보는 바와 같이 두 가지 개념이 있는데, '개념 1'은 기존 노선의 터널구간에서 링크를 연결하여 서로 다른 두 노선을 교차 운행하는 서비스를 창출하는 방안임. 그러나 영업 중인 기존 노선의 터널 구간에서 신규 링크를 연결하는 공사는 시공 상 상당한 어려움이 있음.
- 반면 '개념 2'와 같이 서로 다른 노선에 포함된 두 역사에 유치선을 두고 연결하는 방안도 고려 가능함.
- '개념 2'의 경우 두 역간을 왕복운행하는 셔틀 개념의 서비스를 제공하므로 환승을 피할 수는 없으나, 기존의 환승과 같이 수직 이동에 따른 불편은 없으며 동일 승강장에서 환승하는 편의를 제공함.



[그림 2] Network Reshuffling 개념도

- Network Reshuffling을 성공적으로 실현하기 위해서는 해결해야 할 기술적인 과제들이 있음.  
우선 신규 노선 창출을 위해 기존 노선을 연결하는 단거리 터널의 건설이 필수적임.
- 또 기존 노선을 이용한 신규 서비스 창출이 효과를 가지려면 현재의 운행시격을 유지하거나 더 줄일 수 있는 기반이 필요함.

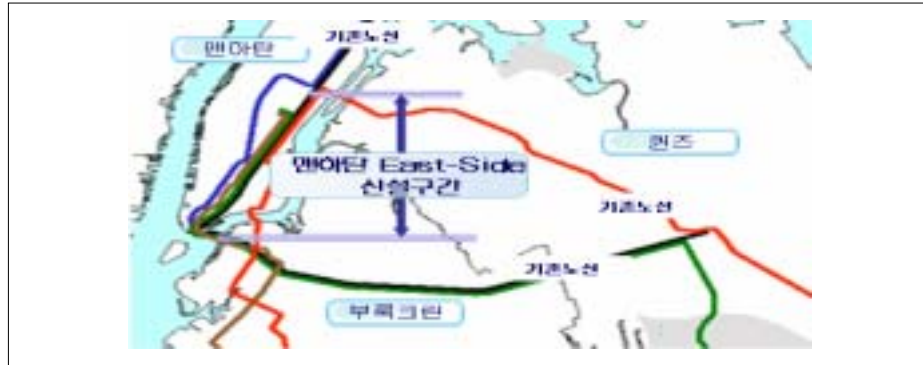


[그림 3] Network Reshuffling 개요

○ 신설링크 설정 원칙

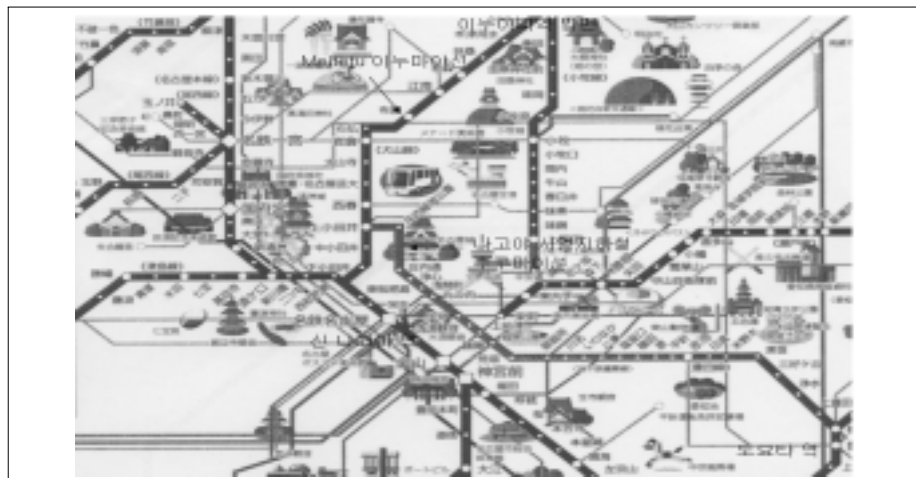
- 기존 노선의 혼잡구간 및 혼잡한 환승역을 우회하는 기능을 수행하는 단거리 링크를 설정함.
- 승객 수요를 창출할 수 있는 단거리 링크를 설정함. 즉, 서울시 각 권역간 통행을 기준으로 총통행수요 대비 지하철 이용 수요의 비율이 작은 권역간을 직결하는 서비스 개설을 가능케 하는 단거리 링크를 설정함.

- 지하철 이용 수요가 많지만 그 많은 승객이 모두 환승을 통해서만 통행이 가능할 경우, 이 환승을 피할 수 있는 단거리 링크를 설정하여 승객의 끊임없는(seamless) 통행을 보장함.
- 서울시 지하철망 발전 전망
  - 1기 지하철망의 특성은 환상선인 2호선과 방사선 형태의 1·3·4호선으로 규정할 수 있음.
  - 2기 지하철은 기하학적인 특성을 갖지는 않지만 5~8호선 지하철이 완공됨으로써 서울시의 지하철 이용 가능지역 범위가 최대화되는 장점을 갖게 되었음.
  - 기존 노선간 단거리 링크 건설을 통해 신규 서비스를 창출한다면 격자망 형성을 가능하게 하여 서울시 지하철 장기 노선망이 환상, 방사, 격자가 혼합된 복합망으로 발전할 수 있음.
- 기대효과
  - 주요 역간 환승횟수 감소를 기대할 수 있음. 이에 따라 지하철 이용자의 환승불편이 크게 감소될 것이며 이용자의 편의성이 증대될 것임.
  - 지하철 이용자의 통행시간 절감을 기대할 수 있음.
  - 전체적으로 기존 노선간 필요한 단거리 링크를 건설할 경우, 통행시간 절감 편익을 분석해 본 결과, 편익대상을 지하철 이용자에 한하더라도 연간 약 1,600억원 정도의 통행비용이 절감되는 것으로 추정됨. 이는 평균적으로 km당 700~1,000억원 가량 소요되는 지하철 터널 건설비용을 고려하더라도 충분히 사업 타당성을 가질만한 수치임.
  - 지하철 이용수요 증가에 따른 승용차 통행 감소로 인한 도로 혼잡완화와 대기환경 개선까지 고려한다면 이보다 더 큰 편익이 발생할 것으로 예상됨.
- 해외 유사 사례
  - 본 고에서 제안하는 Network Reshuffling 방안과 정확히 일치하는 해외사례는 없지만, 기존 노선망을 대상으로 운행중인 도시철도 노선들을 부분적으로 재조정하여 신규 서비스를 창출하는 유사사례를 몇 가지 소개함.
  - 미국 뉴욕 MetroLink 제안 사례 : 뉴욕 외곽지역에서 맨하탄 동부지역으로의 지하철 접근성이 열악(환승불편)하고 맨하탄 동부지역 남북측 용량이 부족한 문제를 해결하기 위해, 맨하탄 동부지역(East Side)에 트렁크 라인(터널) 건설, 맨하탄 동부지역과 외곽을 연결하는 5개의 신규 서비스 라인 개설, 차량 및 제어체계 업그레이드 사업 등이 포함된 MetroLink 사업이 1999년 제안된 바 있음( [그림 4] 참조).

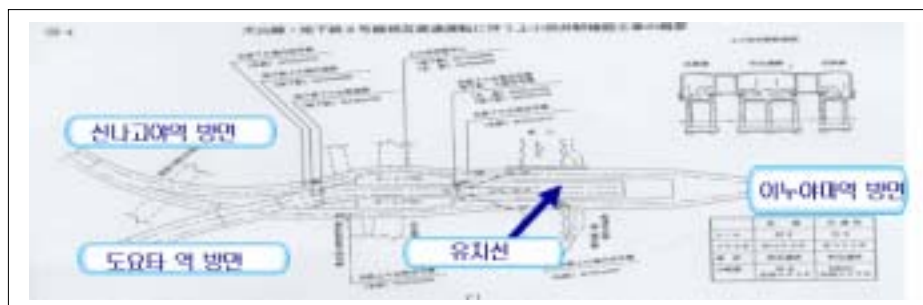


[그림 4] MetroLink 5개 서비스 라인

- 일본 Meitetsu 이누야마선과 나고야 시영 지하철 추루마이선 직결 사례 : 카미오타이역에서 이누야마선과 우루마이선의 직결은 이누야마역과 도요다역을 연결하는 새로운 직통 서비스를 제공함으로써 신나고야역에 집중적으로 몰리는 승객을 분산시키는 효과를 가져옴.



[그림 5] Meitetsu 이누야마선, 나고야 시영 지하철 추루마이선

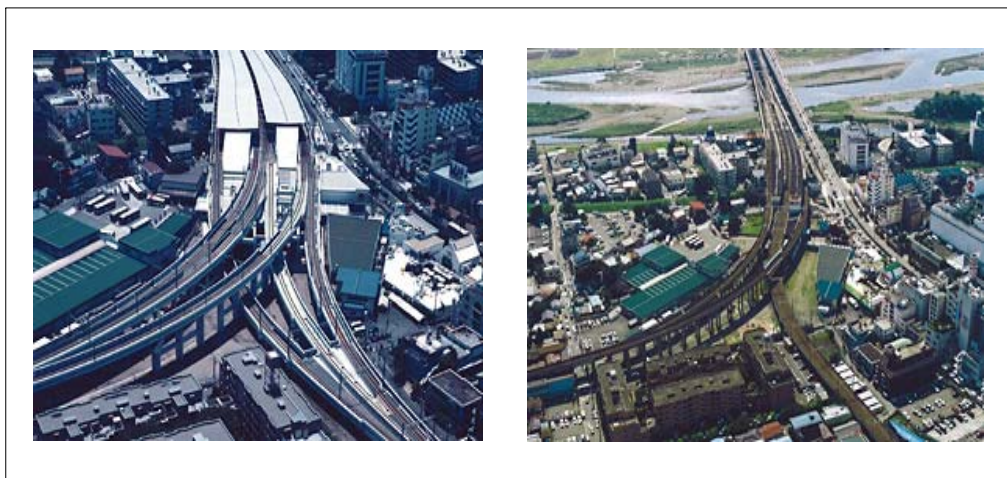


[그림 6] 카미오타이(上小田井)역 배선도

- 일본 Tokyu 전원도시선과 Tokyu 오이마치선 직결 사례 : 주변지역 개발로 인해 오전 첨두시 혼잡도가 195%에 달할 정도로 수송능력이 부족해짐에 따라 전원도시선 일부구간을 복복선화하고 전원도시선과 오이마치선을 연결하는 사업을 현재 추진 중임.



[그림 7] Tokyu 전원도시선, Tokyu 오이마치선



[그림 8] 후타고타마가와(二子玉川)역 개량 전(우측 그림), 개량 후(좌측 그림)



## 노선개편 시 해결해야 할 기술적인 과제

### ○ 기술적인 선결과제

- 본 고에서 제안한 지하철 노선개편을 실현하기 위해서는 기술적으로 해결해야 할 과제가 몇 가지 있음.
- 우선 영업 중인 기존 노선 또는 역사에서 신설 링크를 연결할 수 있는 방안을 마련해야 함.
- 또한 기존 노선과 신설 링크의 안전한 교행을 확보하는 방안 등을 면밀히 검토해야 하고, 안전한 분기와 분기 시 속도저감을 최소화하는 방안도 모색해야 함.
- 기존 노선에 더 많은 열차가 운행해야 하므로 열차제어체계의 첨단화와 회차시설 확충을 통해 기존 노선의 선로용량을 증대해야 함.
- 추가차량 및 전력 확보방안 등에 대한 검토가 필요함.
- 기술적 문제들을 종합적으로 해결해 나가기 위해서는 각 기술분야별 전문가들을 중심으로 공동연구추진단(Task force)을 형성하여 지속적인 연구를 할 필요가 있음.

### ○ 단거리 터널 시공

- 복선인 기존 노선에서 인터페이스 연결선을 다시 복선으로 건설할 경우 내측 연결선은 구조적으로 간단하지만 외측 연결선은 긴 구간과 깊은 심도의 터널 건설이 필요함.
- 터널은 기존의 터널 하부를 관통하는 구조로 하여야 하며, 터널 연결을 위해서는 측면의 시공공간이 추가로 필요함.
- 영업 중인 노선에서 공사할 경우 공사가능 시간은 야간의 비영업 시간에 국한되므로 공사 운영 및 관리차원의 대책이 필요함.

### ○ 분기시설

- 국내에서는 적용되고 있지 않지만 고속 곡선분기의 도입이 필수적임.
- 곡선분기를 적용할 경우 편구배(cant)를 확보할 수 있으므로 탈선의 위험 없이 고속분기가 가능함.

### ○ 열차제어 체계

- 본 제안이 가능하려면 기존 선로에 현재 운행 중인 열차횟수보다 많은 수의 열차운행이 가능해야 함.

- 현재 운행 시격 2분 30초를 2분 이내로 단축하기 위해서는 첨단 열차제어체계의 도입이 우선되어야 함.
- 회차시설
  - 본 고의 제안이 가능하려면 열차제어체계의 첨단화를 통한 선로상의 용량증대뿐 아니라 종착역 또는 회차역의 회차용량도 확보할 수 있는 방안을 강구해야 함.
- 차량 및 추가전력 확보
  - 추가로 소요되는 차량 및 전력 확보를 위해 필요한 기술적 지원사항 등을 면밀히 검토해야 함.
  - 장기적으로는 서울시 전체 지하철 시스템의 통합을 통해 동일한 차량과 전력공급방식을 갖추는 것이 필요함.

손기민 | 서울시정개발연구원 부연구위원  
02-2149-1110  
kmsohn@sdi.re.kr