



2005-R-10

서울시 지하철 노선체계 개편 방안
Reshuffle of Seoul Metro

2005

연구진

연구책임	손 기 민	• 도시교통연구부 연구위원
	윤 혁 렬	• 도시교통연구부 연구위원
연구원	김 대 현	• 도시교통연구부 연구원
	강 수 구	• 도시교통연구부 연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

제 I 장 연구의 개요

1. 연구의 배경

- 버스개편에 이어 지하철 노선체계 개편으로 서울의 미래 지향적 대중교통중심 교통체계의 완성이 필요함.
- 서울시 1기 지하철은 개통 후 30년, 2기 지하철은 개통 후 10년이 경과하여, 서울시 지하철 체계를 재검토하고 중장기적인 발전방향을 모색할 시점임.
- 현재 서울시 지하철은 침두시 지하철 용량부족으로 인한 극심한 혼잡, 잦은 환승과 환승 시 불편, 불합리한 노선망(굴곡, 우회노선)으로 인한 통행시간 손실 과다 등의 문제를 안고 있음.
- 그 결과, 300여 km에 달하는 총 노선연장을 가지고 있으면서도 수단 분담률은 30%대에 머물고 있는 실정임.

2. 연구의 목적

- 미래 서울 발전에 부합하는 선진 지하철 시스템을 구축함.
- 서울 지하철의 간선 중추기능을 회복함.
- 최소한의 인프라 투자로 지하철 서비스 극대화를 도모함.

3. 연구의 범위

- 공간적 범위: 서울시 지하철 전 노선(광역철도 제외)을 연구의 대상으로 함.
- 내용적 범위
 - 서울시 지하철 현황 및 장래 계획 검토
 - 서울시 지하철 문제점 파악
 - 선행연구 및 유사사례 검토
 - 지하철 노선체계 개편방안 수립
 - 기술검토

제3장 주요연구 결과

1. 발상의 전환

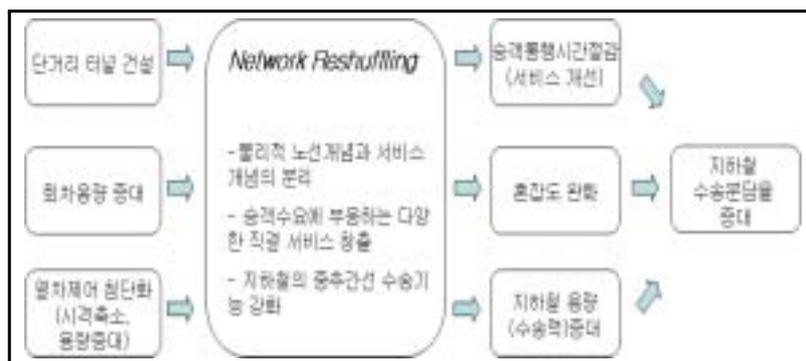
- 서울시 지하철 체계에서는 물리적인 노선 개념과 서비스개념이 정확히 일치함. 즉, 물리적인 노선이 하나 건설되면 이를 왕복하는 단순 서비스가 제공됨.
- 서울시 지하철을 1호선에서 8호선까지 계획하면서 노선 간 직결을 전혀 고려하지 않은 것은 대도시 지하철망에서 유리한 것으로 알려진 독립망의 구성을 원칙으로 하였기 때문임. 이에 따라 불편한 수직 환승 계획이 불가피한 관행으로 굳어진 경향이 있음.
- 도시철도망의 구성은 크게 독립망과 통합망의 두 가지로 구분함. (Buchic, 2004)
 - 독립망은 서울, 동경, 파리와 같이 물리적인 노선이 하나 건설되고 여기에 독립된 왕복 서비스가 제공되며 노선 간 환승이 수직 이동을 통해 이루어지는 지하철 망을 통칭함.
 - 반면, 뉴욕 지하철이나 샌프란시스코 BART 시스템과 같이 분기 및 합류를

통해 하나의 물리 노선에 여러 서비스가 제공되고 동일 승강장에서의 환승이 가능한 지하철 망을 통합 망으로 정의함.

- 서울과 같은 대도시에서는 독립망의 구성이 유리한 것으로 알려져 있으나, 독립 망으로 구성된 지하철망이라 하더라도 노선 간 직결운행 또는 동일 승강장 환승 등 통합망의 장점을 적극 수용하여 지하철 망을 정비함으로써 점점 더 높은 수준으로 요구되는 승객 편의 및 서비스 수준 향상을 도모할 필요가 있음.
- 이에 따라, 서울시에서도 미래지향적인 대중교통 중심의 교통체계를 완성하기 위해서는 1노선 1서비스 개념의 지하철 개념을 탈피하여 보다 다양한 승객 통행패턴에 부응하고 서비스의 질을 높일 수 있는 방안의 창출이 필요함.
- 장래 서울시 지하철 발전방향은 기존 지하철 노선의 보완(용량증대)과 네트워크 단점을 보완할 수 있는 단거리 링크들의 건설을 통해 다양한 직결 서비스를 확충함으로써 지하철의 간선중추기능을 강화하는 쪽으로 가야함.

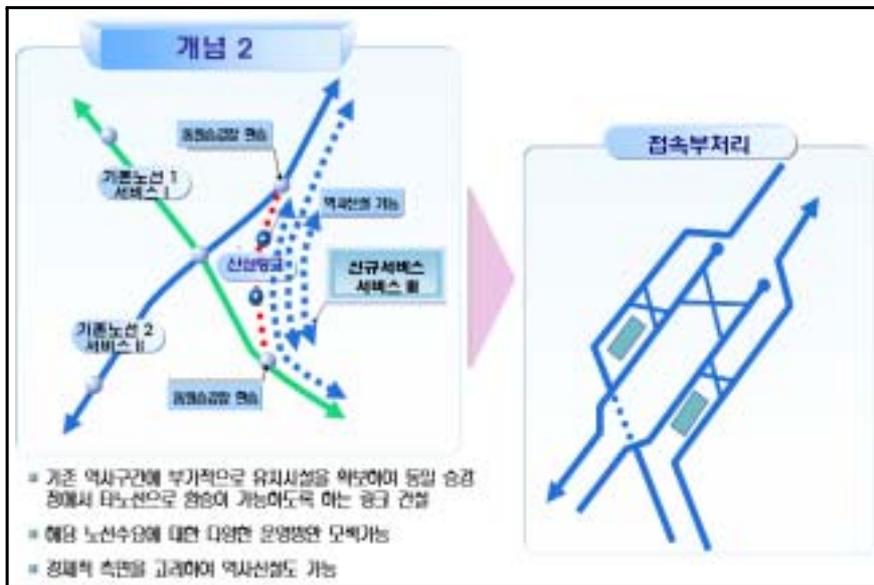
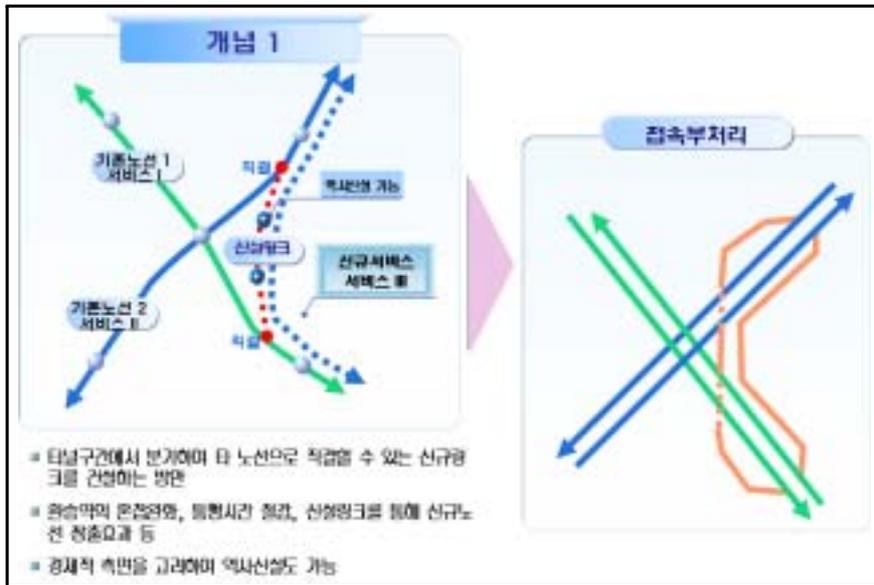
2. Network Reshuffling 방안

- Network Reshuffling 개요



<그림 요약-1> Network Reshuffling 개요

- 본 연구에서는 단거리 링크 건설을 통한 기존 노선 간 직결 서비스 창출을 "Network Reshuffling"으로 명명함.
- Network Reshuffling에는 두 가지 개념이 있을 수 있음.
- 첫 번째 개념으로 <그림 요약-2>의 개념1에서 보듯이 기존 두 노선의 터널 구간에서 직결하는 링크를 건설하여 두 노선 간의 교차 운영을 실시하는 방안임. 이 경우 새로운 서비스 노선이 창출되어 기존 노선 망에서의 긴 우회거리와 복잡한 수직 환승을 피할 수 있음.
- 경우에 따라, 필요할 경우 신규 링크 구간에 역사를 신설할 수도 있음.
- 개념2는 기존 역사에서 분기를 건설하여 타 노선으로 연결하는 방안으로서 개념1에 비하여 기술적인 용이성을 가지나 그 효과는 다소 떨어질 수 있음.
- 개념2에서는 기존의 수직 환승을 동일 승강장 환승으로 바꿀 수 있으며 불필요한 우회를 제거할 수 있음. 개념1과 마찬가지로 필요할 경우 링크 구간에 역사 신설이 가능함.
- 개념2에서 타 노선으로의 직결이 여의치 않을 경우, 왕복 셔틀 서비스도 가능함. 이때, 동일 승강장 환승이지만 환승횟수가 증가하는데 총 2회의 환승 시간이 기존 우회거리와 수직 환승 시간을 상쇄할 수 있는지를 면밀히 검토 후 적용 여부를 판단해야함.



<그림 요약-2> Network Reshuffling 개념도

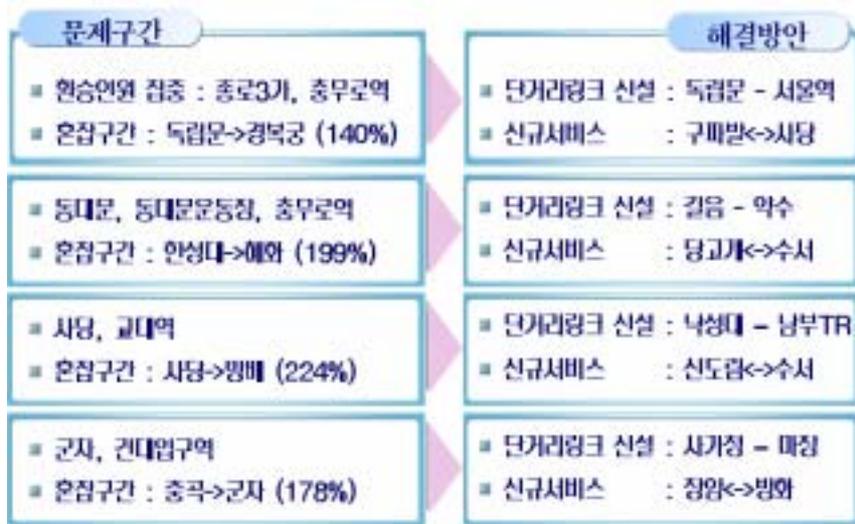
- Network Reshuffling을 성공적으로 실현하기 위해서는 선결되어야 할 기술 과제들이 존재함.
- 우선 신규 노선 창출을 위해 기존 노선을 연결하는 단거리 터널의 건설이 필수적임.
- 기존 노선을 이용한 신규 서비스 창출이 효과를 가지려면 현재의 운영시격을 유지하거나 더 줄일 수 있는 기반이 필요함.

3. Network Reshuffling 효과분석

1) 단거리 링크대안 설정

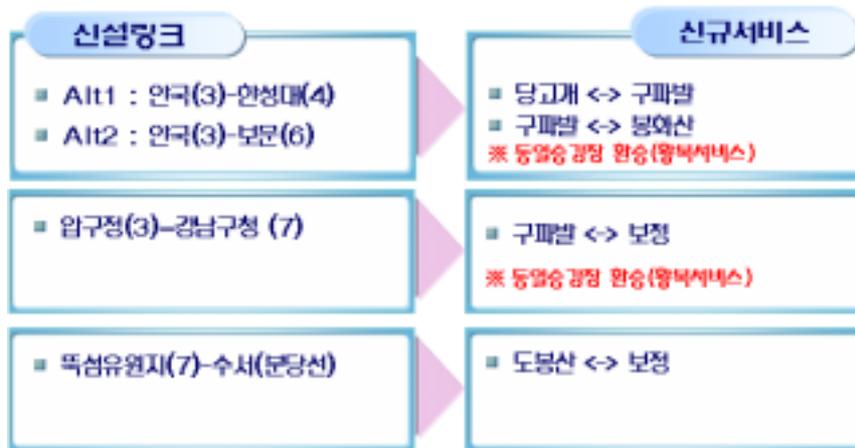
- 대안설정 원칙
 - 우선, 현재 지하철 노선망에서 심각한 혼잡을 겪고 있는 구간 및 환승역을 선별하고 이를 우회할 수 있는 단거리 링크건설을 고려함.
 - 둘째로, 서울시 각 권역 간 통행에 대해 전체 수단통행량 대비 지하철 통행량이 현저히 낮은 권역 간 통행에 대해 지하철 효율을 높여 부담률을 제고하고 새로운 승객수요를 창출할 수 있도록 하는 링크건설 대안을 고안함.

○ 혼잡구간 우회 링크



<그림 요약-3> 혼잡구간 및 혼잡 환승역 해결 대안

○ 이용수요 창출 링크



<그림 요약-4> 이용수요 창출 대안

2) Network Reshuffling 종합대안

- 1기 서울시 지하철은 부분적으로는 노선굴곡의 문제를 가지고 있기는 하나, 전체적으로는 2호선을 환상선으로 하고 3,4 호선이 도심을 관통하는 방사형태의 기하학적인 특징을 가지고 있음.
- 5~8호선의 2기 지하철은 뚜렷한 기하학적인 특징을 갖지는 않으나, 2기 지하철이 완공됨으로써 서울시의 지하철 연장은 선진도시 수준으로 올라갔으며 지하철의 서비스에서 제외되는 음영지역이 최소화되는 효과를 가져왔음.
- 반면, 노선체계의 불합리로 주변에 지하철역을 두고도 지하철을 이용하지 않는 문제가 발생함.
- 본 연구에서 제안하는 Network Reshuffling 대안을 적용할 경우 기존의 환상 방사형의 틀 위에 서비스 노선들을 추가하여 일종의 지하철 격자망을 구성할 수 있게 됨.



<그림 요약-5> Network Reshuffling 종합

3) 환승횟수 및 통행시간 절감

- 환승횟수 변화

<표 요약-1> 장기대안 환승횟수 변화

구분		서북부	동북부			동남부	경남		서남부
		구마령	당고개	장암	봉화산	복정	영재	시당	신도림
서북부	구마령								
	당고개	-							
동북부	장암	2→1(4)	-						
	봉화산	1→0(2)	-	-					
동남부	복정	1→0(2)	2→1	2→0	3→1				
경남	영재	-	1→0	-	-	1→0			
	시당	1→0	-	장기		-	-		
서남부	신도림	-	-	-	-	-	1→0	-	

주) - : 환승횟수 변화 없음
 (): 환승횟수 증가

- 통행시간 절감

<표 요약-2> 장기대안 통행시간 변화

구분		서북부	동북부			동남부	경남		서남부
		구마령	당고개	장암	봉화산	복정	영재	시당	신도림
서북부	구마령								
	당고개	60 → 49							
동북부	장암	79 → 60	29 → 29						
	봉화산	62 → 44	33 → 33	34 → 34					
동남부	복정	73 → 56	78 → 56	71 → 51	62 → 45				
경남	영재	51 → 51	62 → 49	72 → 60	58 → 58	27 → 21			
	시당	52 → 40	52 → 52	69 → 69	55 → 55	40 → 36	20 → 16		
서남부	신도림	47 → 47	63 → 63	75 → 75	58 → 58	58 → 42	36 → 21	22 → 22	

4) 통행시간 절감비용

- 제안한 7개 링크를 포함한 지하철망 전체에서의 통행시간 절감비용을 분석하였음.



<그림 요약-6> 대안1 분석결과

- 이 때 서울시 지하철 분담률은 41.6%로 현황에 비해 5%가량 증가하였으며 지하철 총통행시간은 3,435,800 인·hr 로 분석되었으며 이를 시간가치를 고려하여 연간 통행비용 절감을 추정하면 약 1,655억 원이 됨.

4. 기술검토

- 본 제안이 실제 구현되기 위해서는 기술적으로 넘어야 할 여러 가지 현안들이 존재함.
- 우선, 영업 중인 노선의 지하구간 또는 역 구간에서 분기시설을 건설하고 이어지는 단거리 터널을 시공해야하며, 신규 서비스를 위한 기존선의 추가 선로

용량확보가 필요하고 고속분기를 위한 시설의 확충, 회차용량 확보, 차량 및 전력 공급등 상당한 과제를 수반함.

- 기술사항을 5가지로 구분하여 각 소제목별로 상세히 그 타당성을 분석한 결과, 충분히 실현가능성이 있는 것으로 판단됨.

제III장 결론 및 정책건의

1. 결 론

- 본 연구에서는 단거리 링크신설과 기존 시스템 개량을 통해 새로운 지하철 서비스를 공급하는 “Network Reshuffling” 방안을 제안하였음.
- 부분적으로 극심한 혼잡을 겪고 있으며 전체적으로는 수송 분담률과 효율이 떨어지는 서울시 지하철을 개선하기 위해 신설 링크 건설과 이를 통한 신규 서비스 공급을 제안하였음.
- 혼잡완화를 위해 제시한 단기대안에서는 주요 기종점간 환승횟수를 줄이는 효과와 통행시간의 절감을 가져왔으며, 새로운 수요창출을 위해 제안한 장기 대안에서는 환승횟수 및 통행시간 절감뿐 아니라 이에 따른 수송 분담률 상승 효과가 상당한 것으로 분석되었음.
- 본 제안을 가능하게 하기 위해서는 단거리 터널 건설, 분기 시설, 열차제어체계, 회차, 차량 및 전력 등 고려해야할 여러 가지 문제가 있는데. 본 연구에서 검토해 본 결과 각 분야별 문제해결 방안을 확인하였음.

2. 정책 건의

- 본 연구는 서울시가 중점을 두고 추진하고 있는 대중교통 중심 교통체계의 완성을 위해 대중교통 수단의 핵심인 지하철에 대한 노선체계 개편방안을 제

안함.

- 단일노선 단일왕복 서비스 및 수직 환승을 기본전제로 한 현재 지하철 체계의 고정관념 하에서는 본 연구가 제안하는 지하철 체계의 개선의 실현이 어려워 보일 수 있음.
- 그러나, 과감한 발상의 전환이 있어야 하고 장기적인 안목을 가지고 향후 서울시 지하철 노선체계 개편의 방향을 설정한다면, 본 연구에서 제안한 노선체계 개편방안이 서울시 지하철 발전방향의 중심이 될 수 있을 것으로 판단됨.
- 결론적으로, 서울시 지하철의 장기 발전계획은 신설노선 건설을 통한 단순한 인프라 확장에서 벗어나, “Network Reshuffling”을 통해 기존의 노선 망을 개편 및 정비하여 지하철의 주요 간선 중추 기능을 강화하는 방향으로 나아가는 것이 바람직함.
- 후속연구로서 서울시 지하철 노선체계 개편에 대한 타당성 조사 연구를 수행하여 보다 엄밀한 의미에서의 대안설정과 실현가능성을 검토할 필요가 있음.

목 차

제 I 장 연구의 개요	3
제1절 연구의 배경 및 목적	3
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목적	3
제2절 연구의 범위	4
1. 공간적 범위	4
2. 내용적 범위	4
제3절 연구의 체계	6
제 II 장 서울시 지하철 현황 및 계획	9
제1절 서울시 지하철 현황	9
1. 서울시 교통현황 및 전망	9
2. 서울시 지하철 운영현황	9
제2절 서울시 지하철 관련계획	12
1. 서울시 지하철 건설계획	12
2. 수도권 철도 건설계획	16
제 III 장 서울시 지하철 문제점	23
제1절 네트워크 차원의 문제점	23
1. 노선골목 문제	24
2. 환승불편	30
3. 차내혼잡 문제	33
4. 구간별 이용수요의 편차로 인한 운영효율 저조	35
제2절 시스템 차원의 문제점	37

1. 노선 간 시스템 상이	37
2. 운영관리 시스템의 상이	40
2. 낙후된 열차제어체계	41
제IV장 선행연구 및 유사사례	47
제1절 선행연구 고찰	47
1. 국내 급행철도 도입에 관한 연구	47
2. 급행철도 효과분석 관련 연구	49
제2절 유사사례 검토	51
1. 뉴욕 MetroLink 제안 사례	51
2. 일본 도시철도 직결운영 사례	55
제V장 지하철 노선체계 개편방안	69
제1절 기본방향	69
1. 발상의 전환	69
2. Network Reshuffling	70
제2절 승객 통행패턴 분석	74
1. 분석개요	74
2. 권역설정	74
3. 이용자 통행패턴	77
제3절 링크건설 및 신규서비스 창출방안	87
1. 구간 혼잡 및 환승불편해결 대안	88
2. 이용수요 창출대안	92
3. Network Reshuffling 종합	96
제4절 효과분석	97
1. 단기 효과분석	97
2. 장기 효과분석	102

3. 수송효율 증대효과분석	111
제VI장 기술 검토	115
제1절 분기 및 단거리 터널	115
1. 건설 형태	115
2. 건설 방안	116
3. 시공 사례분석	117
제2절 열차제어체계	125
1. 서울지하철 열차제어시스템 현황	125
2. 차세대 열차제어시스템	133
3. 열차운행 호환성 확보방안	135
제3절 회차·차량·전력	144
1. 회차용량	144
2. 차량 및 전력	146
제VII장 결론 및 정책건의	151
제1절 결 론	151
제2절 정책 건의	151

표 목 차

<표 2-1> 서울시 교통현황 및 전망 분석	9
<표 2-2> 서울특별시 지하철 1기 운영현황	10
<표 2-3> 서울특별시 지하철 2기 운영현황	11
<표 3-1> 노선별 굴곡도 (시·종점 기준)	24
<표 3-2 > 1호선 각 역간 굴곡도	25
<표 3-3> 역간 굴곡도가 높은 구간 (3호선)	26
<표 3-4> 역간 굴곡도가 높은 구간 (4호선)	27
<표 3-5> 역간 굴곡도가 높은 구간 (5호선)	28
<표 3-6> 역간 굴곡도가 높은 구간 (6호선)	28
<표 3-7> 역간 굴곡도가 높은 구간 (7호선)	29
<표 3-8> 역간 굴곡도가 높은 구간 (8호선)	29
<표 3-9> 환승시간에 따른 환승역 순위	31
<표 3-10> 출·퇴근 시 지하철 혼잡도	34
<표 3-11> 노선별 최대혼잡구간 현황	35
<표 3-12> 서울시 지하철 운행 현황	41
<표 4-1> MetroLink 개략비용 추정	54
<표 5-1> 권역별 해당 지하철역 구간	75
<표 5-2> 권역간 승객통행패턴 Matrix(전체 수단통행량)	77
<표 5-3> 권역간 승객통행패턴 Matrix(지하철 역간 OD통행량)	78
<표 5-4> 단기대안에 포함된 신규 서비스	99
<표 5-5> 단기대안 환승횟수 변화	100
<표 5-6> 단기대안 통행시간 변화	100
<표 5-7> 장기대안 구성	106
<표 5-8> 장기대안 환승횟수 변화	107

<표 5-9> 장기대안 통행시간 변화	108
<표 5-10> 장기 대안별 통행시간 절감	111
<표 5-11> 수송효율 증대효과 분석	112
<표 6-1> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(1안) 공사비 산출	122
<표 6-2> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2안) 공사비 산출	122
<표 6-3> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2-1안) 공사비 산출	123
<표 6-4> 대안 종합비교	124
<표 6-5> 호환성 확보 Case	139
<표 6-6> Case1 (1호선 - 2호선)	140
<표 6-7> Case2 (1호선 - 3,4호선)	140
<표 6-8> Case3 (1호선 - 5,7호선)	140
<표 6-9> Case4 (2호선 - 3,4호선)	141
<표 6-10> Case5 (2호선 - 5,6,7,8호선)	141
<표 6-11> Case6 (3호선 - 4호선)	141
<표 6-12> Case7 (3호선 - 5,6,7호선)	142
<표 6-13> Case8 (3호선 - 일산선)	142
<표 6-14> Case9 (4호선 - 과천선)	142
<표 6-15> Case10(5,6,7,8호선 상호간)	143
<표 6-16> 전력시설 소요량	147

그림목차

<그림 1-1> 연구의 체계	6
<그림 2-1> 인천국제공항~서울역 노선 및 환승정거장	17
<그림 2-2> 중앙선 청량리~덕소 간 복선전철 계획 노선도	18
<그림 2-3> 경춘선 복선전철 계획 노선도	19
<그림 3-1> 선호도가 가장 높은 환승역과 가장 낮은 환승역의 동선체계 비교	32
<그림 3-2> 역별 승하차 현황(평일)	36
<그림 3-3> 환승인원 현황(평일)	36
<그림 4-1> MetroLink 5개 서비스 라인	51
<그림 4-2 > Tokyu 매구로선, 동경 Metro 남북선, 도영 미타선	57
<그림 4-3 > 시로카네타카나와(白金高輪)역 배선도	57
<그림 4-4 > Meitetu 이누야마선, 나고야 시영지하철 추루마이선	60
<그림 4-5 > 카미오타이(上小田井)역 배선도	61
<그림 4-6 > Tokyu 전원도시선, Tokyu 오이마치선	63
<그림 4-7> 후타고타마가와(二子玉川)역 개량 전후	65
<그림 5-1> Network Reshuffling 개념도	72
<그림 5-2> Network Reshuffling 개요	73
<그림 5-3> 권역구분	76
<그림 5-4> 도심 중앙권역 유출입통행 현황	79
<그림 5-5> 도심 동측권역 유출입통행 현황	80
<그림 5-6> 도심 남측권역 유출입통행 현황	81
<그림 5-7> 동북권역 유출입통행 현황	82
<그림 5-8> 동남권역 유출입통행 현황	82
<그림 5-9> 서북권역 유출입통행 현황	83
<그림 5-10> 서남권역 유출입통행 현황	84
<그림 5-11> 강남 동측권역 유출입통행 현황	84
<그림 5-12> 강남 서측권역 유출입통행 현황	85

<그림 5-13> 혼잡구간 및 혼잡 환승역 해결 대안	88
<그림 5-14> 혼잡해결 링크건설 대안	89
<그림 5-15> 이용수요 창출 대안	92
<그림 5-16> 이용수요 창출 링크건설 대안	95
<그림 5-17> Network Reshuffling 종합	96
<그림 5-18> 단기효과 분석 결과	102
<그림 5-19> SECOMM 구조도	104
<그림 5-20> 현황분석 결과	109
<그림 5-21> 대안1 분석결과	109
<그림 5-22> 대안2 분석결과	110
<그림 6-1> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(1안)	119
<그림 6-2> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2안)	120
<그림 6-3> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2-1안)	121
<그림 6-4> 3위 색등식 중복제어방식	125
<그림 6-5> ATS Block Diagram	126
<그림 6-6> ATS 제어곡선	126
<그림 6-7> ATS 제어와 신호현시 계열	127
<그림 6-8> 차상신호 전송 블록다이어그램	129
<그림 6-9> ATC 차상장치 블록다이어그램	130
<그림 6-10> ATC 송신주파수 파형	130
<그림 6-11> 5, 6, 7, 8호선 열차제어시스템 체제	132
<그림 6-12> 첨단 열차제어시스템	134
<그림 6-13> 열차제어시스템 발전 현황	134
<그림 6-14> 신호시스템 인터페이스	138
<그림 6-15> 중간회차 배선(예)	145

제 I 장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구의 범위

제3절 연구의 체계

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

- 버스개편에 이어 지하철노선체계 개편으로 서울의 미래 지향적 대중교통중심 교통체계의 완성이 필요할 뿐 아니라, 개통 후 각각 30년, 10년이 경과한 서울시 1기, 2기 지하철에 대해 서울시 지하철 체계를 재검토하고 중장기적인 발전방향을 모색할 시점이 되었다.
- 현재 서울시 지하철은 침두시 지하철 용량부족으로 인한 극심한 혼잡, 잦은 환승과 환승 시 불편, 불합리한 노선 망(골목, 우회노선)으로 인한 통행시간 손실 과다 등의 문제를 안고 있고, 그 결과 서울시 지하철공사와 도시철도공사가 관장하는 연장은 286.9 km에 달하는 총 노선연장을 가지고 있으면서도 수단 분담률은 30%대에 머물고 있어 60%이상을 차지하는 선진외국과 비교하면 낮은 실정이다.
- 3기 지하철 건설은 9호선을 제외하고는 실현 가능성이 적은 바, 향후 서울시 지하철 체계의 발전 방향은 장거리 독립노선 건설에서 벗어나 단거리 링크 건설과 기존 노선을 활용한 서비스 다양화에 초점을 두는 것이 타당하다.

2. 연구의 목적

- 최소한의 인프라 투자로 지하철 용량 증대와 서비스 개선을 도모하고,
- 미래 서울 발전에 부합하는 선진 지하철 시스템을 구축하며,
- 서울 지하철의 중추기능을 회복한다.

- 중량전철의 역할은 도시의 중추 교통축을 대용량으로 빠르게 연결하는 기능을 수행해야한다. 즉, 도시의 교통수요 패턴에서 큰 흐름을 이루는 축 선상에 최단거리로 중추 간선노선을 건설하고, 버스·경전철 등 다양한 지선 수단들을 통해 이 중추 간선노선에 접근할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- 이렇게 함으로써 시민들로 하여금 일단 중추 간선노선에 이르러서 탑승하기만 하면 도시의 각 핵심지역에 우회 없이 최단시간에 도착할 수 있다는 확신을 주어야 한다. 그러나 서울시 지하철노선의 대부분은 굴곡이 심하고 시격이 비교적 길며 (2분 이상), 표정속도가 낮아서 진정한 의미의 중추 간선 역할을 하기 어려운 실정이다.
- 따라서, 본 연구에서는 실제 교통패턴에 부합하도록 우회나 환승이 없는 직결 서비스의 창출을 통한 서울시 지하철의 노선체계 개편방안을 제안하고자 한다.

제 2 절 연구의 범위

1. 공간적 범위

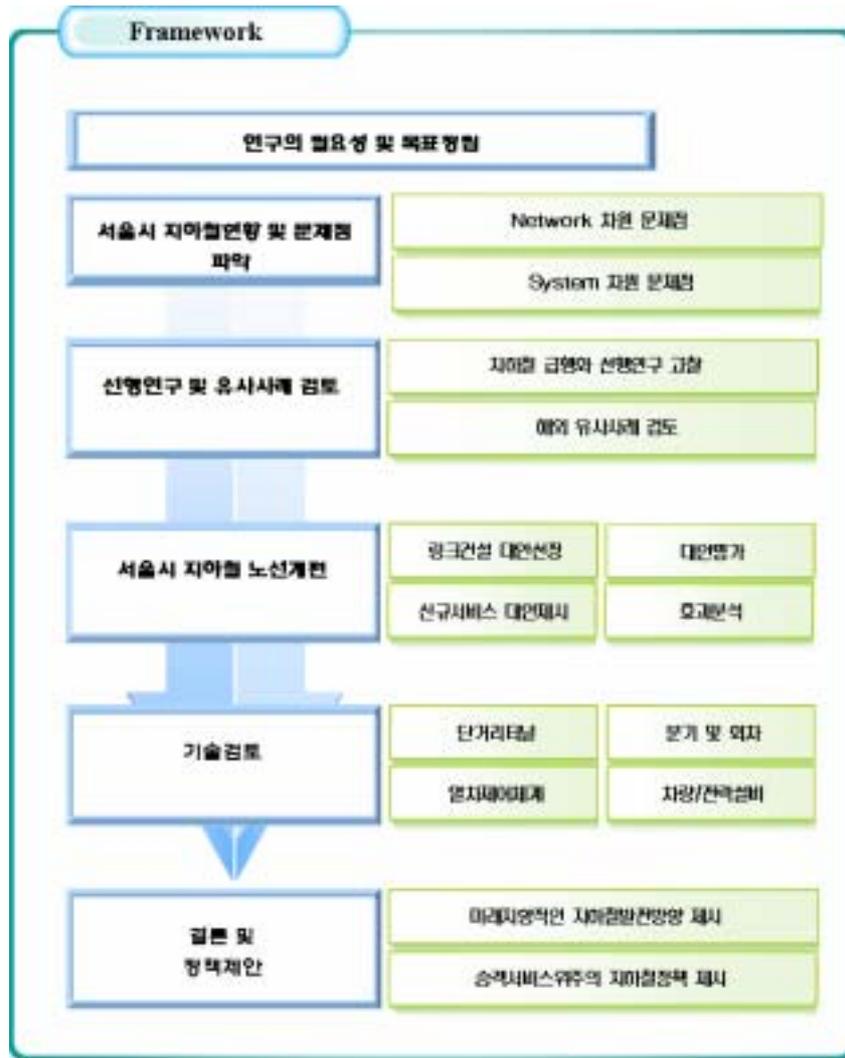
- 서울시 지하철 전 노선(광역철도 제외)을 연구의 대상으로 한다.

2. 내용적 범위

- 서울시 지하철 현황 및 장래 계획 검토하여 현재 운영 상태와 수송 분담률 등을 파악하고, 장래 확장·신설계획을 면밀히 검토하여 연구에 반영한다. 또한 본 연구와 직접적인 관련은 없으나 수도권 광역철도에 대해 계획적인 개략 검토를 포함한다.

- 「노선굴곡」, 「환승불편」, 「구간 및 역사 혼잡」, 「수송 분담률 저조」 등의 서울시 지하철 네트워크 차원의 문제점을 파악하고, 「노선 간 시스템 상이」, 「낙후된 열차제어체계」 등과 같은 시스템 차원 문제점을 정확히 파악한다.
- 급행열차 도입, 열차제어체계 개선 등 그간 지하철 용량 증대 및 서비스 개선을 위해 수행한 선행 연구의 내용과 결과를 고찰하고, 기존 도시 철도시스템의 문제를 해결하고 승객 서비스를 증진하기 위한 해외 선진 도시들의 노력을 파악한다.
- 이를 통해 지하철 노선체계 개편방안 수립하고 향후 서울시 지하철의 발전 방향을 제시한다. 구체적으로 기존노선을 직결하는 단거리 링크 건설을 제안하여 기존노선과 직결링크를 통한 신규 서비스 창출방안을 제안하고, 현재 서울시 지하철 이용 승객수요 패턴을 기준으로 승객수요가 많은 교통축에 대한 신규 서비스 대안을 창출한다. 또한, 총 통행수요는 많으나 지하철 이용수요는 작은 축에 대해서도 직결 서비스 대안을 제시한다. 제안한 서비스에 대해서는 총체적인 효과를 단기, 장기로 나누어 분석과정을 수행하고, 이때 단기 분석에서는 지하철 통행수요의 변화는 없는 것으로 가정하고 장기 분석에서는 지하철 승객 분담률의 변화를 고려하여 분석을 수행한다.
- 상기한 지하철 노선체계 개편을 위한 기술적 고려사항을 검토하고, 기존 서비스에 대해 열차운행을 지속하면서 해당 노선을 연결하는 단거리 터널을 건설하기 위한 방안을 강구한다. 그리고 고속 분기를 위한 곡선 분기시설 등의 도입방안을 검토하고, 노선 간 열차 직통운전 방안과 기존 서비스의 시격을 유지하면서 신규 서비스를 추가로 제공하기 위한, 더 나아가 시격축소를 통한 용량확보를 위해 필요한 열차제어체계의 개선방안을 제안한다. 또한, 신규 서비스 추가에 따른 회차 용량확보방안을 검토하고, 차량 및 전력의 추가 확보방안에 대해 분석한다.

제 3 절 연구의 체계



<그림 1-1> 연구의 체계

제Ⅱ장 서울시 지하철 현황 및 계획

제1절 서울시 지하철 현황

제2절 서울시 지하철 관련계획

제II장 | 서울시 지하철 현황 및 계획

제 1 절 서울시 지하철 현황

1. 서울시 교통현황 및 전망

- 서울시 교통의 지하철 수송 분담률은 2003년 기준 35.0%로 다른 교통수단보다 높으나 막대한 건설 투자비에 비해 다소 미약한 것으로 판단된다.
- 다음 표와 같이 2003년 35.0%에서 2004년 37.8%로 늘어날 전망이며 2005년과 2006년에는 각각 36.19, 36.6%로 전망된다.

<표 2-1> 서울시 교통현황 및 전망 분석

구분	2003년	2004년	2005년	2006년	
인구 (천명)	9,865	9,815	9,761	9,741	
수도권 교통인구 (천명)	46,458	47,317	48,294	49,885	
지하철연장 (km)	348.1	355.4	355.4	380.9	
수송 분담률(%)	지하철	35.0	37.8	36.19	36.6
	버스	27.6	30	31.9	33.4
	승용차	25	22.2	20.3	18.7
	택시	7.3	7	6.5	6
	기타	5.1	5.2	5.2	5.3

참고자료 : 서울특별시도시철도공사 2003 경영실적보고서, 2004

2. 서울시 지하철 운영현황

2.1 기본현황

- 서울시 지하철은 서울특별시지하철공사와 서울특별시도시철도공사가 호선별로 운영하고 있다.
- 서울특별시지하철공사는 1981년 9월 1일 지방공기업법 제49조에 의거하여 설립되었으며, 서울특별시도시철도공사는 1994년 3월 15일 지방공기업법 제49조 및 제76조, 도시철도공사 설치조례 및 공사정관에 근거하여 설립되었다.

2.2 노선 및 시설운영현황

- 서울특별시지하철공사는 4개 노선 총 115개 역의 운영 및 관리를 담당하고 있으며 총 영업거리는 134.9km 이다.

<표 2-2> 서울특별시 지하철 1기 운영현황

[2005. 3월 현재]

구 분	계	1호선	2호선	3호선	4호선	
구 간	4개 노선	서울~청량리	시청~시청	지축~수서	당고개~남태령	
영업거리(km)	134.9	7.8	60.2	35.2	31.7	
역 수(개)	115	9	49	31	26	
소요시간(분)	15~87	15	87	62	53	
보유차량수(량)	1,944	160	834	480	470	
열차편성수 (1편성당 량수)	199 (4~10)	16 (10)	88 (4~10)	48 (10)	47 (10)	
표정속도(km/h)	34.3	31.2	33.6	34.0	35.8	
열차주행키로(천km)	22,245	2,133	9,604	5,304	5,204	
운 행 시 격	RH	2.5~3.0	3.0	2.5	3.0	2.5
	NH	4.0~6.0	4.0	5.5	6.0	5.0
운 행 회 수	평 일	2,648	642	1,036	440	530
	토요일	2,542	635	974	421	512
	일요(휴)일	2,192	575	840	355	422
'04년 승차인원 (천명)	연 간	1,072,661	115,490	527,689	195,717	233,765
	일평균	2,931	316	1,442	535	638
건 설 비(억원)	29,661	330	10,712	10,304	8,315	
착 공 및 개 통 일			'71.4.8	'78.3.9	'80.2.29	'80.2.29
			'74.8.15	'96.3.20	'93.10.30	'94.4.1

참고자료 : 2005년도 지하철 수송계획, 서울특별시지하철공사 2005

- 서울특별시지하철공사 4개 노선은 총 1,944량의 전차로 Rush-hour시에는 2.5~3.0분, 그 외에는 4.0~6.0분의 운전시격으로 운행하고 있고, 2004년도 지하철공사 4개 노선의 일평균 수송인원은 약 2,931천명이며 2호선이 가장 많은 인원을 수송하고 있다.

<표 2-3> 서울특별시 지하철 2기 운영현황 [2005.3월 현재]

구 분	계	5호선	6호선	7호선	8호선	
구 간	4개 노선	방 화 ~ 상일동 · 마천	응 암 ~ 봉화산	장암~온수	암사~모란	
영업거리(km)	152.0	52.3	35.1	46.9	17.7	
역 수(개)	148	51	38	42	17	
소요시간(분)	31~87	83/87	70	87	31	
보유차량수(량)	1,564	608	328	496	132	
열차편성수 (1편성당 량수)	201 (6~8)	76 (8)	41 (8)	62 (8)	22 (6)	
표정속도(km/h)	32.3	32.7	30.1	32.3	34.2	
열차주행키로(천km)	21,643	8,037	4,207	7,116	2,283	
운 행 시 격	RH	2.5~4.5	2.5	4.0	2.5	4.5
	NH	5.0~6.0	5.0	6.0	5.0	6.0
운 행 수	평 일	1,661	496	374	437	354
	토요일	1,625	489	363	427	346
	일요(휴)일	1,513	430	347	398	338
'04년 승차인원 (천명)	연 간	598,667	224,257	106,075	210,720	57,615
	일평균	1,636	613	290	576	157
건설비(억원)	92,064	30,215	25,496	27,851	8,502	
착공 및 개통일	-	'90.6.27 '96.12.30	'94.1.8 '01.3.9	'90.12.28 '00.8.1	'90.12.2 '99.7.2	

참고자료 : 2005년도 도시철도 수송계획, 서울특별시도시철도공사 2005

- 서울특별시도시철도공사는 4개 노선 148개 역의 운영 및 관리를 담당하고 있으며 총 영업거리는 152.0 km이고, 총 1,564량의 전차로 Rush-hour시에는 2.5~4.5분, 그 외에는 5.0~6.0분의 운전시격으로 운행하고 있으며, 2003년도 도시철도공사 4개 노선의 일평균수송인원은 약 1,636천명이고 이 중에 5호선과 7호선이 가장 많은 인원을 수송하고 있다.

제 2 절 서울시 지하철 관련계획

1. 서울시 지하철 건설계획

1.1 지하철 9호선 건설

1) 사업개요

- 93년 공청회, 94.6월 노선 망 선정 후 주민설명회 개최, 지하철 9호선에 대하여 사회여건 변동 상황을 종합 재분석하여 교통수요, 운영시스템, 건설계획 등 기본계획을 조정하고, 2001년 상반기까지 설계 등 사전준비를 완료하여 2001년 하반기 착공, 2007년까지 완공 할 계획이다.

2) 노선 및 특성

- 노선연장은 총 38km(김포공항-여의도-고속터미널-COEX-방이)로 정거장(37개), 환승정거장(13개)로 구성되어있다.
- 노선의 특성
 - 신공항, 김포, 강화 등 수도권 지역에서 강남까지 60분내 진입 가능
 - 강남과 영등포 등 부도심, 1개 지역중심, 6개 지구중심 간을 상호연결
 - 13개소 타 노선과 환승, 기존 지하철망과 연계성, 이용효율 증대 가능
 - 가양동, 염창동, 흑석동, 노량진본동 등 지하철 접근 취약지역 해소
 - 공항, 고속터미널, COEX, ASEM센터, 종합운동장 등과 접근성 개선

3) 건설의 필요성

- 서울시 2기 지하철 완공 후에도, 지하철 중심으로 대중교통 처리를 하는데

필요한 Network가 부족하다.

- 서비스 취약지역 해소 및 기존 지하철 이용증대방안 강구 필요
- 강남과 영등포 등 중심지역간 연결강화로 도시구조 다핵화, 균형발전 도모
- 수도권 동·서부지역 개발수요에 대처하고 마곡, 흑석동 등 역세권개발 지원
- 특히 김포공항~반포 간 25.5km중, 가양~반포 간 16km구간은 시간당 수송수요가 약 3~4만 명으로 예측되는 등 도시철도 건설 필요성이 높은 구간이다.
- 인천 신공항철도와 연계운행으로 단절 없는 도시철도망 확충을 위하여 2001년 착공이 필요하다.

4) 단계별 추진계획

- 수송수요가 많은 구간부터 우선 추진
- 1단계 : 김포공항~반포 (25.5km), 사업기간 2001~2007
- 2단계 : 반포~방이 (12.5km)는 교통수요, 재정상황 등을 고려 추후 착공

5) 9호선 건설특징

- 차량규모 : 중형차량선정, 운행시격 단축
 - 수송수요 검토결과 신공항선 연계 등을 감안 중형 8량 규모로 선정
 - 중형차량 (폭2.8m×길이18m) : 8량 편성
- 완행급행 혼용 : 대피선 설치 비혼잡시간대 운영
 - 신공항에서 강남 부도심까지 60분내 진입 가능

- 급행은 환승역만 정차 운행시간 단축
- 전 역사 Screen Door 설치, 승강편의시설 완비 원칙
- 승객 안전사고 방지, 공기 질 향상, 열차 풍 방지, 공조효율 제고 등

1.2 7호선 연장

1) 사업개요

- 기 건설 운영 중인 서울지하철 7호선을 온수역에서 부천상동을 경유하여 인천지하철1호선 부평구청역까지 연장함으로써 광역철도망을 구축하는 사업이다.
- 온수역에서 경인선과 갈아탈 수 있으며, 부평구청역에서 인천지하철 1호선으로 환승할 수 있다.
- 구간 : 온수~상동~부평구청(9역, 10.2km)
- 공사기간 : 2004년 12월~2010년 말

2) 건설 후 예상효과

- 서울지하철7호선과 인천지하철1호선의 연결로 도시철도 이용수요가 증가한다.
- 부천 중동, 상동 신도시, 인천 북부지역, 서울 서부지역 등 교통난이 완화된다.
- 수도권 광역교통망 확충으로 경인선 혼잡이 완화된다.

1.3 3호선 연장(수서~오금)

1) 사업개요

- 기 건설 운영하고 있는 서울지하철 3호선을 연장하여 지하철 8호선 가락시장역 및 지하철5호선 오금역과의 환승체계를 구축한다.
- 가락, 오금 등에서 강남, 도심으로 접근이 용이하고 지하철 이용 불편지역 시민의 출퇴근, 경찰병원이용시민 등의 생활이 편리해진다.
- 구간 : 수서~가락시장~경찰병원~오금(3역, 3km)
- 공사기간 : 2003년 12월 ~ 2009년 12월

2) 건설 후 예상효과

- 도시철도 노선망 네트워크 효과로 지하철 이용이 증대된다.
- 송파, 강남지역 지하철망 연계 확충으로 지하철 이용편의 향상된다.
- 지하철 2, 8호선 잠실역의 과도한 환승 승객 분산 처리 등의 효과가 나타난다.

1.4 분당선 연장

1) 사업개요

- 분당선을 위아래로 연장하는 공사로 선릉~수서 구간은 철도청 자체계획에 의해 연장되고 있고,
- 왕십리~선릉 구간은 건설교통부의 광역전철로 지정 추진 중에 있으며, 남쪽 노선은 용인시와 수원시의 절충노선으로 죽전~수원 구간 노선이 결정되었다.

2) 노선개요

- 1차 : 6.6km(수서~선릉), 1995. 3월~2003. 6월
- 2차 : 6.6km(선릉~강남구청⑦~삼릉⑨~왕십리), 2008년 개통예정
- 3·4차 : 8.0km(오리~죽전~기흥), 2005년 및 2006년 개통예정
- 4차 : 10.2km(기흥~수원역), 2008년 개통예정

1.5 동묘역(1호선) 신설

1) 사업개요

- 1호선 동대문역~신설동역 구간에 6호선과의 환승이 가능한 역사 신설
- 공사기간 : 2001.11~2005.8

1.6 용두역(2호선) 신설

1) 사업개요

- 2호선 신설동역~신답역 사이에 신설
- 공사기간 : 2001.11~2005.8

2. 수도권 철도 건설계획

2.1 인천 국제공항철도 건설

1) 사업개요

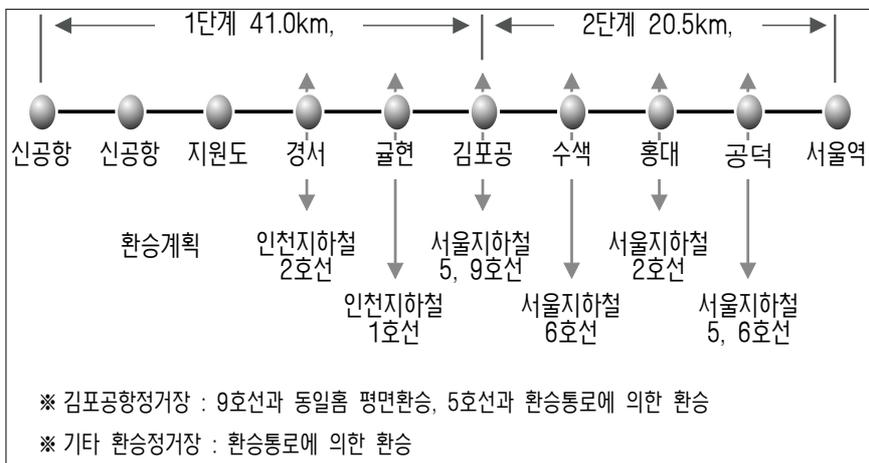
- 인천국제공항의 개발에 따른 공항접근 교통수요에 대비하기 위하여 민간투자

사업 방식에 따라 인천국제공항과 수도권지역을 연결하는 약 61.5km의 복선 철도를 건설(정거장 10개소, 차량기지 1개소)한다.

- 사업추진방식(BTO) : 사업시행자인 인천국제공항철도(주)가 주축이 되어 철도청과 현대건설 및 포스코개발 등 11개사 컨소시엄 형태로 총투자비 4조 8,859억 원(민자 3조 4,095억 원, 국고 1조 4,764억 원)을 투입, 건설 추진
- 자금조달 및 건설(민간)→소유(정부), 운영(민간 30년)→운영권 정부귀속
- 1단계 구간 착공 : 2001. 4. 30

2) 노선 및 특성

- 노선 : 총연장 61.5km (인천국제공항~서울역)
 - 1단계 : 41.0km(신공항~김포공항) 2001. 3월~2005. 12월
 - 2단계 : 20.5km(김포공항~서울역) 2008. 8월 완공예정



<그림 2-1> 인천국제공항~서울역 노선 및 환승정거장

3) 특징

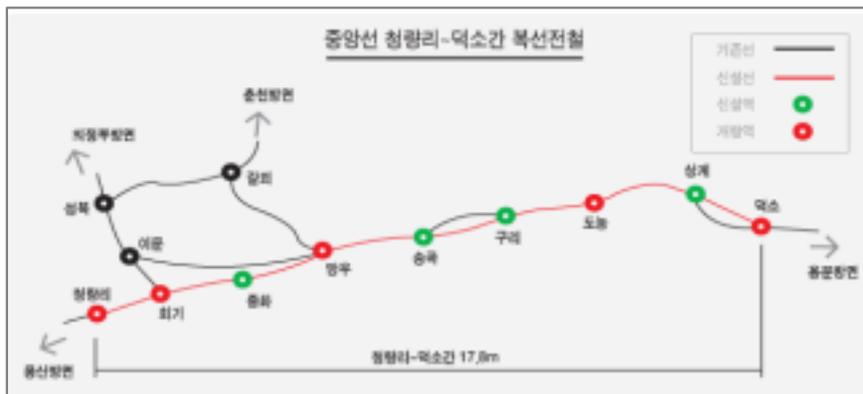
- 한강 하저터널 통과 및 지상, 지하, 교량구간으로 구축하고, 교량구간은 연육교를 포함해 13개소 교량 통과한다.
- 전 역사 Screen Door 설치 및 자동 열차운전장치로 안전성 확보하다.
- 열차운행은 급행과 완행열차로 이원화하고 , 서울역까지 완행은 50분, 급행은 40분소요 예정이다.
- 차량편성 : 6량(2006~2014년), 8량(2015년 이후)

2.2 중앙선(청량리~덕소) 복선 전철화

1) 사업개요

- 청량리~덕소(10개역, 17.8km)
- 개통예정 : 2005. 12월

2) 계획 노선도



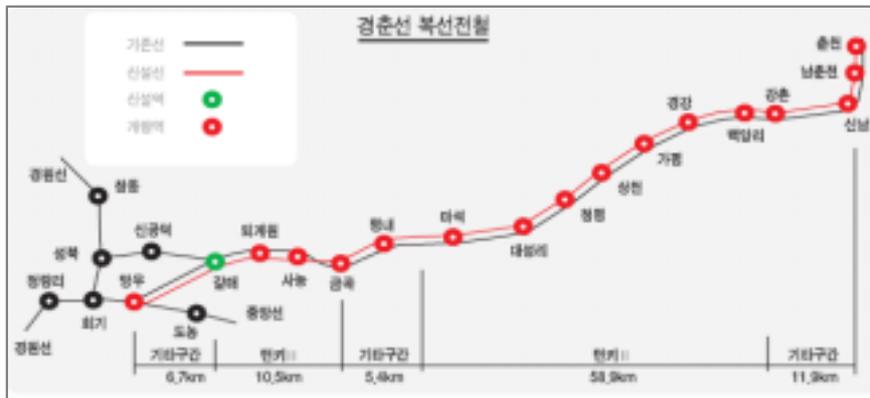
<그림 2-2> 중앙선 청량리~덕소 간 복선전철 계획 노선도

2.3 경춘선(망우~춘천) 복선 전철화

1) 사업개요

- 망우~신내~마석, 마석~춘천(85.6km)
- 개통예정 : 2009.12월

2) 계획 노선도



<그림 2-3> 경춘선 복선전철 계획 노선도

제Ⅲ장 서울시 지하철 문제점

제1절 네트워크 차원의 문제점

제2절 시스템 차원의 문제점

제 1 절 Network 차원의 문제점

- 서울시 지하철은 중량철도시스템으로 설계 운영되어 막대한 건설비가 투입되었으나 수송효율의 극대화를 이루어 내지 못하고 있다.
- 도시철도 시스템의 수송효율이 극대화 되려면, 중량철도는 간선 중추 교통축에 대해 대량의 승객을 빠르게 수송하는 역할을 담당하여, 일단 중량전철에 접근한 승객은 도시의 주요 지역으로 최단시간에 이동할 수 있다는 확신을 가질 수 있게 설계돼야 하고,
- 최종 기종점으로서의 연계는 버스, 경전철 등 다양한 지선수단에 의해 경쟁적으로 서비스되는 것이 바람직하다.
- 그러나, 서울시 지하철은 가능한 많은 지역을 통과해야만 보다 많은 시민에 혜택을 줄 수 있다는 단순한 논리에 의해 모든 노선을 중량전철 시스템으로 건설/운영함으로써 결과적으로 속도저하, 용량저하를 가져와 경쟁력을 잃고 있다.
- 또한 수도권외의 광역화로 인해 서울시 유출입 인구는 지속적으로 증가되고 있으나, 굴곡노선을 각역정차 운행하는 지하철은 시민들에게 외면당하고 있고, 대부분 시민들이 광역버스를 선호하는 결과가 나타났다.
- 현재 서울시 지하철은 전체적으로는 수송 분담이 저조하지만 부분적으로는 극심한 혼잡을 겪는 모순을 겪고 있다.
- 본 절에서는 노선굴곡, 환승, 혼잡 및 수송 분담률 저조 등 문제점에 대해 자세히 검토해 보고 그 해결책은 5장 지하철노선 노선체계 개편부문에서 제시한다.

1. 노선굴곡 문제

1.1 호선별 노선 굴곡도

1) 거시적 측면(노선별 기·종점 기준)

- 다음 <표 3-1>은 해당 노선의 시·종점을 기준으로 실제운행거리와 역간 직선거리의 비를 통해 노선의 굴곡도를 분석한 결과로, 굴곡도 값이 1에 가까울수록 직선과 유사한 것을 의미한다.
- 노선별 시종점만 고려할 경우, 6호선, 7호선, 5호선, 3호선과 8호선, 1호선 순으로 6호선이 가장 굴곡도가 높은 노선이며 1호선이 굴곡도가 낮은 것으로 나타났다.
- 2호선의 경우, 순환선이므로 굴곡도의 의미가 없다. 따라서 굴곡도 분석에서 제외하였다.

<표 3-1> 노선별 굴곡도 (시·종점 기준)

구 분	구 간	영업거리(km)	소요시간(분)	굴곡도
1호선	서울역 ~ 청량리	134.9	15	1.23
2호선	시청 ~ 시청	60.2	87	순환선
3호선	지축 ~ 수서	35.2	62	1.40
4호선	당고개 ~ 남태령	31.7	53	1.33
5호선	방화 ~ 마천 방화 ~ 상일	52.3	83 87	1.54 1.45
6호선	응암 ~ 봉화산	35.1	70	2.35
7호선	장암 ~ 온수	46.9	87	1.59
8호선	암사 ~ 모란	17.7	31	1.40

2) 미시적 측면(노선별 역 기준)

■ 1호선

- 대상 구간 : 서울역 ~ 청량리
- 미시적 측면에서 각 역간 굴곡도를 Matrix로 표현하면 <표 3-2 >와 같다.
- Matrix에서 각 역별 굴곡도 값의 의미는 예로 서울역(시점)에서 시청역(종점)간 굴곡도는 1.12이며, 서울역(시점)에서 신설동역(종점)의 두 역간 굴곡도는 1.24를 의미한다.
- 구간 내 굴곡도가 가장 높은 구간은 제기동~청량리 구간이다(굴곡도 : 1.52).
- 구간 내 굴곡도가 가장 낮은 구간은 종각~종로3가 구간으로 거의 직선구간이다(굴곡도 : 1.00).
- 1호선 구간의 굴곡도는 평균 1.16으로 타 노선에 비해 굴곡도가 낮은 구간으로 노선의 직선화가 양호하다고 판단된다.

<표 3-2 > 1호선 각 역간 굴곡도

1호선	서울역	시청	종각	종로3가	종로5가	동대문	신설동	제기동	청량리
서울역	-								
시청	1.12	-							
종각	1.23	1.37	-						
종로3가	1.31	1.30	1.00	-					
종로5가	1.32	1.24	1.05	1.09	-				
동대문	1.29	1.21	1.06	1.09	1.09	-			
신설동	1.24	1.16	1.07	1.08	1.06	1.05	-		
제기동	1.20	1.13	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	-	
청량리	1.23	1.17	1.11	1.12	1.13	1.14	1.19	1.52	-

■ 2호선

- 대상 구간 : 시청 ~ 시청
- 2호선은 순환선으로 굴곡도 분석이 무의미한 것으로 사료됨에 따라 분석에서 제외한다.

■ 3호선

- 대상 구간 : 지축 ~ 수서
- 1호선의 경우와 동일한 방법으로 Matrix를 구축한 결과는 굴곡도의 평균이 1.37로 굴곡도가 심한 구간이 존재한다.
- 3호선 노선 중 굴곡도가 가장 높은 구간은 강남지역의 ㄷ 형으로 설계된 노선으로 해당 굴곡도는 <표 3-3>과 같다.

<표 3-3> 역간 굴곡도가 높은 구간 (3호선)

기준역	종점역	굴곡도
압구정	학여울	2.31
	대치역	2.27
	도곡	2.14
옥수	학여울	2.01
신사	학여울	2.03
	대치역	2.04
	도곡	2.00

■ 4호선

- 대상 구간 : 당고개 ~ 남태령

- 대상노선의 평균굴곡도는 1.22를 보임. 이촌(시점)~삼각지(종점)역간 굴곡도가 1.48로 가장 높다.
- 4호선구간에서 굴곡도가 높은 수준을 보이고 있는 구간현황은 <표 3-4>와 같다.

<표 3-4> 역간 굴곡도가 높은 구간 (4호선)

기준역	종점역	굴곡도
이촌	성신여대입구	1.38
	한성대입구	1.39
	혜화	1.37
	동대문	1.37
	동대문운동장	1.40
	충무로	1.42
	삼각지	1.48
동작	성신여대입구	1.39
	한성대입구	1.39
	혜화	1.36
	동대문	1.39
	동대문운동장	1.42
	충무로	1.39

■ 5호선

- 대상 구간 : 방화 ~ 마천, 방화 ~ 상일
- 방화 ~ 마천 구간의 평균굴곡도는 1.27, 방화~상일의 평균굴곡도는 1.24 수준을 보이고 있다.
- 5호선구간에서 굴곡도가 높은 수준을 보이고 있는 구간현황은 <표 3-5>와 같다.

<표 3-5> 역간 굴곡도가 높은 구간 (5호선)

기준역	종점역	굴곡도
방화	애오개	1.57
	충정로	1.61
	서대문	1.62
	광화문	1.60
	종로3가	1.54
	을지로4가	1.55
	동대문운동장	1.53
	청구	1.52
	신금호	1.52
	왕십리	1.50
발산	애오개	1.53
	충정로	1.55
	서대문	1.55
	광화문	1.52

■ 6호선

- 대상 구간 : 응암 ~ 봉화산
- 평균굴곡도는 1.51 수준으로 응암~보문역간 굴곡도가 가장 높다.
- 6호선구간에서 굴곡도가 높은 수준을 보이고 있는 구간현황은 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> 역간 굴곡도가 높은 구간 (6호선)

기준역	종점역	굴곡도
응암	동묘앞	2.00
	창신	2.17
	보문	2.19
	안암	2.10
	고려대	2.07
	월곡	2.11
	상월곡	2.04
새절	창신	2.07
	보문	2.08
	안암	2.00

■ 7호선

- 대상 구간 : 장암 ~ 온수
- 평균 굴곡도는 1.19 수준이며 응암 ~ 보문구간이 굴곡도가 가장 높다.
- 7호선구간에서 굴곡도가 높은 수준을 보이고 있는 구간현황은 <3-7>과 같다.

<표 3-7> 역간 굴곡도가 높은 구간 (7호선)

기준역	종점역	굴곡도
온수	노원	1.52
	마들	1.51
	수락산	1.51
	도봉산	1.55
	장암	1.55
천왕	도봉산	1.51
	장암	1.51

■ 8호선

- 대상 구간 : 장암 ~ 온수
- 평균 굴곡도는 1.20 수준이며 모란 ~ 복정역간 해당노선 중 굴곡도가 가장 높다.
- 8호선 구간에서 굴곡도가 높은 수준을 보이고 있는 구간현황은 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 역간 굴곡도가 높은 구간 (8호선)

기준역	종점역	굴곡도
수진	장지	1.52
	복정	1.62
모란	문정	1.58
	장지	1.66
	복정	1.79

2. 환승불편

2.1 문제점

- 환승은 통행시간이나 통행비용과 같이 이용자의 경로선택에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이다.
- 특히 서울시 지하철의 경우, 1기 지하철 이후 지하 심층부에 건설된 2기 지하철이 개통되면서 환승경로가 복잡해지고 평균 환승거리가 매우 길어져 환승에 의한 통행저항은 더욱 심화됨에 따라 이용자의 체감 환승불편은 더욱 악화되었다.
- 환승을 위해 지나치게 긴 거리를 이동해야만 하는 경우는 세계적으로 찾아보기 힘든 경우로 일본이나 유럽의 여러 나라들의 경우 환승역이 몇 개의 노선을 포함하고 있는가와 상관없이 방향이 같은 다른 열차로 환승할 경우 같은 플랫폼 내에서 환승할 수 있고, 다른 방향으로 이동하는 다른 열차로 환승할 경우 계단 한 구간 정도의 환승거리 만으로 환승이 가능한 역들을 많이 찾아볼 수 있다.
- 2002년 12월에 서울지하철공사에서 주관한 고객만족도평가(5개 분야 : 열차 운행, 환승 및 연계, 승차환경, 시설이용, 역 직원의 서비스 등)에서, 5개 부분 중 환승 및 연계 부분의 중요도는 21.9%로 두 번째로 높게 나타났으나 만족도의 경우 51.9 점으로 가장 낮게 나타났다.

2.2 환승불편에 관한 연구사례

- 환승불편과 관련한 유사 연구사례(이경재, 환승역사의 동선체계를 고려한 환승 페널티 추정, 서울대학교 공과대학원, 2004)에서 분석된 서울시 지하철 환승불편 정도를 살펴보면 다음과 같다.
- 환승시간이 가장 높은 경우는 종로3가 역에서 1호선과 5호선 사이의 환승으

로 나타났는데, 최대환승시간이 17.122분이며, 가장 낮은 역은 성수, 금정, 구로역으로 이 역에서는 같은 플랫폼 내에서 환승이 가능하므로 대기시간을 제외하면 실질적인 환승시간이 0이다.

- 환승시간이 크게 나타난 1위~10위의 평균 환승시간은 약 12.47분으로 1위~3위를 차지한 종로3가, 동대문운동장, 왕십리역은 3개 이상의 노선이 겹쳐지는 역들로 서울시 지하철의 경우 이렇게 3개 이상의 노선들로 인해 환승이 복잡하게 일어나는 경우 환승 동선을 최소화하는 환승역 설계가 매우 미흡한 것으로 분석되었다.

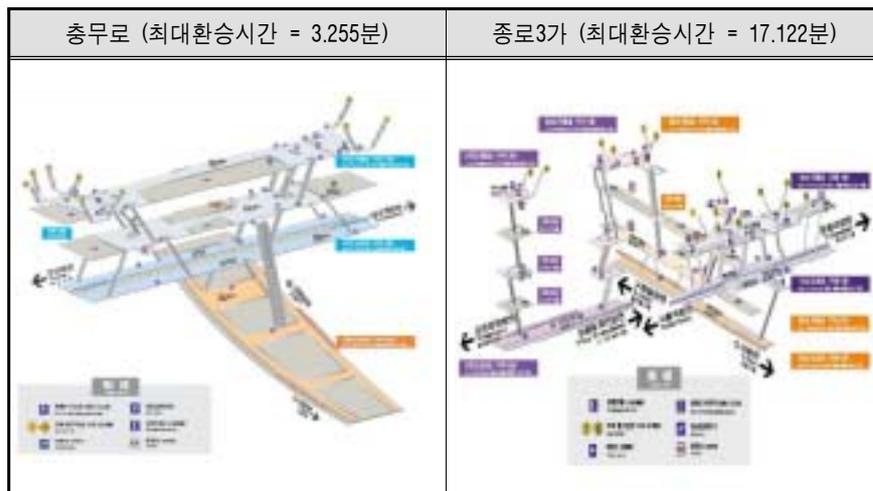
<표 3-9> 환승시간에 따른 환승역 순위

순위	역 명	환승노선	최대 환승시간 (분)
1	종로3가	1호선 ⇔ 5호선	17.12
2	동대문운동장	2호선 ⇔ 5호선	15.02
3	왕 십 리	1호선 ⇔ 5호선	14.31
4	노 원	4호선 ⇔ 7호선	13.97
5	신 길	1호선 ⇔ 5호선	11.55
6	대 림	2호선 ⇔ 7호선	11.33
7	삼 각 지	4호선 ⇔ 6호선	11.09
8	영등포구청	2호선 ⇔ 5호선	10.84
9	건대입구	2호선 ⇔ 7호선	10.81
10	이 수	4호선 ⇔ 7호선	8.60

- 노원, 대림, 신길, 삼각지, 영등포구청, 건대입구, 이수역 등은 모두 1기 지하철과 2기 지하철이 교차하는 환승역들로 2기 지하철이 개통되면서 평균 환승거

리가 매우 길어진다.

- 해당 연구에서 이용자에게 환승의 용이성에 대한 실시한 설문조사 결과, 선호도가 가장 높은 역으로 선정된 충무로의 경우 환승시간이 3.244분, 선호도가 가장 낮은 역으로 선정된 종로3가의 경우 17.122분으로 나타났고, 선호도가 높은 1위~10위 환승역의 평균 환승시간은 3.400분, 선호도가 낮은 1위~10위 환승역의 평균은 11.320분으로 나타났다.
- 이는 환승시간이 지하철이용객의 불편 체감도를 잘 반영하고 있음을 나타낸다.
- <그림 3-1>은 선호도가 높은 환승역과 낮은 환승역의 동선체계이다.



<그림 3-1> 선호도가 가장 높은 환승역과 가장 낮은 환승역의 동선체계 비교

- 선호도가 가장 높게 나타난 충무로역의 경우 4호선과 3호선이 교차하고 있는데, 4호선 플랫폼과 3호선 플랫폼이 계단 한 구간(실제로는 42개)으로만 연결된다.

- 반면, 선호도가 가장 낮게 나타난 종로3가역의 경우 1호선, 3호선, 5호선 세 개의 노선이 교차하여 동선체계가 매우 복잡하게 이루어져 있으며 특히1기 지하철인1호선에서2기 지하철인5호선으로 환승하기 위해서는 매우 긴 수평 이동거리 (300m 이상)와 계단 (50개 이상), 에스컬레이터 (moving sidewalk 를 포함)를 거쳐야만 한다.
- 이와 같이 환승을 위해 지나치게 긴 거리를 이동해야만 하는 경우는 세계적으로 찾아보기 힘든 경우로 이용자의 편의를 고려한 설계이기 보다 공급자 위주의 시스템으로 설계됨에 따라 노선 간 환승불편을 심화시킨 것으로 판단된다.
- 이로 인해 이용자들이 지하철 이용을 기피하는 주요 요인으로 작용함과 동시에 교통약자에게 큰 애로사항으로 작용하였다.
- 일본이나 유럽의 여러 나라들의 경우 환승역이 몇 개의 노선을 포함하고 있는가와 상관없이 방향이 같은 다른 열차로 환승할 경우 같은 플랫폼 내에서 환승할 수 있고, 다른 방향으로 이동하는 다른 열차로 환승할 경우 계단 한 구간 정도의 환승거리 만으로 환승이 가능한 역들을 많이 찾아 볼 수 있다.

3. 차내혼잡 문제

- 서울시 지하철의 출·퇴근 시 차내 혼잡도는 다음 표와 같음. 특히 2호선의 경우는 과거부터 200%를 넘는 혼잡도로 타 노선에 비해 가장 혼잡하다.
- 매년 양 공사에서 발간되는 수송계획에서 발표되는 혼잡도 자료는 마그네틱 지하철승차권 이용현황으로 통해 수집되나, 2004년 7월 서울시 대중교통체계 개편에 따라 T-money를 이용하게 됨으로써 현재 2005년 수송계획에서는 서울시 지하철의 혼잡도 현황을 제시하지 못하고 있다. 따라서 가장 최근 자료인 2003년 혼잡도 자료를 제시하였다.

- 1호선 ~ 4호선은 2002년과 2003년과 비교 시 거의 유사한 혼잡도 수준을 나타내며, 3호선의 경우 다소 감소하였다.

<표 3-10> 출퇴근 시 지하철 혼잡도

구 분	1999	2000	2001	2002	2003
1호선	124%	136%	133%	135%	135%
2호선	231%	224%	220%	223%	224%
3호선	141%	140%	136%	141%	140%
4호선	207%	200%	195%	199%	199%
5호선	164%	169%	158%	☆	158%
6호선	-	-	107%	☆	150%
7호선	176%	188%	175%	☆	178%
8호선	190%	157%	151%	☆	160%

참고자료 : 건설교통부 홈페이지 <http://www.moct.go.kr>

※ 서울도시철도 '03년도 혼잡도는 노선별 출퇴근시 최대 혼잡도임. “☆” 표시는 미조사

- 2002년도에는 도시철도구간 이용의 안정화로 승객분산에 따른 유출규모가 감소한 반면, 경기활성화 등에 힘입은 수송인원의 지속적인 증가가 혼잡도 증가의 주요인이 된 것으로 보인다.
- 2003년도 혼잡도는 신설노선에 대한 승객의 적응도가 안정화 추세에 접어들면서 승객 혼잡도에는 크게 변화가 없었던 것으로 판단된다.
- 노선별 혼잡도가 높은 구간의 현황은 <표 3-11>과 같다(2003년 기준). 혼잡

도가 가장 높은 구간으로 2호선 사당 → 방배 구간으로 224%, 4호선 한성대 → 혜화 구간 199%로 상당히 높은 혼잡도를 보이고 있다.

<표 3-11> 노선별 최대혼잡구간 현황

구 분	구 간	통과차량	재차인원	혼잡도
1호선	동대문 → 종로5가	90	19,163명	135%
2호선	사당 → 방배	210	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	151	160%

참고자료 : 2004 도시철도수송계획, 2004 지하철수송계획

4. 구간별 이용수요의 편차로 인한 운영효율 저조

- 서울시 지하철역별 승하차 인원현황을 보면 <그림 3-2>, <그림 3-3>과 같다. 승하차 인원이 가장 많은 강남역(179,825 명/일)과 가장 적은 도림천역(823 명/일)의 승하차 인원수는 큰 차이를 보이고 있다.
- 해당 역주변의 토지이용용도에 따라 지하철이용수요의 차이가 있을 수 있지만, 현재 지하철 운영은 이용수요에 관계없이 노선별 일정한 배차간격으로 운행하는 것이 현실이다.

1~4호선 구간			5~8호선 구간		
순 위	승하차(명/일)	점유율	순 위	승하차(명/일)	점유율
1. 강남	179,825	6.18%	1. 여의도	64,910	2.07%
2. 삼성	154,883	5.33%	2. 광화문	62,572	2.00%
3. 잠실	138,383	4.76%	3. 화곡	53,700	1.71%
4. 신촌	123,816	4.26%	4. 오목교	51,515	1.64%
5. 신림	122,905	4.23%	5. 까치산	50,646	1.62%
6. 고속터미널	122,484	4.21%	6. 상봉	19,801	0.63%
30. 학여울	3,472	0.12%	27. 북정	4,883	0.16%
31. 용답	3,180	0.11%	28. 버티고개	4,824	0.15%
32. 신답	2,699	0.09%	29. 장지	4,797	0.15%
33. 지축	2,437	0.08%	30. 동대문운동	4,384	0.14%
34. 남태령	1,480	0.05%	31. 신길	3,906	0.12%
35. 도림천	823	0.03%	32. 장암	1,861	0.06%

참고자료 : 2004년 도시철도수송계획, 2004년 지하철수송계획

<그림 3-2> 역별 승하차 현황(평일)

1~4호선 구간			5~8호선 구간		
순 위	환승인원(명)	점유율	순 위	환승인원(명)	점유율
1. 신도림	355,171	10.8%	1. 잠실	204,814	7.2%
2. 동대문운동장	256,584	7.8%	2. 동대문운동장	190,518	6.7%
3. 종로3가	230,896	7.0%	3. 군자	178,599	6.3%
4. 교대	210,910	6.4%	4. 건대입구	168,289	5.9%
5. 사당	192,806	5.9%	5. 종로3가	161,386	5.7%
6. 총무로	174,328	5.3%	6. 고속터미널	159,851	5.6%
30. 성수	24,375	0.7%	27. 까치산	36,283	1.3%
31. 을지4가	21,904	0.7%	28. 을지4가	29,276	1.0%
32. 신설동	20,786	0.6%	29. 모란	26,030	0.9%
33. 옥수	19,928	0.6%	30. 불광	23,164	0.8%
34. 충정로	19,308	0.6%	31. 충정로	19,754	0.7%
35. 이촌	17,079	0.5%	32. 강동	10,784	0.4%

참고자료 : 2004년 도시철도수송계획, 2004년 지하철수송계획

<그림 3-3> 환승인원 현황(평일)

- 승하차 인원이외에 환승인원을 살펴보면 다음 그림과 같다.
 - 환승인원이 집중되는 구간은 신도림, 동대문운동장, 종로3가, 교대, 잠실, 사당 순으로 해당 역중 종로3가와 동대문운동장은 환승시간이 높은 역들이다 (2. 환승불편 참조).
 - 환승인원이 저조한 역은 강동, 이촌, 충정로, 옥수역 등으로 환승인원이 가장 많은 신도림역의 약 3%수준을 나타내고 있다.

제 2 절 시스템 차원의 문제점

- 앞서 언급한 네트워크 차원의 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서는 노선 간 직결 운영을 통해 굴곡으로 인한 통행시간 손해를 극복하고 지하철의 간선 기능을 강화하는 지하철 노선체계 개편안을 제안하였다.
- 이러한 노선체계 개편을 위해서는 지하철 시스템상의 통일과 첨단화가 선행되어야한다.
- 그러나, 현재의 서울시 지하철은 1기(1~4호선), 2기(5~8호선)로 운영과 시스템이 분리되어 있고 첨단운영체계를 갖추지 못한 실정이다.
- 우선, 본 절에서는 제안하는 지하철 노선체계 개편을 위해 선결해야할 시스템 상의 문제가 무엇인지 자세히 파악하고, 그 해결방안은 6장 기술검토 부문에서 논의하겠다.

1. 노선 간 시스템 상이

- 본 연구에서 제안하는 노선 간 직결운영을 위해서는 운영시스템의 통합이 필요하다. 그러나 현재의 서울시 지하철 체계는 1기(1~4호선)는 지하철공사, 2기(5~8호선)는 도시철도공사로 운영주체가 서로 다르고 같은 운영주체하의 지하철마저도 호선별로 상당한 시스템 차이가 있다.

1.1 열차 제어 시스템

1) 1,2호선

- PF, 분주 궤도회로를 사용한다.
- ATS(Automatic Train Stop) 지상자를 이용한 불연속 전송방식으로 Speed Step 제어방식을 채택하고 있으며, 계전연동방식을 사용한다.
- 연동장치는 계전기를 이용한 계전연동장치이며, 현재 1, 2호선 각각 개량이 진행 중이다.
- 공사의 중장기 계획에 따라 부분적으로 궤도회로를 분주궤도에서 AF(Audio Frequency)방식으로 개량하거나, 노화된 사령설비를 개량하였다.
- 2호선의 경우는 시스템 노화에 따라 최종시스템 도입 절차를 거쳐 ATS 방식에서 고정폐색 및 궤도회로를 기반으로 하는 Distance to go ATC(Automatic Train Control)/ATO(Automatic Train Operation) 방식을 적용 현재 시스템을 구축하는 중이다.

2) 3, 4호선

- AF궤도회로를 사용한다.
- Speed Step 제어방식을 적용하였으며 서울지하철에 최초로 ATC방식을 적용한 노선이며, 계전연동방식을 적용하였다.

3) 5 ~ 8호선

- 전자연동장치를 적용, AF 궤도회로 및 Speed Step 제어방식을 적용한 연속 전송, 연속제어식 ATC와 불연속전송, 연속제어식 ATO를 적용하였다.

1.2 전력 감시제어 시스템

- 양 공사 모두 호선별 완전 독립적인 전력감시제어시스템을 갖추고 있다.
- 노선 상호간이나 타 설비 간 데이터 연동은 없으며 부분적으로 장소 통합 정도가 가능한 실정이다.

1.3 설비 감시제어 시스템

- 도시철도공사는 중앙집중식 설비감시시스템이 구축 및 운영되고 있으나,
- 지하철공사는 현재 시설된 것과 현재 초기 구축 진행단계이다.

1.4 지원통신 시스템

- 지하철 지원통신 시스템은 사용 목적에 따라 별도로 형성되어 다음과 같이 많은 별도의 유무선 통신망을 형성한다.
 - 열차 승무원과 사령 또는 분기역간 통제업무를 위한 무선전화장치
 - 선로 변에 일정간격으로 배치된 실선 유선전화장치
 - 사령에서 역무원, 취급실, 기계실, 분소 호출 및 통제를 위한 사령전화장치
 - 취급실에서 구내원을 통제하기 위한 토크백 장치
 - 안전방재, 경비보안, 여객감시, 승강장감시, 승강기 감시, 에스컬레이터 감시, 위험개소 감시를 위한 각종 CCTV
 - 승객안내를 위한 안내방송 및 사령방송장치
 - 승객안내를 위한 안내게시기 및 문자표시장치 등
- 양 공사(1, 2기 지하철) 모두 동일한 통신 체제를 갖추고 있으나, 각 설비별 적용된 단위 기술에 차이가 있다.

2. 운영관리 시스템의 상이

2.1 열차운행 관련 운영조직 차이

1) 서울 지하철공사

- 역별로 별도 신호취급실을 두어, 신호취급요원이 열차운행 감시 및 비상시진로 제어한다.
- 사령실의 경우는 4개 노선에 대해 각각 독립적인 운전, 전력 감시 제어체제를 갖추고, 각기 구분된 조직에 의하여 독립적인 노선 및 운행, 감시가 이루어지고 있다.

2) 서울 도시철도공사

- 현장 역에서 신호취급을 위한 취급실 운영조직을 두지 않고, 유지보수를 담당하는 신호분야에서 담당한다.
- 사령실은 부분적인 장소통합관리가 이루어진다.

2.2 설비 유지관리 차이

- 지하철공사의 유지관리 대상 시스템 관련 설비는 대부분 H/W 기술에 의존하고, 아날로그 기반 장치로 구성된 특징을 지니고 있다.
- 도시철도공사의 유지관리 대상 설비들은 과거 H/W 중심 체제를 컴퓨터 및 프로세스를 활용한 실선 논리체계 S/W Logic으로 바꾼 장치들이다.

2.3 차량기지 운영 및 차량정비 차이

- 차량기지 시스템 방식은 1기, 2기 상이하나, 유사한 기지구조를 갖추고 있고

기지 내 수동 운영을 전제로 한다.

- 양 공사 모두 차량 유지관리는 별도의 전문업체로 하여금 유지보수용역을 체결하거나 준비하고 있다.

3. 낙후된 열차제어체계

- 현재 서울시 지하철의 첨두시 운행시격은 <표 3-12>에서 보는 바와 같이 최소 2분 30초이다.
- 그러나 현실적으로 첨두시간에 대해서는 승강장에서의 지체로 인해 해당 목표시격을 맞추지 못하고 있다.
- 본 연구에서 제안하는 노선 간 교차운행이 가능하려면 각 노선별 기존 서비스의 현재 시격을 유지하면서 신규 열차가 투입되어야 하므로 현재의 열차제어체계로는 제안한 직결운행이 불가능하다.

<표 3-12> 서울시 지하철 운행 현황

구분		1호선	2호선	3호선	4호선	5호선	6호선	7호선	8호선
열차편성수 (1편성당 차량수)		16 (10)	88 (4-10)	48 (10)	47 (10)	76 (8)	41 (8)	62 (8)	22 (6)
운행시격 (분)	첨두시	3.0	2.5	3.0	2.5	2.5	4.0	2.5	4.5
	비첨두시	4.0	5.5	6.0	5.0	5.0	6.0	5.0	6.0

3.1 서울 지하철공사 열차제어체계

- 1호선은 개통 후 30년이 경과되어 열차제어 시스템의 전면개량이 필요하지만 한국철도공사(전 철도청) 구간(서울역-인천, 수원, 청량리-의정부)에 대한 병행운전 관계로 최신시스템(ATC/ATO)으로 개량이 현실적으로 어려워 궤도회로 설비만 일본에서 제작한 분주궤도회로에서 국산화된 AF궤도회로(열차검지 기능만 사용)로 교체완료 운용 중에 있다.
- 2호선은 개통 후 22년 이상 경과되어 최근에 ATS제어시스템을 ATO제어 시스템으로 전면 개량화 사업에 착수하게 되었다.
- Digital궤도회로를 기본으로 한 최신 제어체계는 2006년 말경에 2호선 전 구간에 걸쳐 교체, 시험 완료되어 영업운영이 이루어 질 것으로 보인다.
- 그러나 2호선 열차제어시스템 개량 도입과정에 나타난 문제를 보면 최첨단 CBTC(Communication Based Train Control) 개념의 MBS(Moving Block System) 이동폐색방식 도입이 검토되었으나, 비교적 하위 시스템 방식인 고정폐색 기반의 Distance To Go 방식을 채택되었다.
- 결과적으로, 열차 제어 체계의 개선을 가져오기는 하였으나 시격 축소를 통한 추가 용량(수송력) 확보에 실패함으로써, 지하철 승객 차원의 서비스 증진에는 전혀 도움이 되지 않았다.
- 3, 4호선은 개통 후 20년이 경과되어 열차제어시스템의 전면 개량을 눈앞에 두고 있으나 이 두 개 노선도 분당, 일산, 안산 신도시와 연계되어 한국철도공사와의 협의체를 구성하여 기존의 미국에서 제작한 고정폐색 즉 AF궤도회로를 기본으로 한 ATC열차 제어 시스템을 새로운 첨단 열차제어 시스템으로 교체 할 필요성이 대두 되고 있다.

3.2 서울 도시철도공사 열차제어체계

- 5, 7, 8호선은 개통 후 10년이 경과되어 시스템 안정화 단계에서 노후화 단계로 서서히 진입하고 있으며 컴퓨터화 된 시스템으로 볼 수 있으나 향후 10년 후에는 보다 과학화된 첨단 열차제어 시스템으로 전면 개량화를 중장기적으로 검토해야 할 것이다.
- 6호선은 개통 후 5년이 경과되어 시스템 안정기에 접어들었으며 비교적 최신 시스템으로 ATC/ATO제어 시스템을 운용 중에 있다.

제Ⅳ장 선행연구 및 유사사례

제1절 선행연구 고찰

제2절 유사사례 검토

제 1 절 선행연구 고찰

- 기존 국내 연구사례에 고찰 결과, 지하철 노선개편을 통한 지하철의 효율화 방안은 연구된 사례가 없다.
- 본 절에서는 지하철 효율 증진의 일환으로 수행한 국내 연구들을 간략히 정리하고 해외 유사 사례를 소개하도록 하겠다.
- 국내의 경우, 단일노선에서 급행열차 운행계획을 도입한 바는 있지만, 대부분 1노선 1서비스 개념의 한계를 벗어나지 못하였다.
- 열차제어체계의 개선에 대해서도 많은 연구가 있어 왔으나 대부분 열차운전 효율 및 신뢰도(Reliability), 안전성(Safety) 향상 차원에서 연구하였고, 용량증대를 통한 이용승객 서비스 제고 차원에서 다루지 못했다.

1. 국내 급행철도 도입에 관한 연구

1.1 급행지하철이 시간절감 효과분석(원제무외 1997)

- 국내 최초 급행운행에 관한 논문으로 지하철 3호선에 급행열차를 도입할 경우 예상되는 시간단축효과를 분석하였다.
- 격역제, 주요 역에 정차하는 방식을 완행 운행 시와 비교 분석하여 주행시간, 대기시간 및 총통행시간 변화를 추정하였다.
- 급행시스템 도입 시 주행시간은 11.3% 단축되고, 총통행시간은 8.2%의 단축효과를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

- 대기시간과 주행속도 등을 평균값으로 적용하여 총통행수요에 적용함으로써 미시적인 통행시간 절감효과의 분석에 한계를 지닌다.

1.2 도시철도 급행화 계획을 위한 기초 연구 -통행시간 단축효과 분석 및 대피선 위치선정을 중심으로- (김경철, 서울시정개발연구원, 1998)

- 급행지하철의 도입으로 예상되는 통행시간의 단축효과를 분석하는 방법론을 정립하였다.
- 사례노선을 선정하여 급행지하철의 운행회수와 구간 최고속도, 정차시간, 총통행량의 변화에 대하여 통행시간 절감효과를 추정한 결과 10%이상 개선효과가 예상되는 것으로 분석되었다.
- 급행과 완행지하철을 혼용하여 운행할 경우 추월선(대피선)의 위치를 선정하여 그 효과를 분석하고 최적열차 다이어agram을 제시하였다.
- 가상노선에 시뮬레이션을 한 결과, 10~25분 정도 통행시간 단축효과가 있는 것으로 나타났다.
- 해당 연구에서는 다음 사항을 가정하여 분석하였다.
 - 지하철 이용승객은 통행시간이 단축되는 통행패턴을 선택한다.
 - 급행지하철의 도입으로 인한 추가 수요 증가는 없다.
 - 승객들의 도착분포는 정규분포를 따른다.
 - 급행이용 승객 중 50%가 열차의 운행시간 계획을 숙지하고 있어 이들의 대기시간은 1.5분 이내이다.

1.3 철도 skip-stop구축에 관한 연구(서원호, 2000)

- 도시철도의 급행선 도입을 위한 대안으로 격역정차(skip-stop)시스템 구축에 관한 연구이다.
- 각역정차와 격역정차 혼용시스템의 스케줄링 알고리즘을 작성하여 제시하였다.
- 사례연구로 지하철 5호선 구간에 알고리즘을 적용하고, 승하차 인원이 적은 역은 정차하지 않는다는 기준으로 5개의 시나리오를 작성하여 평가하고 시나리오별 주행시간, 대기시간 및 총통행시간을 산출하였다.
- 각역정차제와 비교했을 때 통행시간 절감 및 표정속도 증가라는 효과를 거두는 것으로 제시하였고, 주행시간은 10%이상 감소하고 대기시간은 50%이상 증가하지만 총통행시간은 감소하며, 침두시의 경우 통행시간 절감효과가 큰 것으로 나타났다.
- 시나리오별로 대기시간에 150%, 250%, 250%의 가중치를 부여하여 시간절감 효과를 분석하였다.

2. 급행철도 효과분석 관련 연구

2.1 CVM방법을 이용한 급행전철 도입의 편익 산정에 관한 연구(원제무 외, 2000)

- CVM방법을 적용하여 급행열차의 도입에 따른 통행시간 단축효과를 추정하고 주민의 직접적 지불의사를 추출함으로써 편익을 산정하였다. 여기서, 조건부 가치추정법(CVM)은 응답자가 환경 질을 향상시키기 위해 비용을 지불할 필요가 있는 경우 지불용의액(Willingness to Pay) 혹은 환경 질이 악화된 경우 원래 효용수준으로 유지하기 위해 필요한 수취보상액을 직접 질문하는 방법이다.
- 경의선을 대상노선으로 주변지역인 고양시와 파주시 지역의 거주민을 대상으로

로 직접면접조사를 수행하였다.

- Cameron and James에 의해 제시된 수정된 프로빗 모형을 정산하여 급행전철 수요를 산출하고 지불용의액을 도출하여 총편익을 산출하였다.
- 또한 추월선(대피선)을 설치한 급행열차 운영 시 30년간 총비용을 개략적으로 산출하여 순현재가치를 계산한 결과, 경제성이 있는 것으로 나타났다.

2.2 선호도 조사를 이용한 교통수요전환률 산정 연구 - 인천광역시 도시철도 1호선을 사례로(이상용 외, 2000)

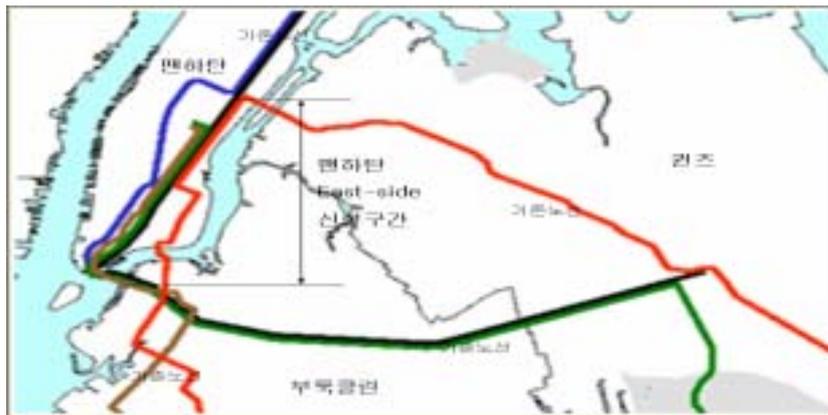
- 인천광역시 도시철도 1호선을 대상으로 지하철과 승용차, 버스에 대한 수요 전환률을 산정한 연구이다.
- 대상지역인 연수구에서 출근통행자를 대상으로 통행실태(RP), 선호도조사(SP), 전환가격(TP)을 조사하였으며, RP, SP, RP/SP결합 로짓 모형을 추정하고 도시철도 서비스 수준에 따른 수요전환률을 분석하였다.
- 연구결과를 요약하면 다음과 같다.
 - 첫째, RP모형 분석결과, 지하철 서비스 수준을 획기적으로 높더라도 승용차로부터의 전환은 기대하기 어렵다.
 - 둘째, 추정모델의 설명력이 낮게 나타나 실제 통행행태가 통행비용이나 시간외에 다른 요인의 지배를 크게 받고 있는 것으로 보이므로 정책적 차원에서 요금이나 시간과 같은 일반적 요인 외 통행수단선택에 영향을 미치는 인자를 파악하는 노력이 요구된다.
 - 셋째, 지하철의 경우 요금보다 통행시간(도보 및 대기시간을 포함)이 더 중요한 요인으로 작용하며, 특히, 보행 및 대기시간은 승차시간보다 더 크게 영향을 주는 것으로 나타난다.

제 2 절 유사사례 검토

1. 뉴욕 MetroLink 제안 사례

1.1 MetroLink 개요

- 오랜 역사를 가지고 있는 뉴욕시 지하철은 90년대 들어 경기 활성화와 더불어 늘어난 통행량을 처리하는데 있어 어려움을 겪고 있다.
- 이를 해결하기 위해 1996년 지역 연구기관인 RPA(Regional Plan Association)는 뉴욕 지역의 철도망을 상호 연결하고 확장하는 Regional Express Rail (RX)계획안을 제안하였고, 1999년 이를 좀 더 구체화한 MetroLink 제안을 내놓았다.
- 지하철 인프라(터널) 신설과 열차제어 등 전반적인 기존 시스템정비를 조합하여 용량부족, 환승불편 등 문제를 해결하고자하였다.
- 맨하탄 East-side 교통축에 터널을 신규 건설하고 기존 노선들과 연결하여 5개의 새로운 서비스를 창출하였다.
- 이종 체계 간 교차운영이 가능한 차량을 도입하여 다양한 도시철도 서비스를 가능케 하였다.



<그림 4-1> MetroLink 5개 서비스 라인

1.2 뉴욕 지하철 문제점

- 맨하탄의 East-side는 뉴욕의 중심지로서 평방 마일 당 20만이 넘는 활동인구밀도를 갖는 중심 지역이다.
- 1940년대 이 지역 2번가와 3번가의 고가철도가 철거 된 이후, 현재에 이르기까지 새로운 지하철 건설 약속이 지켜지지 않고 있다.
- 맨하탄 남북을 연결하는 Lex노선과 Queens Boulevard노선은 이로 인해 극심한 혼잡을 겪고 있다.
- 또한, 브룩클린, 퀸즈, 롱아일랜드 지역에서 도시철도 또는 통근철도를 이용해 맨하탄 East-side 남부에 접근하는 모든 승객은 복잡한 환승을 거쳐야 한다.
- Lex노선과 Queens Boulevard 노선을 통해 맨하탄 East-side 남부에 도착하더라도 역에서 중심지까지 거리가 도보에 의존하기에 부담이 된다.

1.3 MetroLink 기대 효과

- 기존 지하철 체계에서는 통행이 불가능하거나 매우 불편했던 기종점을 직결 혹은 동일 승강장 환승으로 통행이 가능하게 한다.
 - 총 105 기종점 서비스 중 35개를 직결 서비스로 전환하였으며,
 - 25개 신규서비스를 창출되었다.
- 기존 지하철 체계에 비하여 최소 20분 이상 통행 시간절감이 나타나는 기종점이 다수 기대된다.
 - 브룩클린, 브롱스, 퀸즈의 각 지역에서 맨하탄에 이르는 통행시간은 30분 이상 절감이 기대된다.
 - 맨하탄 내부 통행도 평균 20분가량 통행시간 절감이 가능하다.
- 뉴욕시의 지하철 통행시간은 단순히 정상적인 노선 운행시간, 정차시간뿐 아

나라 혼잡으로 인한 지체가 큰 영향요소인데, MetroLink 계획이 실현될 경우 열차지체가 상당부분 해소되므로 혼잡에 따른 지체문제가 해소될 것으로 예측하였다.

- 차내 혼잡도의 완화로 서비스 수준이 제고가 기대되었다.
 - MTA(Metropolitan Transit Authority)의 분석에 따르면 2020년 승객의 수는 1995년 대비 9.5% 증가할 것으로 전망하였다.
 - RPA(Regional Plan Association)는 20.5% 까지 증가할 것으로 전망한다.
 - MTA가 제시한 적정 차내 또는 승강장 혼잡도는 1인당 3.1 평방피트이다.
 - 만약 2020년까지 기존 계획인 맨하탄 2번가 지하철만 건설된다면, 침투시간 최대 열차운행횟수는 23회/시간에 그칠 것이고 승강장에서 승객 1인당 점유면적은 2.6평방피트로 악화되어 물리적으로 운영이 불가능한 상황에 이를 것으로 예상하였다.
 - 반면, MetroLink 제안이 받아들여진다면 2020년 기준으로 시간당 최대 열차 운행횟수는 23에서 28로 증가되고 승객 1인당 점유면적은 5.2 평방피트로 현재 수준을 웃돌 것으로 기대하였다.

1.4 세부 투자항목

- 맨하탄 East-side 에 31개의 신규 역사를 포함하여 19 mile의 새로운 중추노선(터널) 건설이 필요하다.
- 3 mile의 지상구간 선로의 신설이 필요하다.
- 신규 서비스 운영을 위한 기존 노선의 개량이 필요하다.
- JFK 공항 철도와의 연계선 신설이 포함된다.
- 이중 시스템을 교차 운행할 수 있는 신규 차량 수요가 950대 이며 비침투시간에 이 차량들 중 운행하지 않는 차량들을 수용할 수 있는 추가 차량기지의

확보가 필요하다.

1.5 소요 비용

- 1999년 제안 당시의 기준으로 2012년 LIRR(Long Island Rail Road)의 완공과 동시에 MetroLink 제안을 실현한다는 가정 하에 필요한 비용을 개략 검토한 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.
- 총 비용소요가 129억 달러에 달하여 큰 부담으로 작용할 수 있으나, 이 제안에서는 매년 지역총생산(GRP) 800억 달러에 비교해볼 때 충분히 투입 가능한 금액임을 강조하고 있다.

<표 4-1> MetroLink 개략비용 추정

구분	단위	단가 (백만불)	수량	비용 (백만불)
터널(복선)	km당	207	27.9	5,775
터널(복복선)	km당	355	4.1	1,440
지상구간	km당	21	5.1	105
지선개량	km당	12	22	260
역사신설	각역당	75	33	2,475
기존선 개량	개략비용	550	N/A	550
공항철도 연계	개략비용	100	N/A	100
차량소요	량당	1.3	950	1,235
차량기지 확보	량당	1.0	950	950
계				12,890

1.6 추진 현황

- MetroLink 제안은 1999년 제안 당시에는 막대한 소요 비용으로 큰 실현성을 갖지 못하는 것으로 여겨졌다.
- 그러나 2001년 9.11 사태 이후, 맨하탄 East-side 남북 노선(2번가 지하철)을 남측(Battery) 지역과 연계하는 것은 기정사실화 되었으며, 또한 맨하탄 남측 지역을 JFK 국제공항 철도 및 LIRR(Long Island Rail Road) 통근 철도와 연계하는 것에 대한 관심이 커지기 시작하였다.
- 이러한 내용은 이미 MetroLink에서 제안에 포함되어 있으며 이로 인해 MetroLink 제안이 뉴욕시 MTA(Metropolitan Transit Association)으로부터 다시 주목 받게 되었다.

2. 일본 도시철도 직결운행 사례

- 동경, 나고야 등 일본 대도시의 도시철도체계에서는 본 연구가 제안하는 개념과 정확하게 일치하는 노선 간 직결운행 사례는 찾아볼 수 없었다.
- 반면, 다음 세 가지 조건을 고려한 유사 운행 사례를 검토하였다.
 - 조건 1 : 외곽부가 아닌 도시부 부근에서 Y형 분기단락이 존재함
 - 조건 2 : 혼잡을 완화하기 위한 대안 서비스를 창출함
 - 조건 3 : 기존 영업선을 연결함

2.1 Tokyu 매구로선, 동경 Metro 남북선, 도영 미타선 직결 사례

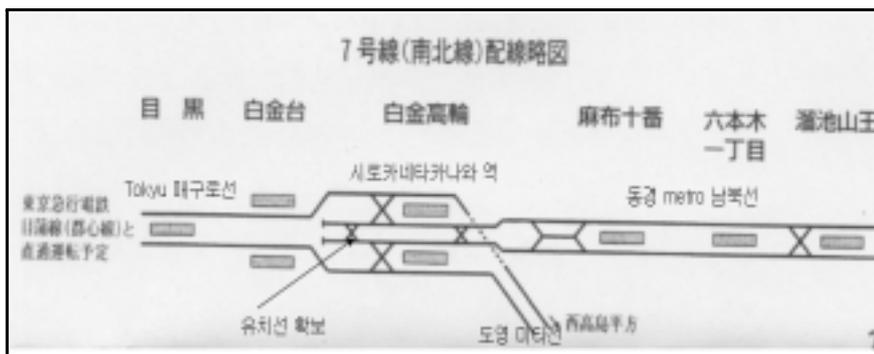
1) 개요

- 2000년 8월 완공되었으며 조건1,2를 만족한다.

- 조건3은 만족하지 않았다. 기존 영업선의 분기가 아니고 처음 노선계획 시 결정되었다.
- 동경 서부지역의 교외수송을 담당하는 Tokyu 매구로선과 동경Metro·도영지하철을 연결해서 교외전철수송의 새로운 경로를 설정하는 것이 목적이다.
- Tokyu 철도의 매구로선(目黒線) 노선개량과 도요코선(東横線)의 복복선화사업에 따라 무사시코수기(武藏小杉)~매구로 구간의 수송력강화를 위해 계획되었다.
- Tokyu 매구로선의 지상에 있던 매구로역은 지하화하고 동경Metro 남북선(南北線)으로 연장하여 시로카네타카나와(白金高輪)역에서 도영지하철 미타선(三田線)과 분기하였다.
- 결과적으로 요코하마(横浜)·덴엔조후(田園調布)방향에서 도심으로 직결하는 경로가 추가되어 그 때까지 포화상황으로 되어 있던 Tokyu 도요코선(東横線)의 혼잡완화와 새로운 수요의 개척에 기여하였다.



<그림 4-2 > Tokyu 매투로선, 동경 Metro 남북선, 도영 미타선



<그림 4-3 > 시로카네타카나와(白金高輪)역 배선도

2) 관련 공사

- 원래 지상에 있던 매구로역을 동경Metro남북선과의 상호직통운전을 위해 지하화 하였다.
- 메카마선과 오이마치선(大井町線)이 교차하는 오카요마(大岡山)역 승강장을 도심방향, 교외방향 각각 동일 승강장에서 환승할 수 있게 구조를 변경하였다.
- Tokyu 매구로선과 매구로선이 병행하는 덴엔조후(田園調布)역, 타마가와엔(多摩川園)역에서도 환승편의를 도모하기 위해 선로별 승강장을 방향별 승강장으로 구조를 변경하였다.
- 타마가와교량(多摩川橋梁) 증설을 포함한 타마가와엔~히요시(日吉)구간을 복복선화 하였다.
- 무사시코야마(武蔵小山)역에서 급행대치시설을 신설하였다.
- 동경Metro구간에서는 고가도로나 빌딩, 그리고 공동구(共同構) 등 대형 중요 매설물 등 도심특유의 복잡한 도시매설물에 접근하고 있으며 곤란한 토목공사가 요구되었다.
- 특히 시로카네다이(白金台) 전후구간에서는 세계 최초로 “착탈식이수삼련형 shield공법(着脱式泥水三連型シールド工法)”을 시행하였으며 시로카네타카나와 역에서는 복선의 본선과 유치선을 만들기 위한 세계 최대급의 “포합식친자니수shield공법(抱込み式親子泥水シールド工法)”을 적용하였다.

3) 운행(운전) 현황

- Tokyu 철도와 동경 Metro, 도영 지하철을 상호 직통 운전하는 차량과 동경 Metro, 도영 지하철의 자체 노선만 왕복하는 차량으로 이원 운영한다.
- 이는 Tokyu 노선이 두 갈래로 분기하는 시로카네타카나와역에 2개의 유치선

을 돕으로써 가능하며 이를 통해 승객수요를 처리할 수 있는 운전시격이 확보되었다.

- 실제 운전시격은 Tokyu 노선에서는 침두시 3.5분 비침두시 6분이며 동경 Metro, 도영지하철에서도 각각 침두시 4분, 비침두시 6분의 시격을 유지한다.

4) 사업추진 시 발생한 문제점

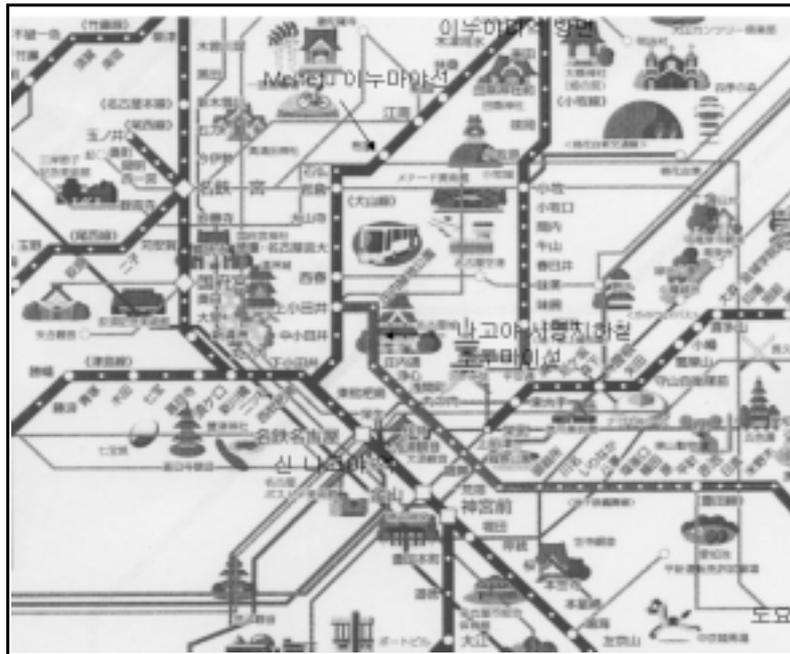
- 지하에서 분기선·회차선을 설치하는 대규모공사가 있었다.
- 이 사례에서는 Tokyu측은 토요코선의 심각한 혼잡을 완화하기 위한 대체노선이 필요했고, 동경Metro측은 남북선이 Tokyu와의 상호직통운전을 전제로 신설되었던 점, 또한 도영지하철의 경우는 미타선이 원래 다른 노선으로 연장할 계획이 있었지만 미 추진 상태였었다는 특수한 환경을 이해해야한다.
- 수요가 많은 도심내부에서 회차가 발생하는 문제가 있음. 특히 오전 침두시에는 회차 때문에 영업 운전할 수 없는 차량·인원이 항상 2~3편성 발생한다.
- 운영주체가 다른 3개의 철도노선의 운전계획을 공동으로 수행할 경우 상호 이해관계에 따라 의사결정이 쉽지 않다.

2.2 Meitetsu 이누야마선, 나고야 시영지하철 추루마이선 직결 사례

1) 개요

- 1994년 운영 시작되었고 조건1,2,3 모두 만족한다.
- Meitetsu 이누야마선(犬山線)은 일본 제3의 도시권인 나고야 중심부와 교외도시 이누야마(犬山)를 연결하는 26.8km의 노선이다.
- 노선주변에서의 신카니(新可兒)·카카미가아라(各務ヶ原)지역 등 개발이 진행되어 통근·통학수요가 급증하였으며 혼잡도 180~190%를 기록하고 있다.

- Meitetu의 가장 큰 수송 상의 애로는 신나고야(新名古屋)역에 있으며, 이 역은 북쪽 3방향, 남쪽 3방향의 열차가 1면2선의 승강장으로 집중하기 때문에 항상 선로용량이 포화상태에 있다.
- 신나고야(新名古屋)역으로 몰리는 이누야마선 수요를 분산시키기 위해 단락선의 설치가 중요한 과제였다.
- 나고야 시영지하철 추루마이선(鶴舞線)은 나고야도심에서 토요타(豊田)역을 연결하면서 Meitetu 토요타선(豊田線)과 상호직통운전함으로써 나고야시 서부의 교외수송을 담당하고 있었다.
- 카미오타이(上小田井)역에서의 이누야마선(犬山線)과 추루마이선(鶴舞線)의 직결은 이누야마역과 도요다역을 연결하는 새로운 직통 서비스를 제공함으로써 신 나고야 역에 몰리는 승객 집중을 분산하는 역할을 하고 있다.



<그림 4-4 > Meitetsu 이누야마선, 나고야 시영지하철 추루마이선

2) 관련 공사

- 카미오타이(上小田井)역에서 Meitetu 이누야마선, 나고야 시영지하철 추루마이선의 직결은 고가 구조물을 통해 이루어 졌다.
- 직결 배선은 2면4선의 섬식승강장이며 외측 2선을 이누야마선, 내측 2선을 추루마이선, 이누야마방향에 유치선 2선을 설치하였다.
- 상호직통운전 실현에 소요된 비용은 차량 신규 투입 36대, 승강장 연장 등을 포함해서 110억 엔으로 되었다.



<그림 4-5 > 카미오타이(上小田井)역 배선도

3) 운행(운전) 현황

- 추루마이선은 평일 오전첨두시 10회/h(카미오타이 출발기준 7:30~8:30)의 열차를 운행하고 있으며 그 중 6회의 열차가 Meitetu 이누야마선 상호직통운전 열차이다.
- 비첨두시(카미오타이 출발기준 12:00~13:00)에는 5회/h 운전하고 있으며 그 중 1회/h가 Meitetu 이누야마선 상호직통운전열차이다.
- 오후 첨두시(카미오타이 도착기준 18:30~19:30)는 6회/h이며 그 중 2회가

Meitetu 이누야마선 상호직통운전열차이다.

- Meitetu쪽에서 본다면 이누야마선 나고야방향은 평일 오전 침두시 쾌속급행 1회, 준급행2회, 완행7회로 합계 11회/h(카미오타이 출발기준 7:30~8:30)이며 비침두시는 급행 2회, 완행6회의 합계 8회(카미오타이 출발기준 7:30~8:30)이다.
- 오후 침두시(카미오타이 출발기준 18:30~19:30)는 급행2회, 준급행 2회, 완행 4회로 합계 8회이다.
- 결국, 오전 침두시의 상호직통열차 비율은 나고야 시영 지하철에서 보면 60%, Meitetu에서 보면 54%까지 올라가지만, 비침두시는 지하철에서 20%, Meitetu에서는 12.5%에 그친다.
- 오후 침두시는 지하철에서 보면 33%, Meitetu에서는 25%의 직통비율을 보인다.
- 따라서 이 상호직통운전은 오전 침두시 신나고야역에 진입할 수 없는 포화 승객을 대체경로로 전환하는 역할을 담당한다.

2.3 Tokyu 전원도시선, Tokyu 오이마치선 직결 사례

1) 개요

- 현재 추진 중이며 2007년 완공예정이다.
- 조건2, 3은 만족하나 조건1은 위배된다(오이마치선은 도심에서 멀리 떨어진 교외 지역을 운행함).
- Tokyu 전원도시선(田園都市線)은 카와사키(川崎)·요코하마(横浜)·마치다(町田)·야마토(大和)의 4개시에 위치하는 동경서남부 타마구릉(多摩丘陵) 일부에서 개발을 추진하고 온 “Tokyu 전원도시(東急田園都市)”의 동맥으로서 건설된 노선이다.

- 이 노선은 주변 개발에 따라 2003년 아침첨두시 혼잡도가 195%로 달하고 있으며 수송력이 부족한 상태이다.
- 그러나 10량 편성 열차가 2분 간격 운전하고 있는 상황에서 전원도시선 단독의 혼잡완화는 한계가 있기 때문에 자선 일부구간은 복복선화 하고 그에 접속하는 오이마치선(大井町線, 10.8km)을 직결할 수 있도록 개량하는 사업이다.



<그림 4-6 > Tokyu 전원도시선, Tokyu 오이마치선

2) 관련 공사

- 전원도시선 복복선화사업은 후타고타마가와~미조노쿠치(溝の口) 구간을 복복선화 함으로서 오이마치선 미조노쿠치~오이마치 구간의 직통운전이 가능하도록 하는 공사이다.

- 미조노쿠치역 종점방향에는 인상선을 2개 설치할 예정이다.
- 오이마치선 개량공사(오이마치~후타고타마가와 10.8km) 개량공사는 현재 5량 편성으로 운행하고 있는 오이마치선을 6량 편성의 급행운전이 가능하도록 시설을 개량하는 공사이다.
- 하타노다이(旗の台)역 개량공사는 Tokyu 이케가미(池上線)선과의 환승역인 하타노다이역에 급행대피선을 신설함으로써 또 환승편이성을 향상시키는 공사이다.
- 도도로키(等々力)역 개량공사는 후타고타마가와(二子玉川)역과 자유가오카(自由が丘)역 중간에 위치하는 도도로키역을 급행대피가 가능한 시설(현재 지평 1면2선식 승강장을 지하 1면4선식 승강장으로 변경)을 설치하는 공사이다.
- 후타고타마가와역 개량사업은 전원도시선과 오이마치선의 환승역인 후타고타마가와역의 환승편이성 향상 및 재개발계획에 따라 역시설의 확장을 하는 공사이다.
- 후타고타마가와(二子玉川)역에서 Tokyu 전원도시선, Tokyu 오이마치선의 직결은 고가 구조물을 통해 이루어질 예정이다.

3) 기대 효과

- 현재 전원도시선의 혼잡률이 195%, 특정 열차는 250%를 기록하고 있으며, 오이마치선과의 직통운전·급행운전을 시작하면 176%정도까지 개선이 예상된다.
- 오이마치선 개량 및 전원도시선 복복선화가 완공되면, 미조로쿠치→매구로 구간은 33분→20분으로, 미조로쿠치→오이마치 구간은 31분→22분으로, 자유가오카→오이마치 구간은 15분→12분으로 각각 시간단축이 될 것으로 예상된다.
- Barrier-Free 시설의 충실 등 역시설이 개선되어 이용편이가 증진된다.



<그림 4-7> 후타고타마가와(二子玉川)역 개량 전후

제 V 장 지하철 노선체계 개편방안

제1절 기본방향

제2절 승객 통행패턴 분석

제3절 링크건설 및 신규서비스 창출방안

제4절 효과분석

제 1 절 기본방향

- 앞서 3장에서 지적한 서울시 지하철의 네트워크 차원 문제점은 노선굴곡, 환승불편, 그리고 일부구간의 극심한 혼잡으로 귀결된다.
- 비효율적인 지하철 노선체계에 대한 문제를 해결하기 위해서는 장기적으로 비용을 치루더라도 과감한 조치가 필요하다.
- 반면, 장거리 신설노선의 건설이나, 광역철도의 도입 등과 같은 지하철 시설 확충은 미래지향적인 해결책이 될 수 없다.

1. 발상의 전환

- 서울시 지하철 체계에서는 물리적인 노선 개념과 서비스개념이 정확히 일치한다. 즉, 물리적인 노선이 하나 건설되면 이를 왕복하는 단순 서비스가 제공되고 있다.
- 1호선의 경우 구로역 분기를 통해 인천행과 수원행을 구분하는 예외가 있긴 하나 이는 광역교통 처리 차원으로 도시 내 통행의 직결처리와는 거리가 있고, 5호선의 경우도 지선분기가 있으나 이는 외곽지역의 서비스 지역을 확대하기 위한 조치로 새로운 서비스 창출과는 거리가 있다.
- 서울시 지하철을 1호선에서 8호선까지 계획하면서 노선 간 직결을 전혀 고려하지 않은 것은 대도시 지하철망에서 유리한 것으로 알려진 독립망의 구성을 원칙으로 하였기 때문이며, 이에 따라 불편한 수직 환승 계획이 불가피하였다.
- 도시철도망의 구성은 크게 독립망과 통합망의 두 가지로 구분한다. (Buchic,

2004)

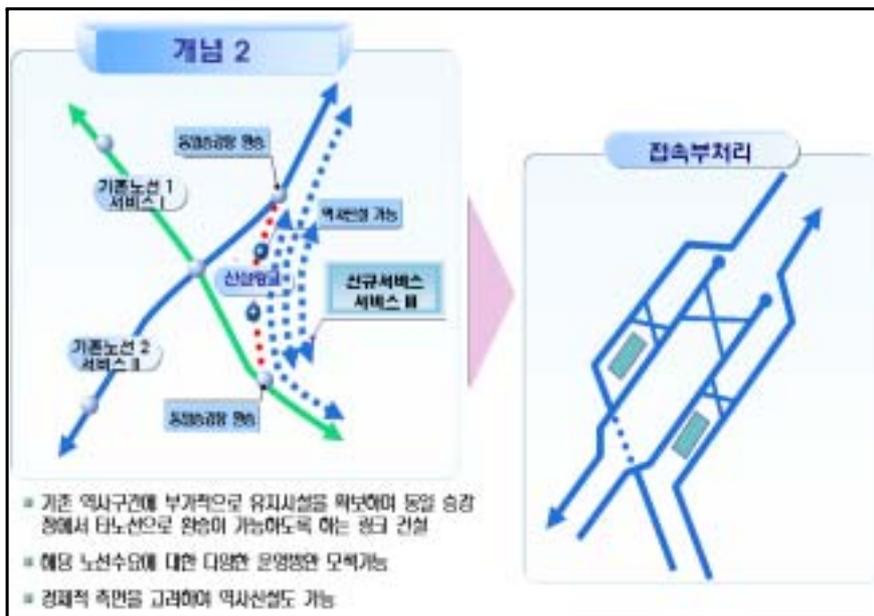
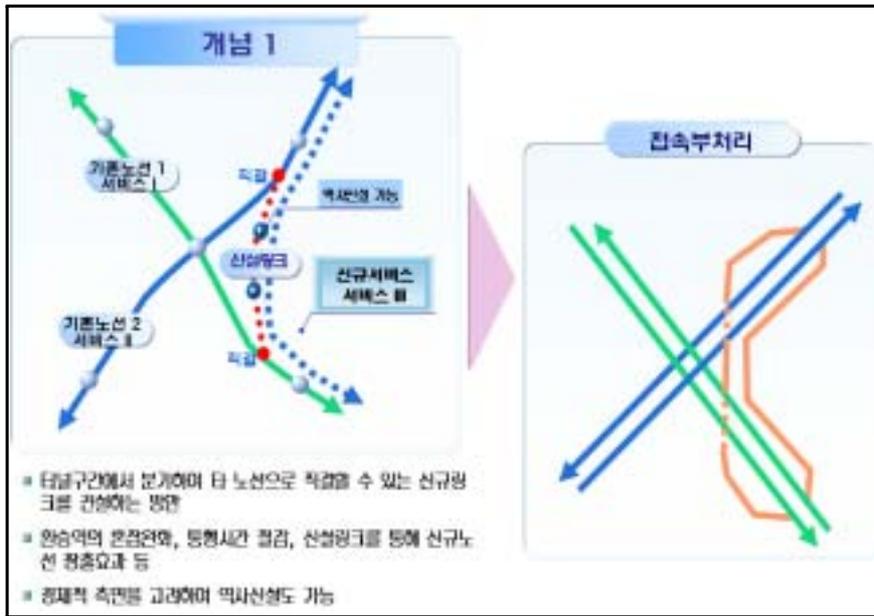
- 독립망은 서울, 동경, 파리와 같이 물리적인 노선이 하나 건설되고 여기에 독립된 왕복 서비스가 제공되며 노선 간 환승이 수직 이동을 통해 이루어지는 지하철 망을 통칭함.
- 반면, 뉴욕 지하철이나 샌프란시스코 BART 시스템과 같이 분기 및 합류를 통해 하나의 물리 노선에 여러 서비스가 제공되고 동일 승강장에서의 환승이 가능한 지하철 망을 통합망으로 정의함.
- 서울과 같은 대도시에서는 독립망의 구성이 유리한 것으로 알려져 있으나, 독립망으로 구성된 지하철망이라 하더라도 노선 간 직결 운행 또는 동일 승강장 환승 등 통합망의 장점을 적극 수용하여 지하철 망을 정비함으로써 높은 수준으로 요구되는 승객 편의 및 서비스 수준 향상을 도모할 수 있다.
- 서울시에서도 미래지향적인 대중교통 중심의 교통체계를 완성하기 위해서는 1노선 1서비스 개념의 지하철 개념을 탈피하여 보다 다양한 승객 통행패턴에 부응하고 서비스의 질을 높일 수 있는 방안의 적용이 가능하다.
- 결과적으로, 서울시 지하철 발전방향은 장거리 독립 노선 건설보다는 기존 지하철 노선의 보완과 단거리 링크들의 건설을 통해 다양한 직결 서비스를 확충함으로써 지하철의 간선중추기능을 강화하는 쪽으로 가는 것이 유리하다고 판단된다.

2. Network Reshuffling

- 본 연구에서는 단거리 링크 건설을 통한 기존 노선 간 직결 서비스 창출을 "Network Reshuffling"으로 명명한다.
- Network Reshuffling에는 두 가지 개념이 있을 수 있는데,
- 첫 번째 개념으로 <그림 5-1>의 개념1에서 보듯이 기존 두 노선의 터널구간에서 직결하는 링크를 건설하여 두 노선 간의 교차 운행을 실시하는 방안으로, 이 경우 새로운 서비스 노선이 창출되어 기존 노선 망에서의 긴 우회거리

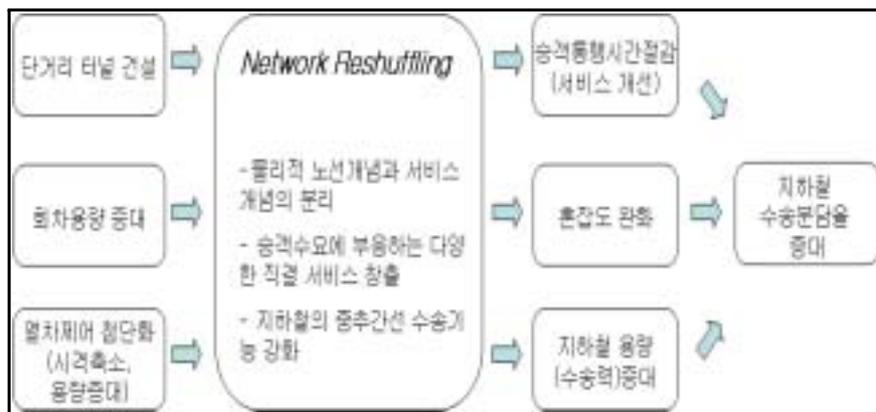
와 복잡한 수직 환승을 피할 수 있다. 그리고 경우에 따라 필요할 경우 신규 링크 구간에 역사를 신설할 수도 있다.

- 개념2는 기존 역사에서 분기를 건설하여 타 노선으로 연결하는 방안으로서 개념1에 비하여 기술적인 용이성을 가지나 그 효과는 다소 떨어질 수 있다.
- 개념2에서는 기존의 수직 환승을 동일 승강장 환승으로 바꿀 수 있으며 불필요한 우회를 제거할 수 있고, 개념1과 마찬가지로 필요할 경우 링크 구간에 역사 신설이 가능하다.
- 개념2에서 타 노선으로의 직결이 여의치 않을 경우에는 왕복 셔틀 서비스도 가능하다. 이때, 동일 승강장 환승일지라도 환승횟수가 증가하는데 총 2회의 환승에 소요되는 시간이 기존 우회거리와 수직 환승시간을 상쇄할 수 있는지를 면밀히 검토 후 사업시행 여부를 판단해야한다.
- Network Reshuffling을 성공적으로 실현하기 위해서는 선결되어야 할 기술 과제들이 존재하는데, 우선 신규 노선 창출을 위해 기존 노선을 연결하는 단거리 터널의 건설이 필수적이다.
 - 계획 단계에서 이미 결정된 사항이라면 지하에 분기시설을 설치하는 것이 비용의 문제일 뿐 기술적으로 어렵지 않음.
 - 그러나, 영업 중인 지하 노선의 승강장이나 노선구간에서 분기시설을 신설하는 것은 여러 가지 기술적인 제약이 따름.
 - 이에 대한 검토는 6장에서 자세히 다룸.



〈그림 5-1〉 Network Reshuffling 개념도

- 기존 노선을 이용한 신규 서비스 창출이 효과를 가지려면 현재의 운행시격을 유지하거나 더 줄일 수 있는 기반이 필요하다.
 - 1호선의 경우 인천행, 수원행 분기 서비스가 제공되고 있으나 시내구간에서 해당 서비스 열차를 기다리는 승객의 경우 상대적으로 길어진 시격 때문에 불만이 생김.
 - 이러한 불만사항이 없도록 하면서 다양한 직결 운행 서비스를 제공하기 위해서는 첨단 열차제어를 통한 선로용량 증대와 서비스 시·종점에서의 회차 용량 확보가 전제되어야함.
 - 이에 대한 검토는 6장에서 자세히 다룸.
- 본 장에서는 서울시 지하철 승객의 통행패턴을 면밀히 검토하여 Network Reshuffling 대안을 제시하고 각 대안별 기대효과를 분석하였다.
 - 단기효과로서 혼잡완화 및 통행시간 절감효과를 분석함.
 - 장기적으로는 지하철의 중추간선기능 회복을 통한 지하철 수송 분담률 상승효과를 분석함.



<그림 5-2> Network Reshuffling 개요

제 2 절 승객 통행패턴 분석

1. 분석개요

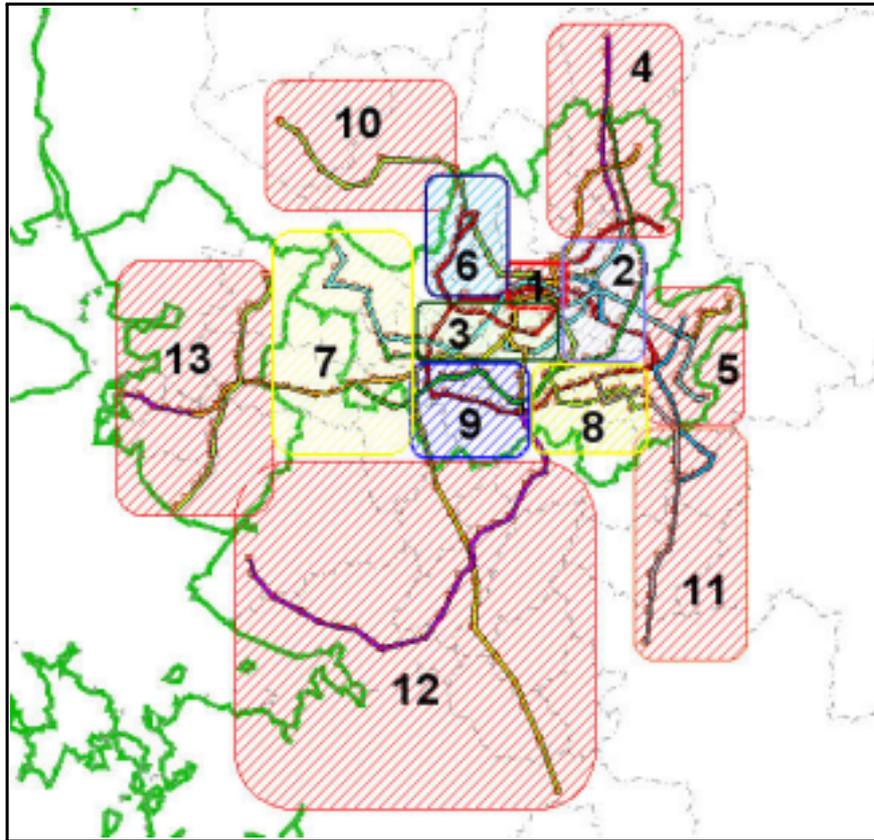
- Network Reshuffling 대안 설정은 승객의 통행패턴에 따라 설정되어야 한다. 이를 위해 서울시를 몇 개의 권역으로 구분한 후, 권역별 통행을 분석하여 지하철의 분담률이 높은 권역 간 통행과 저조한 통행을 구분하여야 한다.
- 지하철 분담률이 높은 권역 간 통행은 서비스 질을 높이는 방안을 간구하여 보다 편리한 지하철 통행을 보장해야 하며 분담률이 낮은 권역 간 통행에 대해서는 적극적인 Network Reshuffling 대안을 설정함으로써 지하철 수송 분담률의 제고를 유도해야 한다.

2. 권역설정

- 지하철 승객의 통행패턴을 파악하기 위해 서울시경계와 시내 주요 지역 중심을 기준으로 권역을 설정하였으며, 서울시 내부에 대해서는 도심을 3개 권역, 서울의 동측, 서측, 강남을 각각 2개 권역으로 구분하였다.
- 외곽 지역은 4개 도시철도가 연계되어 있는 지역을 기준으로 4개 권역으로 구분하였고, 그 결과는 다음 <표 5-1>과 <그림 5-3>과 같다.

<표 5-1> 권역별 해당 지하철역 구간

번호	권역	해당구간
1	도심_중앙권역	□□1호선 : 서울역-동대문 □□4호선 : 서울역-혜화 □□2호선 : 시청-신당 □□5호선 : 서대문-청구 □□3호선 : 경복궁-약수 □□6호선 : 약수-창신
2	도심_동측권역	□□1호선 : 회기-옥수 □□4호선 : 성신여대입구 □□2호선 : 강변-상왕십리, □□5호선 : 광나루-신금호 성수-신설동 □□6호선 : 고려대-버티고개 □□3호선 : 옥수-금호 □□7호선 : 독섬유원지-용마산
3	도심_남측권역	□□1호선 : 용산-남영, □□5호선 : 마포-충정로 이촌-한남 □□6호선 : 합정-한강진 □□2호선 : 합정-충정로
4	동북권역	□□1호선 : 의정부북부 □□6호선 : 봉화산-원곡 -외대앞 □□7호선 : 장암-사가정 □□4호선 : 당고개 - 길음
5	동남권역	□□2호선 : 성내 □□8호선 : 암사 ~ 몽촌토성(8) □□5호선 : 천호-상일동/마천
6	서북권역	□□3호선 : 구파발-독립문 □□6호선 : 응암-망원
7	서남권역	□□1호선 : 운수-구로 □□5호선 : 방화-양평 □□2호선 : 까치산-도림천 □□7호선 : 운수-철산
8	강남_동측권역	□□2호선 : 방배-잠실 □□8호선 : 잠실-북정 □□3호선 : 압구정-수서 □□분당선 : 선릉-북정 □□7호선 : 내방-청담
9	강남_서측권역	□□1호선 : 신도림-노량진 □□5호선 : 영등포구청-여의나루 가리봉-석수 □□7호선 : 이수-남구로 □□4호선 : 동작-남태령
10	일산권역	□□3호선 : 대화-지축
11	분당권역	□□8호선 : 산성-모란 □□분당선 : 경원대-보정
12	수원-안산권역	□□1호선 : 관악-병점 □□4호선 : 선바위-오이도
13	인천-부평권역	□□1호선 : 역곡-인천 □□인천선 : 계양-동막



<그림 5-3> 권역구분

3. 이용자 통행패턴

3.1 전체 수단통행 패턴

- 승용차와 버스의 경우 『서울시 교통 센서스, 서울 시정개발연구원, 2003』 자료를 그거로 하되, 해당 권역 내의 지하철역을 이용할 수 있는 범위를 정하여 그에 해당되는 OD 통행량만을 구한 후, 여기에 지하철 역간 OD 통행량을 더하여 전체 수단 통행량(승용차+택시+ 버스+지하철)을 산출하였다.
- 지하철 역간 OD 통행량은 『2004년 10월의 일평균 역간OD 통행량 자료』를 근거하여 산출하였다.
- 권역 간 전체 수단통행량 중에 지하철을 이용하는 통행량의 비율을 분석하기 위해 전체 수단 및 지하철에 대한 통행패턴을 파악하였으며, 그 패턴은 <표 5-2 >와 같다.

<표 5-2> 권역간 승객통행패턴 Matrix(전체 수단통행량)

(단위 : 천통행/일)

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	sum
1	363													1,772
2	265	1,016			서울 시내 지역						시외 지역			2,525
3	168	116	617											1,962
4	251	345	77	2,058										3,292
5	49	128	33	39	339									1,412
6	141	53	163	63	13	639								1,399
7	88	51	226	44	30	76	1,488							2,672
8	124	246	101	133	187	53	80	971						2,509
9	165	123	290	95	49	65	279	345	1,364					3,125
10	38	49	34	28	16	60	24	33	25	473				855
11	35	54	25	59	58	10	25	146	62	13	1,162			1,806
12	56	46	56	72	41	38	126	95	161	46	105	2,487		3,460
13	48	24	47	24	92	18	135	43	92	13	21	137	2,970	3,661
sum	1,816	2,508	1,946	3,283	1,396	1,384	2,673	2,606	3,105	847	1,745	3,473	3,667	30,449

3.2 서울시내 전체 수단통행 및 지하철 통행패턴 분석

- <표 5-3 >은 지하철 이용 통행 수 및 전체 수단통행 대비 지하철 통행의 수단 분담률을 나타내고 있으며, 서울시 내부에 국한할 경우 수단 분담률이 33%를 나타내고 시외지역까지 포함하면 21%로 떨어지게 된다.
- 권역 간 통행으로 구분할 경우 지하철 수단 분담률이 50% 이상인 권역 간과 20% 미만인 권역 간이 혼재하는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 노선체계의 비효율을 암시하며 노선체계 개편의 시급성을 시사하고 있다.

<표 5-3> 권역간 승객통행패턴 Matrix(지하철 역간 OD통행량)

(단위 : 통행/일)

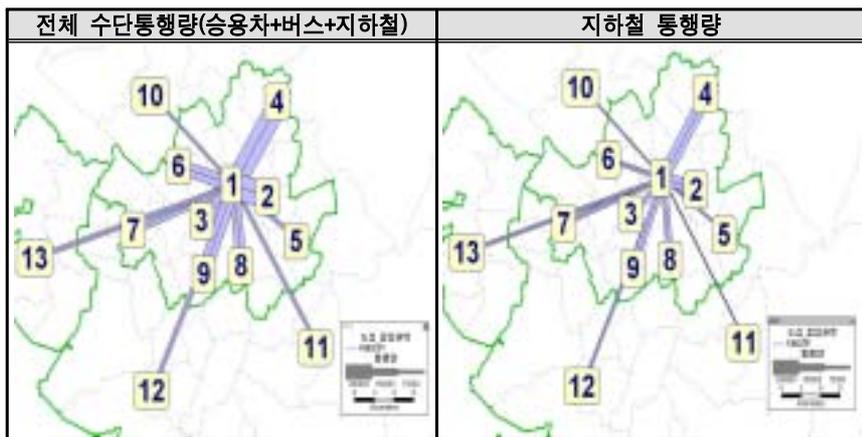
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	sum
1	131,600 36%													826,072 47%
2	119,600 45%	105,400 10%												647,183 26%
3	63,288 38%	41,798 36%	46,144 7%		서울	시내	지역				시외	지역		407,823 21%
4	138,150 55%	95,134 28%	37,478 48%	225,000 11%										721,067 22%
5	30,622 62%	34,090 27%	10,261 31%	17,748 46%	41,728 6%									209,450 15%
6	45,084 32%	16,307 31%	26,664 16%	10,326 16%	3,269 25%	44,357 7%								231,927 17%
7	49,262 56%	20,244 39%	30,229 13%	12,890 29%	5,458 18%	5,802 8%	70,031 5%							367,457 14%
8	82,709 66%	110,250 45%	44,164 44%	90,850 68%	38,034 20%	29,604 55%	39,674 49%	296,800 31%						1,009,593 40%
9	94,879 57%	55,993 46%	66,970 23%	43,781 46%	14,093 29%	19,924 31%	76,411 27%	178,700 52%	181,400 13%					863,101 28%
10	17,870 46%	6,013 12%	3,050 9%	3,619 13%	1,125 7%	14,324 24%	525 2%	11,778 36%	2,694 11%	21,540 5%				89,276 10%
11	9,742 28%	11,681 21%	3,958 16%	5,496 9%	9,999 17%	1,968 19%	2,128 9%	56,009 38%	10,157 16%	823 6%	76,683 7%			194,777 11%
12	34,898 62%	14,382 31%	18,393 33%	12,861 18%	2,028 5%	4,588 12%	17,785 14%	28,832 30%	56,449 35%	782 2%	670 1%	133,400 5%		350,828 10%
13	37,138 77%	14,836 61%	22,507 47%	9,931 42%	2,146 2%	3,774 21%	31,704 23%	28,029 65%	60,607 66%	391 3%	1,229 6%	13,865 10%	241,000 8%	477,538 13%
sum	883,608 49%	644,266 26%	421,978 22%	685,453 21%	211,747 15%	220,050 16%	356,823 13%	1,061,266 41%	861,009 28%	79,787 9%	186,302 11%	327,032 9%	456,771 12%	6,396,092 21%

1) 권역 내부통행

- 각 권역 내부 통행에 대해 분석해 본 결과, 전체 수단통행의 경우 동북권역이 2,058천통행/일로 서울시 타 권역에 비해 가장 높고, 지하철의 경우는 강남_동측권역이 296천통행/일로 가장 높다.
- 전체 수단통행량 대비 지하철 통행량이 가장 많은 권역은 도심_중앙권역과 강남권역으로 약 35%정도 수준을 보이며, 타 권역에 비해 통행량이 현저히 적은 권역은 도심_남측권역과 동남권역, 서북권역으로 이는 전체 수단 및 지하철 모두 동일한 특성을 나타내고 있다.

2) 도심_중앙권역(□□)

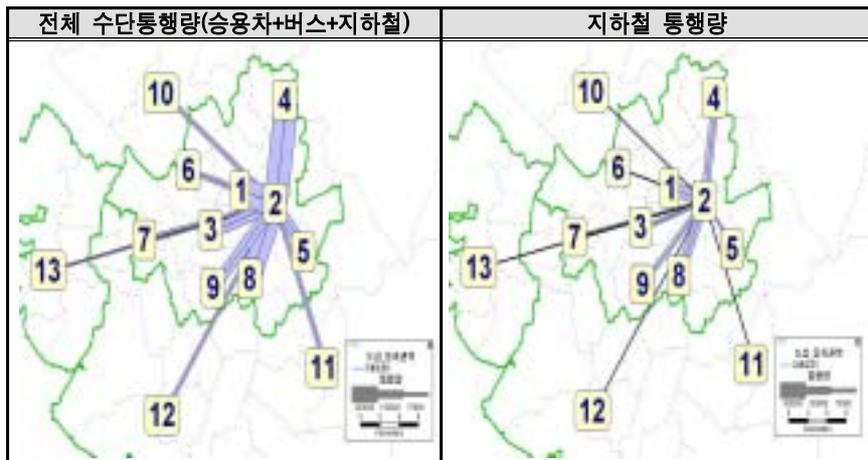
- 해당권역과 지하철 통행 수단 분담률이 높은 권역으로는 동·남북권역(□□,□□)과 서남권역(□□), 강남(동측 및 서측)권역(□□,□□)으로 총통행량의 50~60 %정도 수준을 보이고 있고, 그 외의 권역도 전체 수단통행량의 약 40%이상 수준으로 도심_중앙권역으로 접근 시 지하철을 선호하는 경향을 나타내고 있다.



<그림 5-4> 도심 중앙권역 유출입통행 현황

3) 도심_동측권역(□□)

- 해당 권역의 전체 수단통행량을 보면 동북권역(□□)과의 통행이 345천통행/일로 가장 많은 것을 볼 수 있으나 지하철 통행량은 95천통행/일로 약 28%정도의 수준을 나타내어 지하철 이용이 전체 수단에서 차지하는 비중이 적은 특징을 나타내고 있다.
- 또한, 권역 간 전체 수단통행 중 지하철 통행량을 보면 도심_중앙권역(□□)과 강남 동서권역(□□,□□)으로의 통행량 약 45%을 보이며 가장 높은 것을 알 수 있고 그 외의 권역과는 약 30%정도의 수준을 보임. 내부통행이 총유출입통행량의 약 17%를 차지하여 서울시내 타 권역에 비해 적은 것이 특징이다.

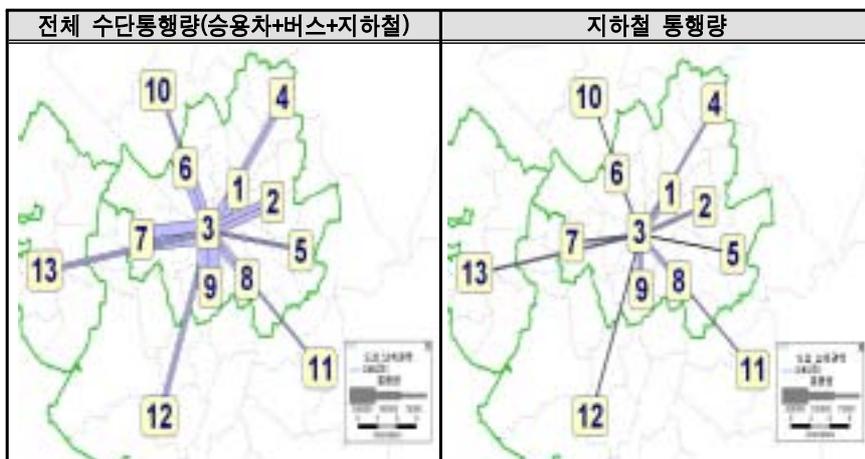


<그림 5-5> 도심 동측권역 유출입통행 현황

4) 도심_남측권역(□□)

- 해당 권역의 특징은 지하철 통행 중 권역 내부통행량이 약 12% 수준으로 타 권역에 비해 가장 낮은 것이다.

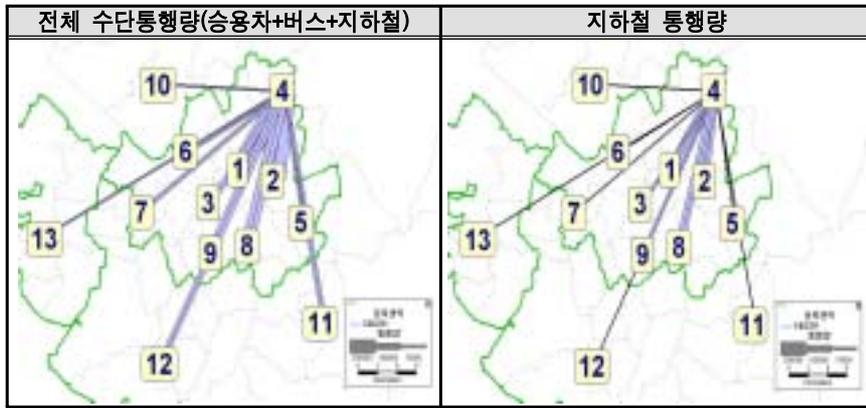
- 타 권역 간 통행 중 지하철 통행비율이 높은 권역은 강남권역(□□,□□)과 도심_중앙권역(□□)이며, 서북권역(□□)과, 서남권역(□□)과의 전체 수단통행량은 타 권역에 비해 크게 나타나지만 지하철 분담비율은 약 15%정도의 낮은 수준을 보이고 있다.



<그림 5-6> 도심 남측권역 유출입통행 현황

5) 동북권역(□□)

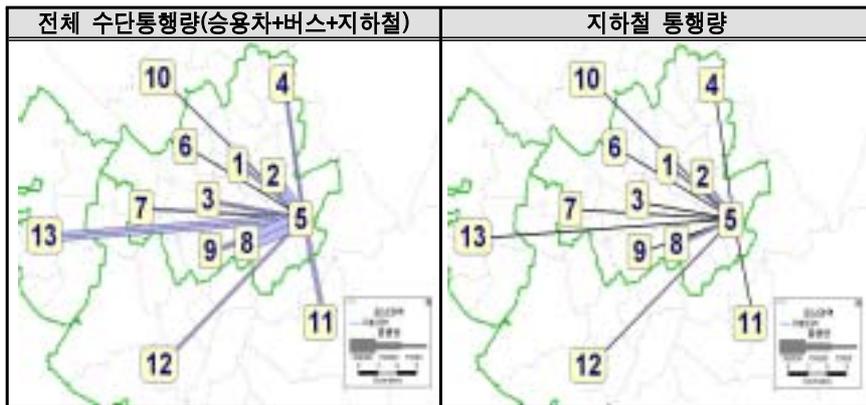
- 해당 권역의 특징은 강남_동측권역(□□)과의 통행 중 지하철이 차지하는 비율 약 68%정도의 수준을 보여 타 권역보다 상당히 크고, 지하철 통행 중 권역 내부통행 비율이 약 34%로 높게 나타내고 있다.
- 타 권역 간 지하철 통행비율이 높은 권역은 도심권역(□□,□□,□□)과 강남 권역(□□,□□)이며, 통행비율이 낮은 수준을 보이는 권역은 서북권역(□□)으로 약 16% 정도의 수준을 보이고 있다.



<그림 5-7> 동북권역 유출입통행 현황

6) 동남권역(□□)

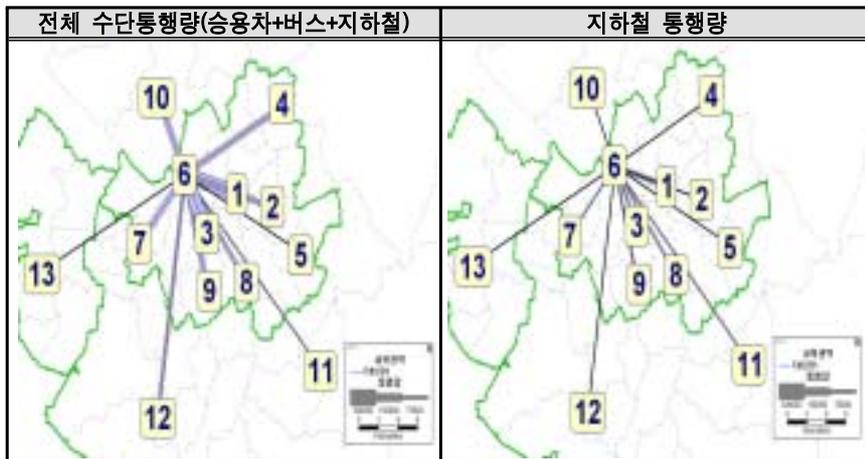
- 해당권역은 강남_동측권역(□□)과 도심_동측권역(□□)과의 전체 수단통행량이 187천통행/일, 127천통행/일로 가장 많으며, 지하철 통행량은 서울시 전체 지하철 통행량의 약 4% 정도로 현저히 낮은 수준을 나타내고 있다.
- 타 권역 간 지하철 통행비율이 높은 권역은 도심_중앙권역(□□)과 동북권역(□□)이며, 통행비율이 낮은 수준을 보이는 권역은 서북(□□) 및 서남권역(□□)이다.



<그림 5-8> 동남권역 유출입통행 현황

7) 서북권역(□□)

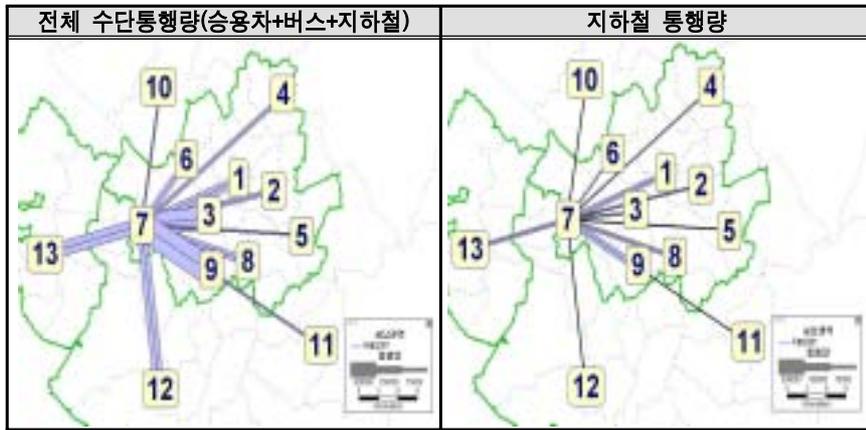
- 동남권역과 마찬가지로 해당권역의 총유출입 통행량은 서울시 전체 통행량에 비해 현저히 낮은 수준을 나타내는 것이 특징이다.
- 타 권역 간 지하철 통행비율이 높은 권역은 강남_동측권역(□□)이며, 통행비율이 낮은 수준을 보이는 권역은 서남권역(□□)과 도심_남측권역(□□), 동북권역(□□)이고 이 중에 서남권역(□□)의 지하철 통행비율이 약 8% 정도 수준으로 현저히 낮은 것을 볼 수 있다.



<그림 5-9> 서북권역 유출입통행 현황

8) 서남권역(□□)

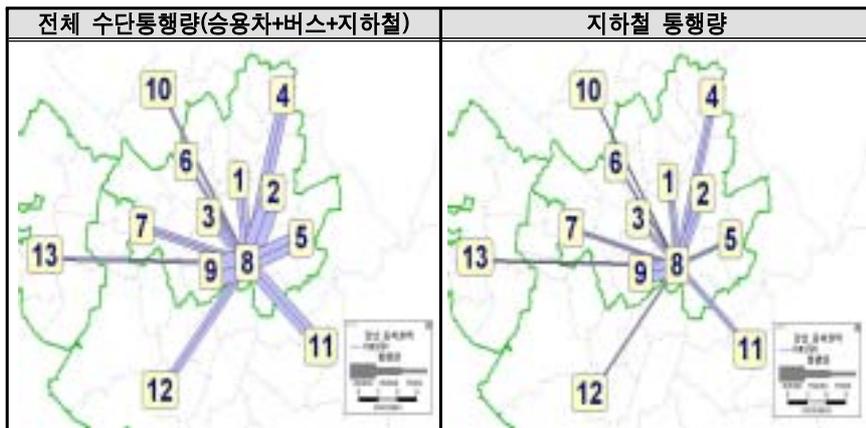
- 해당권역의 특징은 도심_남측권역(□□)과 강남_서측권역(□□)과의 전체 수단통행량이 20천통행/일 이상으로 타 권역과의 통행량 보다 많으나, 지하철 통행비율은 각각 13%, 27%로 현저히 낮은 수준을 보이고 있다.
- 타 권역 간 지하철 통행비율이 높은 권역은 강남_동측권역(□□)과 도심_중앙권역(□□)이며, 통행비율이 낮은 수준을 보이는 권역은 서북권역(□□)과 도심_남측권역(□□)이다.



<그림 5-10> 서남권역 유출입통행 현황

9) 강남_동측권역(□□)

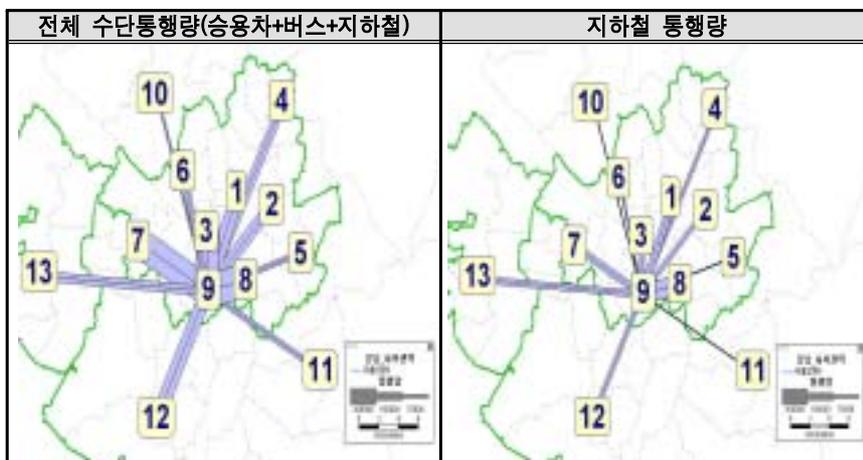
- 해당 권역의 특징은 동남권역(□□)을 제외한 모든 권역으로의 지하철 통행 비율이 40% 이상으로 지하철 이용비율이 상당히 타 권역에 비해 가장 높은 수준을 나타내고 있다.
- 전체 수단통행에서도 서남(□□) 및 서북권역(□□)을 제외한 타 권역과의 통행량이 10천통행/일 이상으로 높은 수준을 보이는 것이 특징이다.



<그림 5-11> 강남 동측권역 유출입통행 현황

10) 강남_서측권역(□□)

- 해당 권역의 특징은 전체 수단의 통행량은 강남_동측권역(□□)보다 약간 높은 수준이나 지하철 통행량은 오히려 다소 적으며, 지하철 이용비율 또한 낮게 나타나고 있다.
- 타 권역 간 지하철 통행비율이 높은 권역은 강남_동측권역(□□)과 도심_중앙권역(□□)이며, 통행비율이 낮은 수준을 보이는 권역은 도심_남측권역(□□)과 서남권역(□□)이다.



<그림 5-12> 강남 서측권역 유출입통행 현황

2.3 시외지역 지하철이용자 통행패턴

1) 인천·부평권역(13)

- 전체 수단 통행 중 내부통행량이 2,970천통행/일로 타 권역과의 유출입 통행량 보다 2배가량 높아 상당히 높은 수준을 나타내며, 해당권역의 지하철 유출입 통행량은 약 477천통행/일 수준을 보이며 경기도 권역 내 타 권역보다 높은 것이 특징이다.
- 도심_중앙(□□) 및 도심_동측권역(□□)과 강남권역(□□,□□)으로 이동하

는 지하철 통행비율이 60% 이상으로 상당히 크다. 이는 서울시로 접근하는 도로의 인프라와 교통상황이 불량하여 지하철 이용수요가 타 경기도 지역보다 높은 것으로 판단된다.

- 동남권역(□□)과 일산(Ⅹ), 분당권역(Ⅱ)으로 이동하는 통행량의 지하철 통행비율이 10% 미만으로 상당히 적게 나타나고 있다.

2) 수원·안산권역(Ⅹ)

- 해당권역에서 전체 수단의 외부 유출입 통행량은 약 973천통행/일 수준으로 가장 높은 통행량을 보이나 지하철 통행량은 인천·부평권역(Ⅲ)보다 적은 통행량을 보이고 있다.
- 도심_중앙권역(□□)과의 지하철 통행 비율은 62%로 가장 높은 수준을 보이며, 인천·부평권역(Ⅲ)과 유사하게 일산권역(Ⅹ)과 분당권역(Ⅱ)으로 이동하는 지하철 통행 비율은 10% 미만으로 현저히 낮은 수준으로 파악된다.

3) 분당권역(Ⅱ)

- 해당권역에서 전체 수단의 외부 유출입 통행량은 약 613천통행/일 수준으로 일산권역(Ⅹ)보다는 높은 통행량을 보이나 인천·부평권역(Ⅲ) 및 수원·안산권역(Ⅱ)보다 낮은 수준이다.
- 강남_동측권역(□□)과 도심_중앙권역(□□)을 제외한 타 권역으로 이동하는 지하철 통행비율은 20%이하의 수준을 보이며, 이 중에서도 일산권역(Ⅹ)과 수원·안산권역(Ⅱ)으로 이동하는 지하철 통행비율은 10% 미만으로 현저히 적게 파악된다.
- 분당권역(Ⅱ)은 서울시 강남방면(□□,□□)으로 도로인프라 및 교통상황이 인천·부평권역(Ⅲ) 및 수원·안산권역(Ⅱ)보다 양호함과 동시에 다수의 광역

버스노선이 운행되고 있어 지하철 이외에 교통수단 효용이 비교적 큰 반면 지하철 노선은 3호선의 경우 서울시로 접근하기 위해 수서에서 환승해야 하며, 분당선의 경우도 선릉에서 환승이 필요함과 동시에 (광역)버스나 승용차에 비해 소요되는 통행시간이 긴 것이 일반적이므로 지하철수단의 경쟁력이 다소 낮아 이용수요가 적은 것으로 판단된다.

4) 일산권역(Ⅹ)

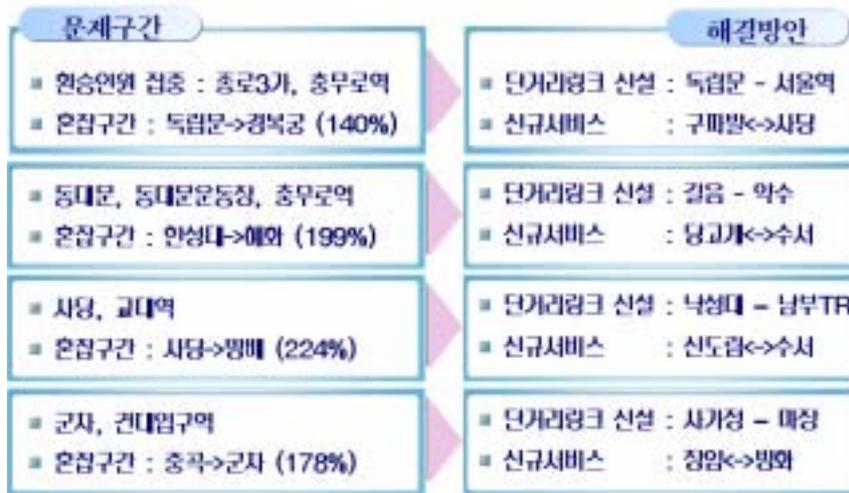
- 해당권역에서 전체 수단의 외부 유출입 통행량은 약 377천통행/일 수준으로 타 경기도권역 중 가장 낮은 통행량을 보이는 것이 특징이다.
- 도심_중앙(□□) 및 강남_동측권역(□□) 그리고 서북권역(□□)으로의 지하철 통행비율만이 20% 이상을 나타낼 뿐, 그 외의 권역으로의 지하철 통행 비율은 10%미만으로 지하철 이용률이 저조한 것으로 파악된다.
- 일산권역(Ⅹ)은 분당권역(Ⅲ)과 유사하게 이용할 수 있는 광역버스노선이 다수 존재하며, 지하철 배차간격이 침두시에는 6분, 비침두시에는 9분으로 타 노선에 비해 길게 운행되고 있어서 지하철의 효용이 떨어진다.
- 또한 지하철을 이용해 서울 도심으로 진입할 경우, 노선경로가 광역버스에 비해 우회거리가 긴 편이며, 이러한 요인들이 일산권역(Ⅹ)의 지하철 이용 저하의 요인으로 판단된다.
- 반면, 강남 동측권역(□□)으로 지하철 통행량이 상당한 수준인 것은 일산권역에서 강남으로 접근하기 위한 도로 교통상황이 열악하고, 도심을 연결하는 버스노선이 다수 운행되는 것과 반대로 1개 버스노선(9700번)만이 강남을 연결하고 있기 때문이다.

제 3 절 링크건설 및 신규서비스 창출방안

본 연구에서는 두 가지 기준에 의해 링크건설 대안 및 이에 따른 신규서비스 창출대안을 제안하고 효과를 분석하고자 한다. 우선 앞서 살펴본 지하철 통행패턴을 고려하여, 현재 지하철 노선 망에서 심각한 혼잡을 겪고 있는 구간 및 환승역을 선별하고 이를 우회할 수 있는 단거리 링크건설을 고려한다.

둘째로, 앞서 살펴본 바와 같이 권역 간 통행에 대한 지하철 이용수준이 현저하게 차이가 나는 점을 고려하여 현저히 낮은 지하철 이용률을 보이고 있는 권역 간 통행에 대해 지하철 효용을 높여 분담률을 제고하고 새로운 승객수요를 창출할 수 있도록 하는 링크건설 대안을 고려한다.

1. 구간 혼잡 및 환승불편해결 대안



<그림 5-13> 혼잡구간 및 혼잡 환승역 해결 대안

- <그림 5-13>은 혼잡구간 및 혼잡 환승역과 이것을 극복할 수 있는 링크건설

설대안과 건설된 링크를 통해 창출할 수 있는 신규 서비스를 나타내고 있다.

- 2절에서 분석한 승객통행 패턴을 기반으로 <그림 5-14>와 같이 해당 문제 구간의 해결방안을 제시하였다.



<그림 5-14> 혼잡해결 링크건설 대안

- 혼잡구간 및 혼잡 환승역을 우회하는 대안은 <그림 5-1>의 개념1을 도입하는 것이 적절하며, 이 경우 기존 서비스와 신규 서비스의 시격 조정은 해당

통행수요의 크기에 비례하여 설정해야 한다.

- 반면, 신설링크가 접속하는 사이의 기존 노선 구간의 시격이 길어지는 문제가 발생하지만 이는 열차제어체계의 첨단화를 통해 최소운전 시격을 줄이는 차원에서 해결해야하고, 이에 대한 자세한 내용은 6장에 언급한다.

1) 3호선 ⇔ 4호선(약수-길음) 직결링크

- 3호선과 4호선의 경우 도심 통과 승객과 도심 하차 승객이 합쳐져서 극심한 혼잡(4호선 한성대-혜화 구간 199% 혼잡률)을 야기하므로 도심을 지나지 않는 직결링크를 신설하여 새로운 직통 서비스를 창출하였다.
- 통행패턴 분석에 의하면 동북권역에서 도심중앙권역, 강남 동측권역으로 통행하는 지하철 이용자는 각각 138천통행/일, 90천통행/일이며 전체 수단통행 대비 분담률은 각각 55%, 68%로 높게 나타나고 있다.
- 동북권역과 강남간의 지하철 이용객을 도심을 통과하지 않고 연결함으로써 통행시간을 단축시키고 도심에서 일어나는 환승 불편문제를 해소할 수 있는 대안이 된다.
- <그림 5-1>의 개념1을 기반으로 3호선 ⇔ 4호선(약수-길음) 직결링크를 건설함으로써 당고개-수서 간 새로운 직결 서비스가 가능하게 하였다.

2) 3호선 ⇔ 4호선(독립문-서울역) 직결링크

- 3호선이 커버하고 있는 서북부 지역의 통행을 서울역방면 4호선과 직결할 수 있는 링크를 신설하여 서북권역에서 도심남측, 강남 서측권역으로의 지하철 통행인 46천통행/일을 환승 없이 직접 연결할 수 있도록 하였다.
- 서북권역에서 도심남측, 강남 서측권역으로의 지하철 통행비율이 31% 대로 평균 지하철 분담률을 밑돌고 있으므로 직결 서비스의 제공으로 보다 많은 통

행을 지하철로 유인할 수 있을 것으로 기대된다.

- 또한, 서북부에서 3호선을 이용해 도심 또는 강남으로 향하는 통행의 혼잡도를 크게 완화하고, 약수-길음 링크를 통한 3,4호선 연계와 균형을 맞추는 효과를 가져 올 것으로 기대된다.
- <그림 5-1>의 개념1을 기반으로 3호선 ⇔ 4호선(독립문-서울역) 직결링크를 통해 구과발-사당간 새로운 직결 서비스가 가능하다.

3) 2호선 ⇔ 3호선(낙성대-양재) 직결링크

- 서남권역에서 동남권역으로 이동하는 통행량과 강·남북을 이동하는 통행량이 환승하는 사당역과 교대역은 극심한 혼잡(2호선 사당-교대구간 혼잡률 228%)을 겪고 있는데, 2호선 낙성대-사당구간에서 3호선 남부터미널-양재구간을 연결하는 링크를 건설하여 <그림 5-1>의 개념1에 의한 신도림-수서간의 직통서비스를 제공함으로써 교대역 환승 혼잡으로 야기되는 열차지연을 해소할 수 있다.
- 운전시격의 축소가 불가능할 경우, 2호선 교대이후 강남 구간의 열차 운행횟수는 줄어들고 3호선의 양재-수서 구간의 열차운행횟수가 증가하여 기존 서비스의 시격에 영향을 미칠 수 있으므로 <그림 5-1>의 개념2를 적용하는 방안도 검토 가능하다.
- 즉, 낙성대역 및 양재역에 동일 승강장 환승시설을 건설하고 두 역간의 왕복 운행서비스를 제공할 수 있다.

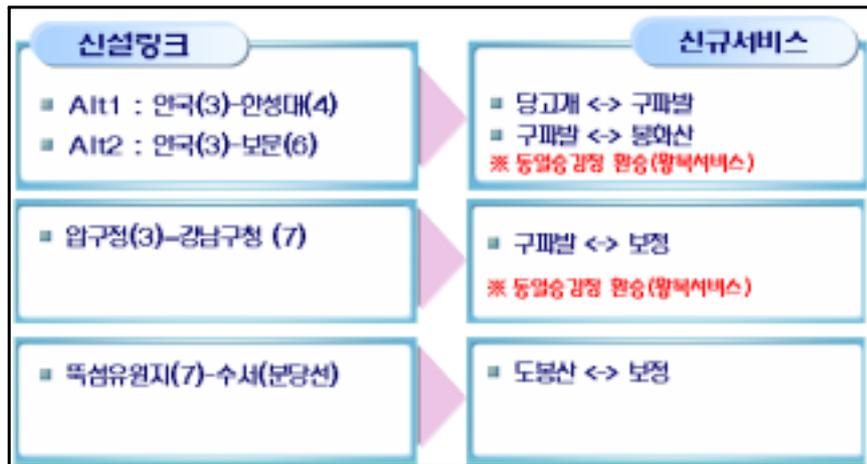
4) 5호선 ⇔ 7호선(사가정-마장) 직결링크

- 동북권역에서 도심으로 이동하는 통행량과 동남권역에서 도심으로 이동하는 통행량이 군자역과 건대입구에 교차함으로 인한 극심한 혼잡(7호선 증곡-군자

구간 178% 혼잡률)을 야기하고 있다.

- 이와 같은 문제를 해결하기 위해 동북권역에서 도심으로 이동하는 통행량과 강남으로 이동하는 통행량을 분리시킴으로서 교차지점에서의 혼잡을 완화시키는 것이 필요하다.
- <그림 5-1>의 개념1 적용으로 장암-방화 간 새로운 직결 서비스가 가능한 것과 동시에 전체 지하철망 차원에서도 서울의 서남부와 동북부를 직결하는 새로운 방사노선이 신설된 것과 같은 효과를 가질 수 있을 것을 예상된다.

2. 이용수요 창출대안



<그림 5-15> 이용수요 창출 대안

- 현재 서울의 지하철 수송 분담률은 35% 수준으로 다른 선진국과 비교해 볼 때 낮은 수준을 나타내고 있다. 도시 내 대부분 지역에 지하철역들이 자리하고 있음에도 불구하고 특히, 2기 지하철을 중심으로 지하철 이용률이 낮은 것은 앞서 3장에서 언급한 바와 같이 주요 지역으로의 접근 시 환승회수가 많고 우회하게 되어 시민들이 지하철 이용을 기피하고 있기 때문이다.

- 통행패턴 분석에서 서울시 각 권역 통행의 지하철 수단 분담률이 현저하게 차이가 나는 것을 구체적인 수치로 확인되었다.
- 본 연구에서는 서울시 지하철 이용률을 제고하고 잠재적인 통행수요를 확보하는 차원에서 새로운 직결 링크 건설과 이를 통한 신규 서비스 제공에 대한 대안을 구상하고자한다.
- 많은 대안이 있을 수 있겠지만 우선 현재의 승객 통행패턴 분석을 통해 그 중에서 몇 가지 예를 제시하고자 한다. <그림 5-15>는 제안한 단거리 링크 건설 대안과 이에 따른 신규 서비스 대안을 나타내고 있다.

1) 안국-한성대입구(3호선⇔4호선) or 안국-보문(3호선⇔6호선) 직결링크

- 통행패턴 분석에서 본 바와 같이 서북권역(□□)과 동북권역(□□)간의 지하철 통행량은 10천통행/일로 두 지역 간의 전체 통행에 비하면 16%의 낮은 수단 분담률을 볼 수 있는데 이는 해당 권역 간을 이동하려면 도심까지 우회해서 환승해야하는 불편이 따르기 때문이다.
- 두 권역간의 전체 수단 통행량은 63천통행/일에 대해 서북권역과 동북권역을 직결로 연결하는 서비스를 신설하여 지하철 이용률을 증진시킬 수 있고, 이와 같은 지하철 이용률의 증가는 타 교통수단 특히, 승용차 이용률을 억제하여 지상 도로구간의 혼잡까지 완화할 수 있는 효과를 창출할 수 있다.
- 3호선을 4호선과 연결하는 대안과 3호선을 6호선으로 연결하는 두 가지 링크 건설 대안이 있는데, 이 대안은 <그림 5-1>의 동일승강장 환승과 구간 왕복 서비스를 전제한 개념2의 도입이 적정할 것으로 예상된다. 이 때 두 번의 동일 승강장 환승에 따른 시간 증가가 도심 우회 및 수직 환승으로 인한 통행시간 증가를 상쇄할 수 있을 때 효과가 있을 수 있다.
- 만약, 열차제어체계의 첨단화로 3,4,6 호선의 최소운전시격이 2분 이내로 줄어들 수 있다면 <그림 5-1>의 개념1 직결 서비스의 도입도 가능하게 되고,

이 경우 서울시 전체 지하철망 차원에서는 서북부와 동북부를 연결하는 새로운 노선의 창출과 같은 효과를 가질 수 있다.

2) 압구정-강남구청 직결링크(3호선⇔7호선)

- 2절 승객통행 패턴을 보면 분당권역(Ⅲ)에서 도심권역(□□,□□,□□)으로의 지하철 통행수가 25천통행/일로 높게 나타나지만 전체 수단통행 대비 분담률은 22%대에 머물고 있는데, 이는 서울시 평균인 35%에 못 미치는 수치로써 해당 권역 간 통행에 대해서는 지하철의 효용이 타 교통수단에 비해 떨어짐을 반영하고 있다.
- 분당선은 2호선 선릉역, 강남구청역을 거쳐 2호선 왕십리역까지 연장하는 것으로 계획되어 있으나, <그림 5-1>의 개념2를 적용하여 강남구청역에서 3호선 압구정역까지 신설링크를 건설하고 동일 승강장 환승을 제공함으로써 분당 지역에서 도심지역으로 이동하는 장거리 통행의 우회거리와 통행시간을 대폭 줄일 수 있다.
- 개념1의 직결 서비스는 아닐 지라도, 이 링크가 건설된다면 서울시 전체 지하철망 차원에서 서북부와 동남부를 연결하는 새로운 노선이 창출되는 효과를 가지고 특히, 3호선 압구정역에서 도곡역까지의 “ㄷ”자형 노선굴곡을 상쇄할 수 있는 대안이 될 것으로 예상된다.

3) 뚝섬유원지-수서 직결링크(7호선⇔분당선)

- 현재 분당권역(Ⅲ)에서 건대입구역 이후의 7호선 강북구간으로 가기 위해서는 도곡, 또는 수서역에서의 3호선으로 환승하고 3호선을 이용해 고속터미널까지 우회한 후 다시 7호선으로 환승해야 하는 불편이 따르게 되고, 그로 인해 해당 권역 간 통행의 지하철 이용률은 9%대에 머물고 있다.
- <그림 5-1>의 개념1을 적용하여 분당선 수서역에서 7호선 뚝섬유원지까지

직결 링크를 건설한다면 분당권역(Ⅲ)과 동북권역(□□), 도심_동측권역(□□)으로의 통행에 대해 2회에 걸친 환승과 긴 우회거리 문제를 해소하여 지하철 수송 분담률을 높일 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 5-16> 이용수요 창출 링크건설 대안

- 또한, 분당선과 7호선을 직결할 경우 서울시의 동측을 남북으로 연결하는 새로운 서비스가 창출되어 전체적인 지하철망 차원에서 기여하는 바가 클 것

으로 예상되며, 해당 직결 링크 중간에 역사를 신설하여 2호선 삼성역에서 수직 환승을 제공하는 것도 고려해 볼 수 있다.

3. Network Reshuffling 종합



<그림 5-17> Network Reshuffling 종합

- 1기 서울시 지하철은 부분적으로는 노선굴곡의 문제를 가지고 있기는 하나, 전체적으로는 2호선을 환상선으로 하고 3,4 호선이 도심을 관통하는 방사형태의 기하학적인 특징을 가지고 있다.
- 5~8호선의 2기 지하철은 뚜렷한 기하학적인 특징을 갖지는 않으나, 2기 지하철이 완공됨으로써 서울시의 지하철 연장은 선진도시 수준으로 올라갔으며 지하철의 서비스에서 제외되는 음영지역이 최소화되는 효과를 가져왔지만 노선체계의 불합리로 인해 2기 지하철 영향권의 많은 지역에서 주변에 지하철역을 두고도 지하철을 이용하지 않는 현상이 발생하고 있다.

- 본 연구에서 제안하는 Network Reshuffling 대안을 적용할 경우 기존의 환상 방사형의 틀 위에 새로운 서비스 노선들을 추가하여 일종의 지하철 격자망을 구성할 수 있게 된다. 즉, 기존의 독립 망 차원에서 일부를 통합 망으로 전환함으로써, 독립망의 단점을 보완하고 노선체계에 다양성을 부여할 수 있게 된다.

제 4 절 효과분석

1. 단기 효과분석

1.1 분석 개요

- 현재의 역간 통행수요를 고정한 상태에서 혼잡완화 링크 건설 대안만을 포함하여 얻을 수 있는 효과를 단기효과로 정하고, 혼잡완화 링크 건설을 통해 가능한 신규 서비스들을 포함하는 서울시 장래 지하철망을 구성하였다.
- 2004년 조사된 역간 OD 통행량을 장래 지하철망에 배정하였고 승객 수요의 변동은 없는 것으로 가정하였다.
- 기존 서비스의 운행시격은 그대로 유지하고 신규 서비스의 시격은 분석 편의상 모두 10분으로 가정함. 이 경우 최소운전시격이 2분인 노선에 대해 기존 서비스의 시격을 2분30초로 유지할 수 있다.
- 그러나, 기존 서비스의 운행시격의 손해 없이 신규로 서비스 되는 노선의 적정한 차량투입이 가능하려면 현재의 서울시 지하철 시스템의 개선이 필요하며, 여기에 대한 자세한 내용은 6장 기술검토 부분에서 자세히 다루었다.
- 단기효과 측정의 성과지표는 서울시 지하철망 전체의 총 통행시간으로 정하고, 총 통행시간 계산 시 열차 대기시간은 열차운행시격의 절반으로 하고 차량 승하차 시간은 모든 역에서 동일하게 30초로 가정하였다.

- 대기시간과 승하차 시간의 가중치는 1로 차이가 없는 것으로 가정하고 환승으로 인한 영향은 별도의 환승링크를 통해 반영하였으며, 통행시간 계산 시 지하철역으로의 접근시간은 제외시키고 차내시간과 환승시간, 열차대기시간을 합산하여 계산하였다.

1.2 분석 방법

- 기존의 수도권 네트워크에서 수단이 지하철인 링크만은 추출하였고, 역간 OD를 이용하기 위해서 기존의 수도권 네트워크의 지역 존 대신 각 지하철역을 연결하는 가상 존을 구성하였다.
- 네트워크 분석을 위해 새로 작업한 역별 존 번호 체계로 기존의 역 번호를 수정한 후 교통수요분석 도구인 Emme/2를 이용하여 Transit 노선배정과정 수행하였고, 평가지표로 총 통행시간을 도출하였다.

1.3 대안 설정

- 앞서 제시한 구간혼잡 및 환승불편해결 서비스 대안을 모두 포함한 하나의 단기대안으로 분석하였다.
- 새로 추가되는 서비스의 표정속도는 직결로 연결되는 2개의 노선의 표정속도 중 낮은 것을 선택하고 운행시격은 모두 10분으로 하였다.
- <표-5-3>은 단기효과 분석에 적용된 신규 서비스 및 그 속성을 나타낸다.

<표 5-4> 단기대안에 포함된 신규 서비스

신설 링크	신규 서비스	운행시격(분)	표정속도(km/h)
독립문-서울역	구파발-사당	10	34
길음-약수	당고개-수서	10	34
사가정-마장	장암-방화	10	34
낙성대-남부TR	신도림-수서	10	34

1.4 단기효과 분석결과

1) 환승회수의 변화

- 혼잡구간 및 환승불편 해소를 위한 직결 서비스가 제공될 경우 <표 5-5>와 같은 환승회수의 변화를 가져온다.
- 서북부 지역의 구파발역에서 동북부 지역의 장암역으로 이동시 종로3가역과 도봉산역에서 2번 환승이 발생하였으나 장암-방화의 신설노선으로 인해 종로3가역에서 한 번의 환승만 발생하게 된다.
- 서북부 지역의 구파발역에서 강남 사당역으로 이동시 역사의 혼잡이 심각한 충무로역에서 환승이 발생하였으나 구파발-사당의 신설노선으로 인해 환승이 발생하지 않게 되며, 동북부 지역의 당고개역에서 동남부 지역의 북정역과 강남의 양재역으로의 이동시 도심 내에서 각각 2, 1번의 환승이 발생하였으나 당고개-수서의 신설노선으로 인해 1, 0번으로 환승회수가 감소하게 된다.
- 또한, 강남의 양재역에서 서남부의 신도림역으로 이동시 혼잡이 심각한 교대역에서 환승이 발생하던 것이 신도림-수서 간 신설노선으로 인해 환승이 발생하지 않게 된다.

<표 5-5> 단기대안 환승횟수 변화

구분		서북부		동북부		동남부	강남		서남부
		구마릴	당고개	장암	봉화산	복정	영재	시당	선도림
서북부	구마릴								
	당고개	-							
동북부	장암	2→1	-						
	봉화산	-	-	-					
동남부	복정	-	2→1	-	-				
강남	영재	-	1→0	-					
	시당	1→0	-	-					
서남부	선도림	-	-	-	-	-	1→0	-	

주) - : 환승횟수 변화 없음

2) 통행시간의 변화

- <표 5-6>에 제시된 통행시간은 역으로의 접근시간을 제외한 차내시간과 열차대기시간 및 승하차 시간, 환승시간의 합을 기준으로 하였다.
- 동북부 지역에서 강남으로의 이동시 환승회수의 감소와 통행거리의 단축으로 인해 13분가량 통행시간이 감소하였다.

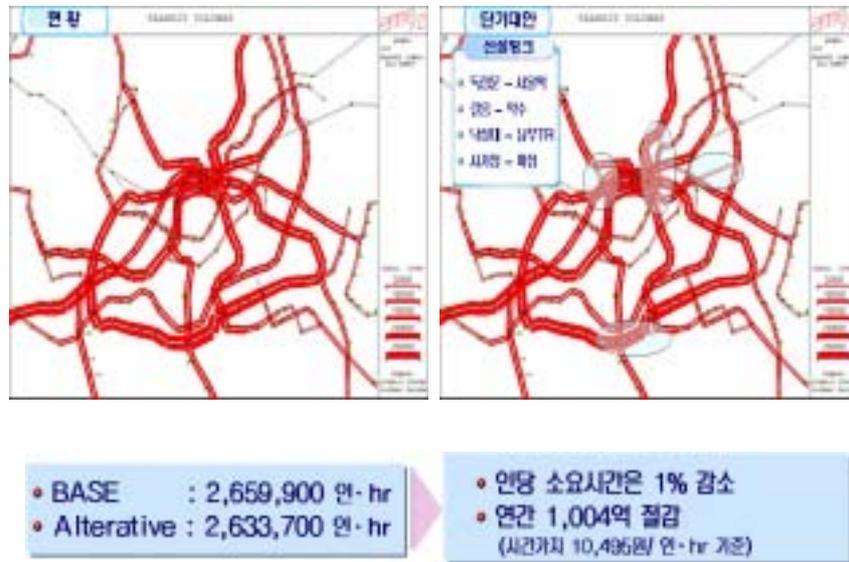
<표 5-6> 단기대안 통행시간 변화

구분		서북부		동북부		동남부	강남		서남부
		구마릴	당고개	장암	봉화산	복정	영재	시당	선도림
서북부	구마릴								
	당고개	60 → 60							
동북부	장암	79 → 72	29 → 29						
	봉화산	62 → 62	35 → 33	34 → 34					
동남부	복정	73 → 73	76 → 78	71 → 71	62 → 62				
강남	영재	51 → 51	62 → 49	72 → 67	53 → 53	35 → 35			
	시당	52 → 40	52 → 52	69 → 69	55 → 55	40 → 40	20 → 16		
서남부	선도림	47 → 47	63 → 63	75 → 75	58 → 58	59 → 50	36 → 21	22 → 22	

- 서남부 지역에서 강남의 양재역이나 동남부 지역으로 이동시에도 15분가량 통행시간이 감소하였으나 실제와 달리 분석에서는 기존 체계에서의 역사 및 구간혼잡 부분이 반영되지 않아 실제 통행시간 감소의 효과는 더 클 것으로 예상된다.

3) 단기 효과분석 결과

- <그림 5-18>은 현재 지하철망에 단기대안의 신설 서비스 노선을 추가한 후 현재의 역간 OD 통행량(2004년 기준)을 배정한 결과로서 우측의 단기대안에서 원으로 표시된 부분이 직결링크가 신설된 부분이며 기존 노선의 교통량이 새로운 노선으로 전환된 양을 링크 두께로 나타내었다.
- 3호선⇔4호선, 4호선⇔3호선의 직결노선으로 인해 도심에서 하차하는 승객의 수와 도심을 통과하여 강북에서 강남으로 이동하는 승객의 수가 분리되어 환승역의 혼잡과 구간 혼잡이 해소된 것을 볼 수 있다.
- 또한 동북부에서 7호선을 이용하여 도심으로 이동하는 통행과 강남으로 이동하는 통행을 분리시킴으로 도심방향 2호선과 5호선의 구간 혼잡이 크게 완화되었고, 2호선 낙성대에서 3호선 양재를 잇는 링크건설을 통해 통행을 분산함으로써 최대 혼잡구간인 사당-방배구간의 혼잡과 2호선과 3호선의 환승역인 교대역의 혼잡이 크게 줄어드는 효과가 나타났다.
- 각 역간 통행시간에 해당 승객수를 곱하여 1일 기준 총 통행시간을 계산한 결과 현황의 경우 2,659,900 인·hr 이고 단기대안의 경우 2,633,700 인·hr 로 26,200 인·hr의 통행시간 절감을 가져오는 것으로 분석되었다.
- 여기에 지하철 이용승객의 시간가치 10,495원/인·hr(KDI, 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 제4판, 2005) 를 곱하여 연간 총통행비용 절감분을 계산한 결과 약 1,004억 원의 통행시간 절감 효과가 있는 것으로 추정되었다.



<그림 5-18> 단기효과 분석 결과

2. 장기 효과분석

2.1 분석 개요

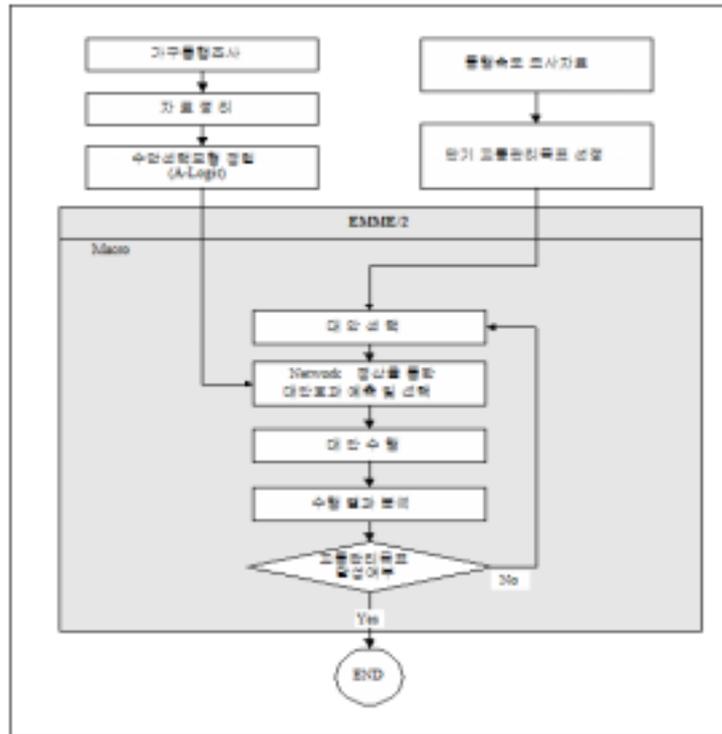
- 단기대안에서 고려한 혼잡완화 링크와 더불어 승객 수요를 창출하는 링크를 포함시켜 <그림 5-15>에서 제시한 신규 서비스들을 기준으로 이들의 조합에 따른 2 가지 대안을 설정하였다.
- 2가지 대안을 둔 이유는 본 연구에서 신설링크의 분기까지는 고려하지 않았으므로 안국-한성대링크와 안국-보문링크 쌍을 분리시키기 위한 것이지 큰 의미는 없다.
- 장기효과분석에서는 지하철 통행시간 절감 효과뿐 아니라 승객수요 차원에서 새로 신설되는 서비스로 인해 타 수단에서 지하철로 전환되는 통행량 변화까지 분석하였다.

- 분석에 사용되는 네트워크는 목표 연도인 2020년을 기준으로 계획 중인 연장 노선을 모두 포함하고 여기에 단기대안인 혼잡완화 링크에 의한 서비스를 추가한 후, 승객 수요창출 링크로부터 파생되는 서비스를 대안별로 포함시켰다.
- 수요 자료도 단기대안과 달리 역간 OD 통행량 대신, 2002년 서울시 교통 센서스를 통해 만들어진 각 수단별 일평균 지역(존)간 OD 통행량을 적용하여 분석하였고(기준년도 2003년), Emme/2를 이용한 Transit 노선배정 시 입력하는 파라미터들은 단기대안에서 설정한 것과 동일하게 사용하였다.

2.2 분석 방법

1) 분석모형(SECOMM)

- 서울시정개발연구원 개발한 모형으로 수단분담, 통행배정 통합모형으로 중·단기 수요관리 정책분석 및 도로 및 교통상황 변화에 따른 교통 분석이 가능하고 교통상황 변화에 대한 신속한 분석이 가능한 모형이다.
- 통행행태 분석이 용이하며 청계천복원 효과 분석, 중앙버스전용차로 효과 분석, 혼잡통행료 징수확대 효과 분석, 차량 부제 운행 효과 분석 등과 같은 다양한 정책 분석에 활용된 바 있다.



<그림 5-19> SECOMM 구조도

2) 분석절차

- 수단별 통행량 자료(2002 서울시 교통센서스)는 승용차, 택시, 마을버스, 노선 버스, 좌석버스, 고속버스, 기타버스, 통근통학버스, 지하철, 기타(도보제외) 등 7개 수단으로 구분되어 있으므로 SECOMM에서 정산된 수단분담모형과 결합하기 위해 승용차, 택시, 버스, 지하철 등 4개 수단으로 재편성하였다.
- 수단분담모형(A-logit 모형)에 의해 추정된 각 수단별 더미변수 값과 비용 및 시간변수에 대한 파라메타 값을 Emme/2의 스칼라 매트릭스에 저장한 후 (승용차 : 24.9%, 택시 : 9.0%, 버스 : 29.5%, 지하철 : 36.6%), 장기대안에 따른 효과를 비교하기 위해 현황 시나리오의 노선배정을 수행한 후 수단별 통행

량, 속도, 통행시간을 저장하였다.

- 추정된 수단분담모형의 통행시간자료와 현황 시나리오의 노선배정에 의한 통행시간을 비교하여 보정치를 산출하여 저장하고, 장기대안들에 대해 각각 승용차와 대중교통의 노선배정과정을 수행하였다.
- 노선배정을 통해 각 장기대안의 새로운 승용차 통행시간과 대중교통 통행시간을 계산한 후, 추정된 새로운 통행시간을 이용하여 전체 수단 분담률을 계산하고, 새로운 분담률과 이전단계의 승용차 수단 분담률의 차이를 저장하였다.
- 수렴조건(승용차 분담률, Iteration 수)이 만족하지 않을 경우 노선배정 단계로 되돌아가 새로운 수단분담률을 이용하여 수단별 OD 통행량을 재구성하며 조건을 만족할 때까지 이러한 과정을 반복하여 수행하였다.

2.3 장기대안 선정

- 기본적으로 단기대안의 신설노선을 모두 포함시키고 이용수요를 창출시킬 수 있는 노선을 추가하여 대안을 설정하였으며, 단기대안 구성에 포함된 3개의 신설링크가 기존 3호선을 직결하는 방안을 채택하므로 3호선의 선로용량 개선이 필수적이다.
- 그러나, 열차제어체계 업그레이드와 회차 용량증대를 통한 선로용량확보에도 물리적인 한계는 있으므로, 이점을 고려하여 장기대안의 경우 뚝섬유원지(7)-수서(분당선) 직결링크를 제외하고는 모두 <그림 5-1>의 개념2 동일 승강장 환승을 통한 왕복서비스를 채택하였다.
- 이 경우 4장 유사사례 검토의 Tokyu 매구로선, 동경 Metro 남북선, 도영 미타선 직결 사례에서와 같이 분기위치를 역에 두고 유치선을 설치하면 직결 서비스보다는 못하더라도 수직 환승 불편 해소 및 우회거리 단축을 통한 부분적인 해결책이 될 수 있다.

- 하지만, <표 5-7>의 대안들은 현 통행패턴을 고려해 본 연구에서 선정한 예이므로, 이외에도 서울시 지하철망의 효율을 개선할 수 있는 많은 신설 링크대안이 있을 수 있다. 향후 타당성 조사 연구 등을 통해 보다 정밀한 네트워크 분석을 수행하여 신설링크대안을 탐색할 필요가 있다.
- 장기 대안 신규 서비스의 운행 시격은 단기대안과 달리 연결되는 기존 노선의 선로용량을 고려할 필요가 없으므로 3분으로 가정하였다.

<표 5-7> 장기대안 구성

구분	신설 링크	신규 서비스	운행시격(분)	표정속도(km/h)
권역 구간	독립문-서울역	구파발-사당	10	34.0
	길음-약수	당고개-수서	10	34.0
	사가정-마장	장암-방화	10	32.3
	낙성대-남부TR	신도림-수서	10	33.6
	압구정-강남구청	압구정-강남구청	3	34.0
	독섬-수서	도봉산-보정	10	32.3
대안1	안국-한성대	안국-한성대	3	34.0
대안2	안국-보문	안국-보문	3	34.0

2.4 장기효과 분석

1) 환승회수의 변화

- 장기대안 구성에 포함된 신규 서비스들을 모두 포함할 경우 각 권역 간 이동시 환승회수의 변화를 분석해 보면 <표 5-8>과 같다.
- 단기대안의 환승회수의 변화보다 환승이 감소하는 경우의 수가 증가하였고 최대 2회까지 환승회수가 감소하는 것을 볼 수 있는데, 특히 동남부지역에서

서북부와 동북부로 이동시 대부분의 경우에 환승회수가 감소하였고 강남지역과 동남·북부 지역에서 서북부로 이동시에도 부분 환승회수가 감소하였다

- 현재 서울시 지하철 승객들이 느끼는 불편 중 가장 심각한 것이 환승불편이므로 장기대안을 시행할 경우 이 부분이 상당히 개선되어 지하철의 이용수요가 늘어날 것으로 예상된다.
- <표 5-8>의 ()안 숫자는 동일 승강장 환승 횟수로서 3분 시격을 가정할 경우, 승객입장에서는 1회 환승 시 1.5분의 평균대기시간의 손실만 있으므로 일반 수직 환승에 비교하면 상당히 유리하다고 볼 수 있다.

<표 5-8> 장기대안 환승횟수 변화

구분	서북부	동북부			동남부	강남		서남부
	구파발	당고개	장암	봉화산	복정	영재	사당	신도림
서북부	구파발							
	당고개	-						
동북부	장암	2->1(4)	-					
	봉화산	1->0(2)	-	-				
동남부	복정	1->0(2)	2->1	2->0	3->1			
강남	영재	-	1->0	-	-	1->0		
	사당	1->0	-	장기		-	-	
서남부	신도림	-	-	-	-	-	1->0	-

주) - : 환승횟수 변화 없음
 (): 동일승강장 환승

2) 통행시간의 변화

- 장기대안 구성에 포함된 신규 서비스들을 모두 포함할 경우 각 권역 통행시간의 변화를 분석해 보면 <표 5-9>와 같다.

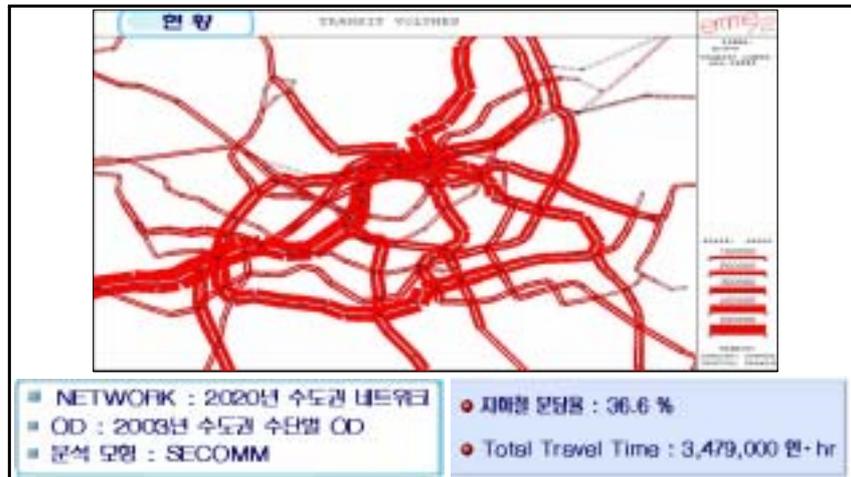
<표 5-9> 장기대안 통행시간 변화

구분	구분	서북부		동북부		동남부	강남		서남부
		구미발	당고개	장암	봉화산	복정	영재	시당	신도림
서북부	구미발								
	당고개	60 → 49							
동북부	장암	79 → 60	29 → 29						
	봉화산	62 → 44	33 → 33	34 → 34					
동남부	복정	73 → 56	78 → 56	71 → 51	62 → 45				
강남	영재	51 → 51	62 → 49	72 → 60	53 → 53	27 → 21			
	시당	52 → 40	52 → 52	69 → 69	55 → 55	40 → 35	20 → 16		
서남부	신도림	47 → 47	63 → 63	75 → 75	58 → 58	59 → 42	36 → 21	22 → 22	

3) 효과분석 결과

가) 현황 분석결과

- 2020년 수도권 네트워크에 2003년 지하철 오디를 SECOMM 모형을 이용하여 분석한 결과는 <그림 5-20>과 같다.
- 2002년 서울시 교통 센서스 조사를 통한 2003년 수단별 오디에서 서울시 지하철의 수단 분담률은 36.6%이고, 네트워크상의 O/D간 통행시간에 해당 통행량을 곱하여 총 통행시간을 계산한 결과 3,479,000 인·hr 으로 분석되었다.



<그림 5-20> 현황분석 결과

나) 대안 1 분석결과

- 서북부지역과 동북부지역을 연결하는 직결노선인 안국(□□)-한성대입구(□□) 노선을 선정하여 노선배분을 한 결과는 <그림 5-21>과 같다.
- 이때 서울시의 지하철 수단 분담률은 41.6%로 증가하였으며 이때 총 통행시간 비용은 3,435,800인·hr이고 현황과 비교하여 연간 통행비용 절감액을 추정하면 약1,655억 원이 된다.



<그림 5-21> 대안1 분석결과

다) 대안 2 분석결과

- 대안 1은 3호선과 4호선을 연결한 것에 비해 대안 2는 3호선과 6호선을 직결하는 노선으로 안국~보문을 선정하고, 이를 분석한 결과는 <그림 5-22>와 같다.
- 이 때 서울시 지하철 분담률은 41.6%로 현황에 비해 5%가량 증가하였으며 총통행시간은 3,440,700 인·hr 로 분석되었으며 이를 지하철 시간가치를 고려하여 연간 통행비용 절감을 추정하면 약 1,467억 원이 된다.



<그림 5-22> 대안2 분석결과

라) 분석결과 종합

- 각 대안별 지하철 분담률과 총 통행시간, 연간 통행비용 절감액을 정리하면 <표 5-10>과 같고, 앞서 언급한 바와 같이 각 대안을 별도로 분석한 것은 신설되는 링크의 분기를 허용하지 않기 위해서다.

<표 5-10> 장기 대안별 통행시간 절감

대안	지하철 분담률(%)	총통행시간(인·hr)	연간 통행비용 절감(억원)
1	41.6	3,435,800	1,655
2	41.6	3,440,700	1,476

- 장기대안의 경우 두 대안 모두 연간통행비용 절감액이 1,600억 원 가량 되는 것으로 분석되며, 이는 평균적으로 km당 700~1000억 가량 소요되는 지하철 터널건설비용과 고려하더라도 20년 이상 장기 편익을 고려하면 충분히 사업의 타당성을 가질만한 수치이다.
- <표 5-10>에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안하는 서울시 지하철의 “Network Reshuffling”은 통행시간 절감뿐 아니라 장기적으로 지하철의 수단 분담률을 상승시키는 효과를 가진다.
- 분석한 수단 분담률의 증가폭이 크지는 않지만 이는 적용 모형의 특성 상, 수단분담률의 민감도가 크지 않은 이유도 있지만 본 연구에서 장기대안으로 추가한 서비스가 단편적인 데에도 원인이 있다. 보다 많은 승객수요를 유발할 수 있는 대안을 개발하고 서비스를 다양화 할 경우 모형에서 분석한 수치보다 훨씬 높은 수단 분담률 상승이 가능할 것으로 판단된다.

3. 수송효율 증대효과분석

3.1 분석 개요

- 서울시 지하철을 1기, 2기, 노선체계 개편의 3단계로 나누어 각 단계별 수송 효율을 평가하기 위해 한계수송효율을 분석하였다.
- 한계수송효율 계산 방식은 단계별로 증가하는 노선 연장에 대해 추가로 늘어난 승객 수를 나누어 산정하였다.

3.2 분석 결과

<표 5-11> 수송효율 증대효과 분석

구 분	총연장(km)	총수송인원 (천통행/일)	한계수송효율 (천통행/km)
1기 지하철	134.9	3,927	29.11
1기 지하철 + 2기 지하철	286.9	6,275	15.45
1기 + 2기 + 노선체계개편	323.5	7,034	20.74

- 1기 지하철 완공 시 총 연장은 134.9km에 총수송인원이 3,927천통행/일로서 단위 km 당 29.11천통행/km을 수송하였고, 2기 지하철 완공 후에는 총 지하철 연장이 286.9km 로 증가하여 1기 지하철 이후 증분이 152km이며 수송인원 2,348천통행/일만큼 증가 하였다. 한계수송효율은 이 두 값의 비율로 15.45천통행/km로 분석되었다.
- 노선연장이 늘어나면서 신규 건설에 대한 수송효율이 떨어지는 것은 자연스러운 현상이지만, 2기 지하철의 투자효율이 1기 지하철의 52% 수준에 그치고 있다는 점은 2기 지하철 노선체계가 불합리한 면을 가지고 있음을 반영하고 있다.
- 만약, 현 상황에서 본 연구에서 제시하는 노선체계 개편안을 적용할 경우, 증가하는 노선연장분과 예상 승객수를 기준으로 한계수송효율을 계산해보면 약 36.6km의 노선연장과 759천통행/일의 승객 증가분을 예상할 수 있으므로 한계수송효율은 20.74천통행/km이 된다.
- 초기 1기 지하철의 수송효율에는 미치지 못하나 2기 지하철 건설에 비하면 상당부분 수송효율을 복구하고 있음을 반영하며, 향후 지하철 발전방향이 장거리 신설노선의 건설이 아닌 단거리 링크건설이 중심이 되어야 한다는 점을 확인해 주고 있다.

제Ⅵ장 기술 검토

제1절 분기 및 단거리 터널

제2절 열차제어체계

제3절 회차 · 차량 · 전력

앞서 5장에서 Network Reshuffling 이라는 새로운 지하철 노선 노선체계 개편 방안을 제안하고 그 효과를 분석하였다. 이 제안이 실제 구현되기 위해서는 기술적으로 넘어야 할 여러 가지 현안들이 존재한다.

우선, 영업 중인 노선의 지하구간 또는 역구간에서 분기시설을 건설하고 이어지는 단거리 터널을 시공해야하며, 신규 서비스를 위한 기존선의 추가 선로용량 확보가 필요하고 고속분기를 위한 시설의 확충, 회차용량 확보, 차량 및 전력 공급등 상당한 과제를 수반한다.

본 장에서는 해결해야할 기술사항을 5가지로 구분하여 각 소제목별로 상세히 그 타당성을 분석하였다.

제 1 절 분기 및 단거리 터널

1. 건설 형태

- <그림 5-1>의 개념1의 경우, 복선에서 복선 인터페이스 연결선을 복선으로 건설해야한다. 이때 내측 연결선은 구조적으로 간단하지만 외측 연결선은 긴 구간과 깊은 심도의 터널 건설이 필요하다.
- 터널은 기존의 터널 하부를 관통하는 구조로 하여야 하며, 터널 연결을 위해서는 측면의 시공공간이 추가로 필요하다.
- <그림 5-1>의 개념2의 경우, 기존 역사에서 플랫폼 공사 및 배선 공사가 이루어져야 한다.

2. 건설 방안

2.1 토목시공방안

- 영업 중인 노선에서 분기부와 접속부를 시공하는 것은 상당히 까다로운 과정이다.
- 분기 및 접속 가능성에 영향을 주는 가장 큰 요소는 기존선의 시공에서 채택한 공법이다.
- NATM이나 채래식 터널공법으로 시공된 운행선의 본선에서 분기 터널을 연결하는 것은 매우 어려우나, 암반조건이 매우 양호한 경우일 경우, 충분히 가능성이 있다.
- 개착 BOX구조물로 시공된 본선일 경우 지상여건이 형성되어 있다면 다시 개착공법으로 접속하는 시공이 가능할 것으로 판단된다.
- 접속 노선간의 궤도 표고와 가로질러 통과하는 노선간의 접속(근접)정도 즉, 이격거리 등이 연결선의 시공법 및 시공 가능성에 큰 영향을 미치게 될 것이다.
- 지반을 이루고 있는 암의 종류도 시공성에 큰 영향을 줄 수 있음. 참고로 서울시 동북부는 화강암지대, 동·서부는 편마암 지대이며, 한강주변은 공사비용이 많이 드는 단층대로 이루어져 있다.
- 시공법은 터널공법을 주공법으로 하여 기계화된 시공법을 적용해야 할 것이다.
- 지하철 건설비용은 평균적으로 km당 700-1000억 정도의 비용이 소요되나, 이는 공사비 소요가 많은 역 건설을 포함한 비용으로 역이 배제된 단거리 터널 시공의 경우 이보다 낮은 비용이 소요될 것으로 예상된다.
- 분기, 접속부 공사시간의 문제점
 - 공사 가능한 시간 : 오전 1:30~5:00

- 운행중단 후 30분 이후에 공사현장 진입가능하다.
- 운행시작 전 30분 이전 철수가 완료되어야 한다.
- 따라서, 절대적인 시간 부족 예상된다.
- 지하통과 시 보상
 - 일본 : 40m이하일 경우, 보상은 하되 민원제기를 할 수 없도록 법제화되어 있다.
 - 한국 : 법제화 되지 않다. 보상을 받게 되면, 등기상에 남는다.

2.1 분기기 설치방안

- 현재 적용되고 있는 분기시설은 직선분기 시설임. 즉, 분기가 선로의 직선구간에서 이루어지므로 분기하기 위해 분기시설에 차량이 접근할 때 속도를 상당히 저감하지 않으면 안 된다.
- 이 경우, 차량의 속도 저감은 바로 선로용량 감소로 이어진다.
- 본 연구에서 제안하는 노선체계 개편안은 기존선로에 여러 다양한 서비스가 운행하려면 분기로 인한 용량 감소를 극복해야한다.
- 국내에서는 적용되고 있지는 않지만 고속 곡선분기를 적용한다면 분기로 인한 선로 용량저하를 막을 수 있다.
- 곡선분기를 적용하면 편구배(캔트)를 확보할 수 있으므로 탈선의 위험 없이 고속분기가 가능하다.

3. 시공 사례분석

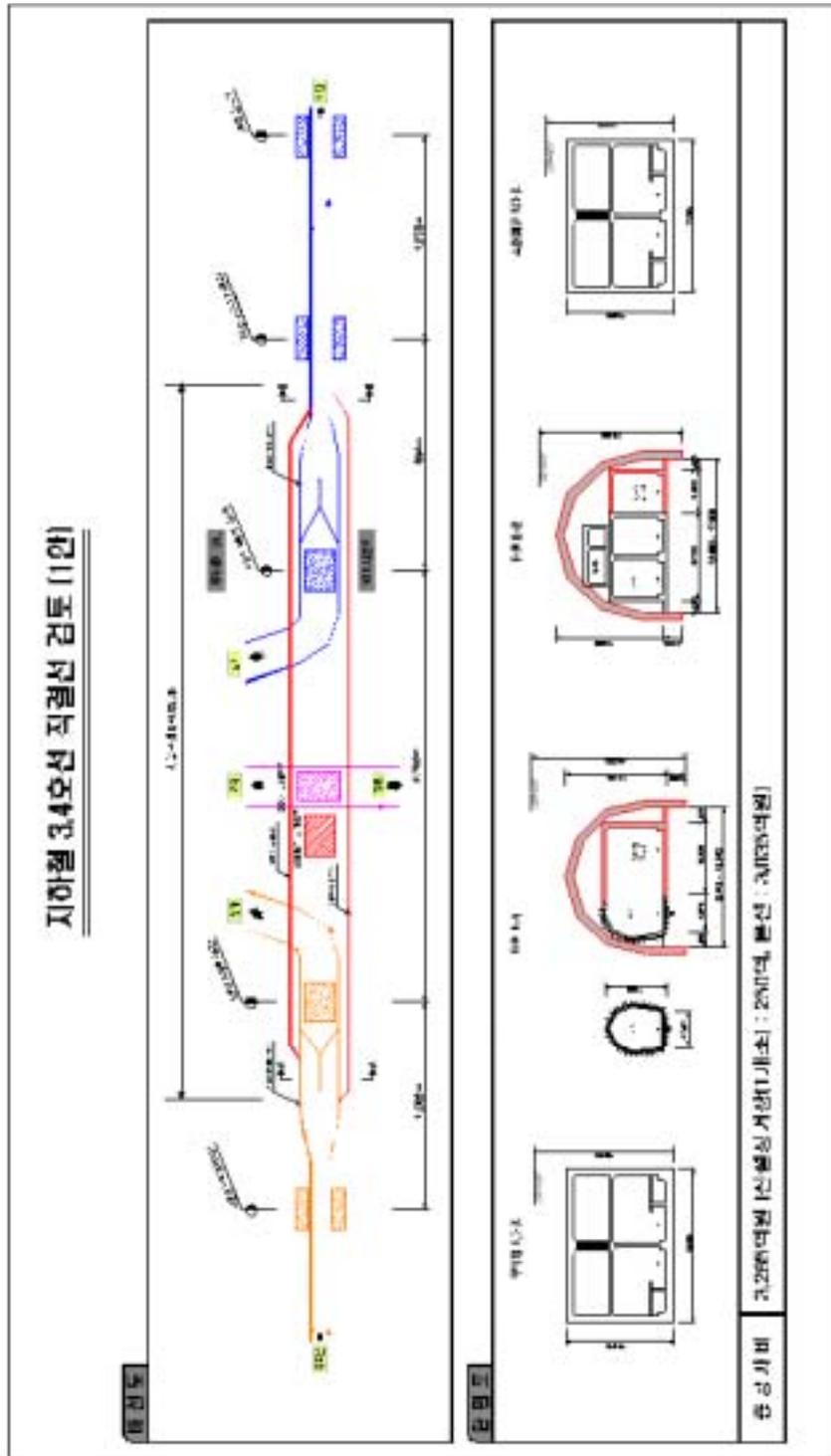
- 5장에서 제시한 여러 링크 대안들 중 3호선과 4호선의 (독립문-서울역)을 연결하는 직결링크의 시공사례를 개략적으로 분석하였다.

- 만약 본 제안이 받아들여지고 세부적인 기술검토가 가능해 진다면 나머지 링크에 대해서도 기존선에서 분기터널 시공이 가능한 지점 또는 구간을 선정하고 시공 가능성을 타진하여야 할 것이다.

3.1 대안설정

- 1안은 <그림 5-1>의 개념1을 구체화한 대안으로 3호선 무악재-독립문역 구간에서 분기하여 4호선 서울역-숙대입구에 접속하는 방안을 제시한다.
- 2안은 <그림 5-1>의 개념2를 구체화한 대안으로 3호선 무악재역과 4호선 숙대입구역을 왕복하는 서비스를 제공한다.
- 2-1안은 <그림 5-1>의 개념2의 변형된 대안으로 3호선 독립문역과 4호선 서울역을 왕복하는 서비스를 제공하지만 동일 승강장 환승을 허용하지 않는다.

지하철 3,4호선 직결선 검토 (1안)



<그림 6-1> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(1안)

3.2 대안별 공사비 예측

<표 6-1> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(1안) 공사비 산출

구 분	연 장 (m)	공 사 비
신설 서대문 정거장	125	250억원
단 선 병 렬 굴 착	3,640	$3,640\text{m} \times 0.25\text{억원} \times 2\text{개} = 1,820\text{억원}$
대 단 면 굴 착	75	$75\text{m} \times 3\text{억원} \times 4\text{개} = 900\text{억원}$
5호선 서대문역 하부 언더피닝 굴착	70	$70\text{m} \times 1.5\text{억원} = 105\text{억원}$
3호선 하부통과	70	$70\text{m} \times 1.5\text{억원} = 105\text{억원}$
4호선 하부통과	70	$70\text{m} \times 1.5\text{억원} = 105\text{억원}$
총 계	4,050	3,285억원

※ 1km당 8백1십억원

<표 6-2> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2안) 공사비 산출

구 분	연 장 (m)	공 사 비
3호선 무악재 정거장 확장	100	250억원
신설서대문 정거장	100	250억원
4호선 숙대입구 정거장 확장	100	250억원
단 선 병 렬 굴 착	4,486	$4,486\text{m} \times 0.25\text{억원} \times 2 = 2,243\text{억원}$
대 단 면 굴 착	1,844	$1,844\text{m} \times 3\text{억원} = 5,532\text{억원}$
3호선 하부통과	70	$70\text{m} \times 1.5\text{억원} = 105\text{억원}$
4호선 하부통과	70	$70\text{m} \times 1.5\text{억원} = 105\text{억원}$
총 계	6,630	8,735억원

※ 1km당 1천3백억원

<표 6-3> 지하철 3, 4호선 직결선 검토(2-1안) 공사비 산출

구 분	연 장 (m)	공 사 비
3호선 독립문 정거장 확장	125	250억원
신설서대문 정거장	125	250억원
4호선 서울역 정거장	125	250억원
대 단 면 굴 착	75	75m×3억원=225억원
복 선 굴 착	3,040	3,040m×0.5억원=1,520억원
단 선 굴 착	300	300m×0.25억원=75억원
5호선 서대문역 하부 언더피닝 굴착	70	70m×1.5억원=105억원
3호선 하부통과	70	70m×1.5억원=105억원
4호선 하부통과	70	70m×1.5억원=105억원
총 계	4,000	2,885억원

※ 1km당 7백2십억원

○ 대단면굴착

-대단면굴착이란 기존선 열차 운영을 최대한 보호하면서 상부를 아치구조로 하여 안정성을 확보하는 개착공법이다.

-기존 구조물에 분기 구조물을 추가 확장하여 구조물이 점차적으로 확대시켜 소정의 추가노선 구조물을 형성시킨다.

○ 단선병렬굴착 : 신설노선으로 열차한선만 다닐 수 있도록 하는 터널공법이다.

○ 복 선 굴 착 : 신설노선으로 열차가 왕복선이 다닐 수 있도록 터널 단면이 단선 병렬 굴착보다 약 2배 정도이다.

○ 5호선 서대문, 3호선 하부, 4호선 하부통과 : 기존선인 3, 4, 5호선 통과 시

구조물 안정성 및 열차 운행에 지장이 없도록 기존구조물 하부를 지지하여 단계별로 추진하는 공법(언더피닝 공법)을 적용 하였다.

3.3 대안종합비교

<표 6-4> 대안 종합비교

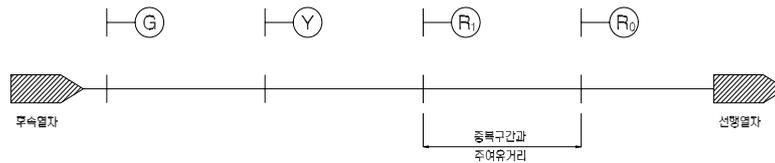
구분	장점	단점
1안	<ul style="list-style-type: none"> • <그림 6-1>의 개념1에 입각한 직결 대안으로 구파발-사당간 신규 서비스 창출이 가능한 안임. • 5호선 환승을 위한 서대문역 신설이 가능함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 공사비가 고가임.
2안	<ul style="list-style-type: none"> • 무악재-숙대입구 신규서비스 창출 • 직결 운행은 어려우나 동일 승강장 환승이 가능함. • 5호선 환승을 위한 서대문역 신설 가능함. 	<ul style="list-style-type: none"> • 회차 시설의 설치가 필요하므로 공사비가 매우 고가임. • 기존 3호선 무악재 정거장 및 4호선 숙대입구 확장 필요.
2-1안	<ul style="list-style-type: none"> • 3호선 독립문역과 4호선 서울역을 복선으로 왕복하는 노선의 신설로 서 열차운행이 효율적임. • 5호선 환승을 위한 서대문역 신설 가능. • 동일 승강장 환승을 포기하는 대신 공사비 다소 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 3호선 독립문 정거장 및 4호선 서울역정거장 확장 필요. • 수직 환승이 불가피함.

제 2 절 열차제어체계

1. 서울지하철 열차제어시스템 현황

1.1 속도조사식 ATS (Automatic Train Stop) 장치

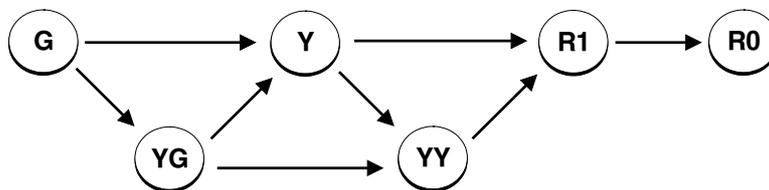
- 현재 서울 지하철 1,2호선에 적용되는 시스템이다.
- 시스템의 구성요소는 ATS (Automatic Train Stop)장치, 연동장치, 전철장치, 궤도회로장치, 열차운행종합제어장치로 구성된다.
- 시스템의 설계는 10량 편성기준 2분30초 운전시격이 가능하도록 하였고, 장내, 출발, 자동폐색 위치에 다등형 색등식 지상신호기가 설치되어 있다.
- 신호현시 체제는 전중복식 3위 3현시방식(Green-Yellow-Red)을 원칙으로 하고, 곡선 등 짧은 폐색구간은 필요에 따라 경계신호(Yellow등 2개 점등)를 병행한다.
- 신호방식은 3위 색등식 중복제어방식으로 하고, 지상 및 차상간에 불연속 신호제어정보 전송 및 연속 속도조사부 ATS장치가 설비되어 있다.



<그림 6-4> 3위 색등식 중복제어방식

- 지하철 1호선은 다변주 ATS방식을 채용하여 지상은 지상자에 의한 점제어 (불연속제어), 차상은 연속속도조사부 장치를 사용함. 1호선에는 130개소에 ATS 지상자가 설치되어 있다.

- ATS 작용원리는 다음과 같음. ATS 신호에 의한 속도제어 구간에서 열차가 초과속도로 진입할 경우라도 ATS 벨이 울린 후 3초 이내에 상용최대의 위치에 브레이크 핸들을 두면 비상제동은 작동하지 않으나, 시간이 경과되거나, 브레이크 조작을 하지 않을 경우 비상제동으로 열차를 정지시켜 안전을 확보한다.



- G : 진행 (80km/h)
- YG : 감속 (65km/h)
- Y : 주의 (45km/h)
- Y : 주의 (45km/h)
- YY : 경계 (25km/h)
- R1 : 정지 (일단 정지후 신호확인 서행)
- R0 : 절대정지

<그림 6-7> ATS 제어와 신호현시 계열

1.2 Speed Code식 ATC (Automatic Train Control) 장치

- 3, 4호선은 차내신호방식을 채택하고 있음. 차내신호방식은 지상설비로부터 송신된 차상신호정보를 수신 및 표시하며 운전자가 운전을 시행하고, 지시속도 이상의 과속에 대해서는 철저히 방호토록 되어있다(ATP : Automatic Train protection System).

- 차내신호방식의 특징은 다음과 같다
 - 차내에 신호가 현시 되므로 일광, 강우, 강설 등의 기상조건이나 급곡선, 급구배 등의 선로조건에 관계없이 신호 확인이 용이하다.
 - 신호현시 변화를 즉시 확인 가능하고 신호현시 변화에 적응하여 연속제어로 운전할 수 있다.
 - 신호오인 가능성 배제 가능하다.
 - 지상신호기의 건식이 불필요하고 선로변설비가 간단하여 유지관리에 용이하다
- 고정폐색방식을 채택한 3, 4호선의 폐색설계는 최소설계운전시격 2분으로 하여, 상업 운전 시 2분30초 운전이 가능하도록 디자인되었다
- 시스템은 ATC장치에 의하여 지상으로부터 궤도회로를 통하여 연속적으로 운전가능 지시속도코드를 수신하며, 지시속도코드 수신이 중단될 경우에는 즉시 자동상용제동이 작동하는 체계이다. 따라서 열차 운행상 선행열차 또는 전방 선로에 대한 안전 확보는 기관사에 의존하지 않고 차상장치가 스스로 달성하는 ATP 체계를 갖추고 있다.
- 지상에서 차상으로 전달되는 ATC 신호는 Speed Code Step 방식으로 계단식 속도코드 체계를 갖추어 본선 열차간격 및 곡선, 구배, 입환, 기지구내 운전을 지원 할 수 있도록 하였다.
- 열차운전 방식
 - ATP 모드

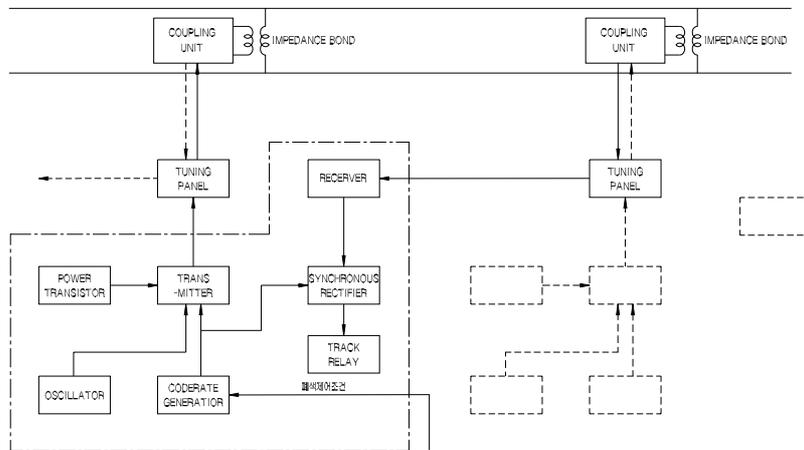
지상의 궤도회로로부터 송신된 속도코드 정보가 수신되어 운전석 속도계에 현시되면, 지시된 제한속도 이내에서 기관사 의향에 따라 수동으로 운전을 허용한다. 과속상황이 발생할 경우와 정지신호 상황에서는 차상장치가 자동으로 상용제동을 체결하여 열차를 제한속도 이내로 안전하게 감속 또는 열차를 정지 시켜서 안전을 확보한다.

- Stop & Procedure mode

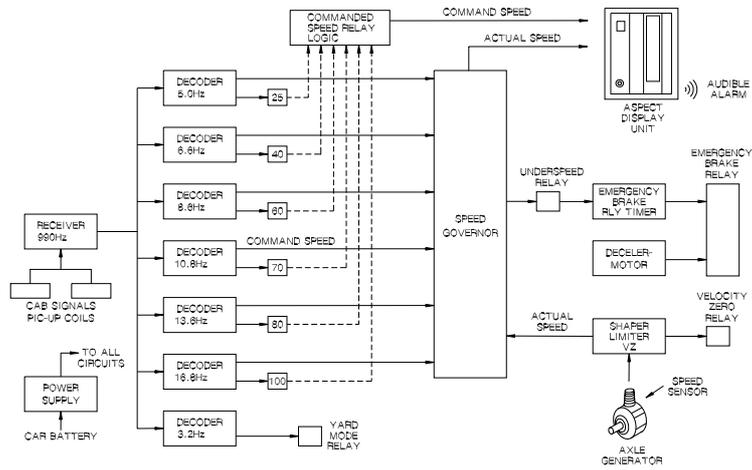
일단 정지된 열차는 시스템에 의하여 기관사가 15km/h 이내에서 가시거리 확인 수동운전을 허용한다.

- Yard mode

차량기지 내에는 ATC 차상신호전송 시설이 없으므로 기지 내로 진입하는 열차는 특별히 고안된 yard mode를 기억하게 된다. 이 모드는 25km/h 제한속도를 차상장치가 기억하도록 하여 기지구내 운전 시 이 속도를 초과하여 운전할 수 없도록 하는 역할을 수행한다. 기억된 yard mode는 기지 구내에서 본선 인입선으로 출고될 때에 자동적으로 ATP 모드로 전환되도록 되어 있다.

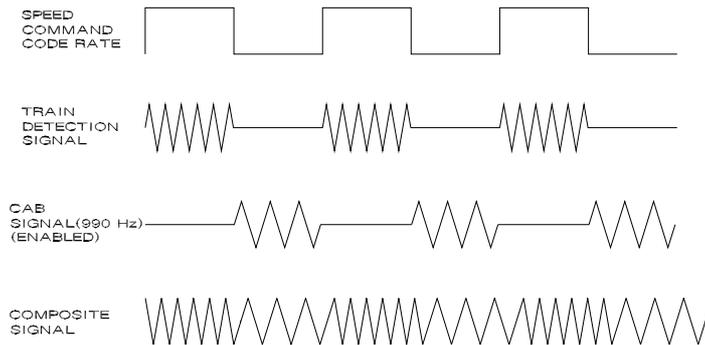


<그림 6-8> 차상신호 전송 블록다이어그램



<그림 6-9> ATC 차상장치 블록다이어그램

- 코드화 된 열차속도 지령정보는 100km/h, 80km/h, 70km/h, 60km/h, 40km/h, 25km/h, 0km/h(무코드)로 구성되어 궤도회로에 열차가 점유 시 궤도회로 열차검지 주파수와 동시에 차상신호 코드를 전송하는 방식을 채택하고 있다.



<그림 6-10> ATC 송신주파수 파형

- 기관사 신호오인, 운전실수 등으로부터 열차운전상 발생할 수 있는 제반 사고에 대해서 열차제어시스템이 스스로 안전을 확보고 시스템이 정상 가동 중인 상황에서는 추돌사고, 충돌사고, 분기기 안전사고, 신호오인 사고 등 열차 사고가 근본적으로 발생할 수 없도록 한다.
- 3, 4호선 전동차에 대한 중정비 기지로 선정된 3호선 지축차량기지에는 별도의 시운전선을 설치하고, 이 시운전선에 본선에 시설한 것과 동일한 ATC지상 시설을 갖추어 정비를 마친 전동차의 본선운행에 필요한 모든 전동차 성능시험이 가능하다.
- 시스템은 안전에 대한 확실한 입증 및 신뢰, 유지보수 요인을 최소화하기 위하여 차량기지 유치선에서는 PDT(Pre-Departure Test) Loop 시설을 갖추고 본선 상업운전을 준비하는 모든 편성열차는 기지출고 전 ATC장치의 차상-지상 간 완전한 인터페이스 및 성능유지가 가능한지를 시험하도록 하여, 운행 중 설비고장 또는 불안전 요인을 최소화한다.

1.3 ATO (Automatic Train Operation) 장치

- 제2기 지하철 5, 6, 7, 8호선 에는 3, 4호선에 적용한 Speed code 식 ATC 장치에 몇 가지 부가기능을 추가하여, 승무원의 업무과중을 완화하고 보다 정확한 운전 및 정위치 정밀정차를 위하여 자동운전개념(ATO)을 추가로 도입하였다.
- ATO 운전(승무원이 운전하는 행위에 해당)은 완전한 ATC(ATP) 시스템의 안전운행 보호아래 열차 운전행위를 자동화한 것으로 승강장 출발시 출발 버튼을 누르면 차량이 스스로 제동을 해방하고, 자동가속, 정속, 타행, 제동, 재가속, 승강장 정위치 정차, 출입문자동제어 등을 자동화한다.
- ATO 시스템은 향후 완전 무인운전에 대비하여 무인운전 모드를 두고 있으며, 이 모드가 작동시에는 운전석에 승무원의 역할이 전혀 없으며, 열차는 오

2. 차세대 열차제어시스템

2.1 선로용량 확보 필요성

- 앞서 제안한 노선체계 개편안은 기존의 운행시격을 유지하면서도 그 효력을 극대화할 수 없는 구조이다.
- 즉, 현재의 열차운행시격보다 대폭적인 축소가 선행되어야 기존 서비스의 질을 저하시키지 않으면서 신규 서비스를 제공할 수 있게 된다.
- 기본적으로는 기존선의 경우도 설계운행시격 단축은 폐색설계 및 폐색구간 제조정을 통하여 2분 시격까지 상업운전 목표 달성이 가능하지만,
- 향후 노선 설비노화에 따른 개량사업 시에는 차상 시스템에 맞춘 지능형 열차제어시스템으로 지상설비를 구축하면 90초까지 상업운전 지원이 가능하므로 시간당 수송력에는 문제가 없으며, 2분 이하의 추가적인 열차 투입을 위해서는 관련 구간의 변전 용량의 증설이 필요할 뿐이다.

2.2 첨단 열차제어체계

- 제3기 지하철로 계획되고 있는 9호선 이후 열차제어시스템은 필요시 언제든지 정상적인 무인운전이 가능토록 하고 있다.
- 최근 도시철도 및 국철에서는 “Distance to go ” 개념의 ATP 방식 또는 ‘Moving Block ” 개념의 ATP 방식의 도입을 긍정적으로 검토하고 있다.
- 본 연구에서 제안하는 지하철 노선체계 개편방안은 이와 같은 차세대 첨단 열차제어체계가 제공하는 선로용량 확대와 승객안전의 기반 하에 가능하다.
- 2010년 이후에는 <그림 6-12>에서 설명하는 바와 같은 첨단 열차제어체계 기술이 본격적으로 도입될 것으로 판단되는 바, 본 연구에서 이를 바탕으로 지하철 노선체계 개편을 고려하는 것은 무리가 없다.

- 현재 한국철도기술연구원을 중심으로 도시철도 영역에 대해 자동운전 및 무인운전을 고려된 통신기반의 CBTC(Communication Based Train Control) 체제를 적극 검토하고 있다.
- CBTC는 기존의 기관사 운전 백업 개념을 탈피하고, 지상과 통신을 통하여 열차운전에 필요한 정보를 입수하여 차량 스스로가 안전운행을 달성하도록 고안되어 있으며, 안전 확보방법은 유럽에서 통용되고 있는 “Distance to go” 개념과 열차 간 공간 확보 “Moving Block” 개념으로 설계되어, 높은 수준의 안전을 달성되고, 도시철도 특성에 부합되는 고밀도 운전능력의 제공이 가능하다.

3. 열차운행 호환성 확보방안

3.1 현 시스템에서 노선 간 호환운전 문제점

1) 구조적인 문제점

- 1,2,3,4호선 상호간은 구조적인 문제가 없으며, 또한, 5,6,7,8호선 상호간에는 구조적인 문제가 없다.
- 1,2,3,4호선 운행 차량은 차량건축한계 상 5,6,7,8호선에 진입 할 수 없다.
- 5,6,7,8호선 차량은 AC 공급만 가능하다면 수도권 및 1,2,3,4호선 전 구간에 운행할 수 있는 구조를 갖고 있다.
- 즉 상호호환운전을 위한 근본적인 계획은 5,6,7,8호선 운행 차량의 외형적 구조에서 접근 할 필요가 있으며, 구조적으로 5,6,7,8호선 차량에 AC 집전장치의 시설 가능성을 확인 할 필요가 있다. 그러나 타 노선 간 호환운전의 기준을 서울시계내로 한정 할 경우에는 DC전용이므로 문제가 되지 않는다.

2) 기술적인 문제점

- 전술한 바와 같이 1호선은 ATS 방식, 2호선은 Distance to go 방식의 고정 폐색 ATP 시설, 3,4호선은 ATP 시설이 되어 있으며, 5,6,7,8호선은 상호호환이 가능한 speed code 식의 ATP 시설과 자동운전시설을 갖추고 있다.
- 따라서 열차제어시스템 측면에서 보면 3,4호선은 상호호환운전이 가능한 시설이며, 5,6,7,8호선의 경우에는 ATP 수준에서는 상호호환운전이 가능하지만, ATO 자동운전의 호환을 위해서는 차량의 상당한 S/W의 교체와 부분적인 인터페이스 조정이 필요하다.
- 노선 간 물리적인 구조 이외에 호환운전을 위해서는 차량에 탑재된 열차제어시스템의 호환성이 확보되어야 상호간 조밀운전 환경 하에서 안전운행이 확보될 수 있다.

3) 운영 환경적인 문제점

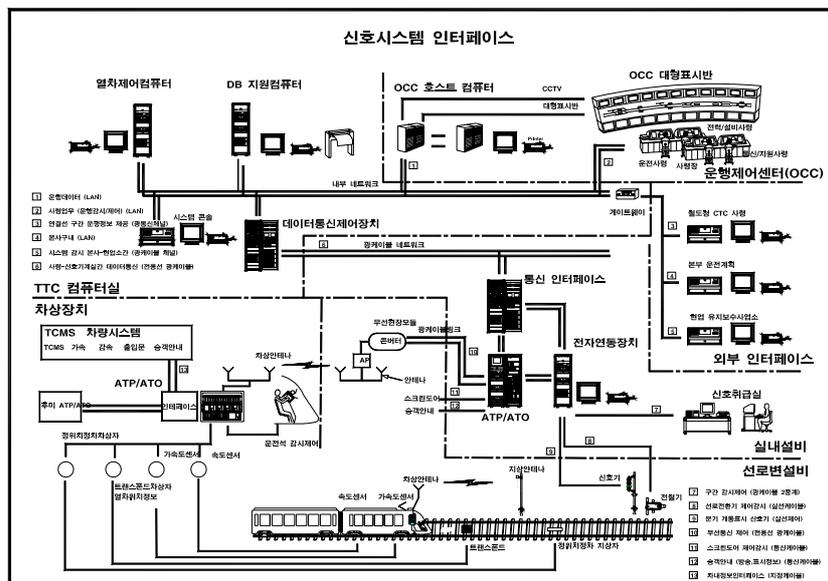
- 노선운행관제센터가 (1호선), (2,3,4호선), (5,6,7,8호선) 등 운영주체별로 구분되고 또한 각 노선별 구분되어 운행 관리되고 있어, 타 노선 간 운행을 위한 관리를 위해서는 운행관리의 통합이 필수적인 요소가 될 수 있다.
- 지금까지 열차운행관리는 노선 중심으로 이루어져 있으며, 특정노선에 대해서만 운행관리 기법이 발달되어 있고, 노선 상호간 혼합운행, 연결운행에 대한 개념은 정립되어 있지 않다.
- 연결운행을 위해서는 점진적으로 통합관리를 위한 운영개념의 전환과 노선 중심에서 열차중심으로 관리 가능한 체제로 개선이 필요하다.

3.2 해결방안의 기술적 검토

- 현재의 열차제어시스템은 노선중심의 건설 및 운영계획에 따라 각각 노선에 적합하도록 되어 있으므로, 타 노선 간 연결운행을 위해서는 상호호환 운전이 가능한 차량제어시스템을 갖추어야 한다.
- 이러한 계획은 현 노선에 차량제어시스템에 추가하여 타 노선의 차량제어시스템을 탑재하는 방식을 고려 할 수 있으나, 이는 임시적인 방편으로 보다 궁극적인 차세대 열차제어체계로의 통합이 필요하다.
- 향후 20년 안에 서울시 모든 지하철 노선의 열차제어는 CBTC 기반의 통합된 체계로 구축하는 것이 바람직하고 이러한 시스템 기반 하에서 본 연구에서 제시하는 노선 노선체계 개편이 가능할 것이다.
- 또한 첨단 열차제어체계에 부합하는 전 노선 운행이 가능한 표준화된 차량의 개발과 적용을 위한 노력도 함께 고려해야 한다.
- 서울지하철 1호선의 경우는 이미 시스템의 수명을 넘기고 있으며, ATP 수준에 미치지 못하는 ATS의 운전자 백업시스템 수준으로 운행되고 있고, 향후 수도권 시스템 개량 시에 함께 차세대 열차제어시스템으로 개량이 예고되어 있다.
- 2호선의 경우는 독자적으로 이미 시스템 개량이 진행 중에 있어, 현재 수준에서는 다른 노선과 스스로 호환성을 갖추기는 어려울 것으로 판단된다.
- 3,4호선은 시스템의 내구연한을 다하여 이미 개량 시점에 와 있으며, 전체적으로 개량하여야 할 필요가 있다.
- 그러나, 3,4호선의 경우는 각 노선 연장선에 수도권 운행과 호환성을 확보하여야 하는 과제를 가지고 있어, 수도권 개량과 연계성이 고려되어야 할 것이다.
- 시스템의 호환 가능한 표준화 개발은 현재 시스템을 기준으로 하기보다는 미래에 적용할 최상위의 시스템을 기본 모델로 하여 차량 시스템의 구축 계획을

세우고 점진적으로 시스템 전면 개량 시간에 맞추어 지상설비가 개량될 것을 전제로 하며, 차세대 시스템이 장착된 차량이 타 노선을 운행하기 위해서는 그 노선에 사용되고 있는 열차제어시스템과 열차운행 정보의 인터페이스가 이루어져야 한다.

- 이를 위해서 상호호환운행을 위한 에뮬레이터를 차상장치에 추가로 탑재하여야 하는데 이 에뮬레이터를 통하여 타 노선정보를 개발 차량시스템과 연결을 시킬 수 있다.



<그림 6-14> 신호시스템 인터페이스

- <그림 6-14>는 전형적인 차세대 열차제어시스템 차상장치에 대해 기존 타 노선 운영을 위해 ATC변환모듈을 구성하는 예를 보이고 있다. 이러한 방식은 적은 비용으로 시스템 구축을 가능케 하며 점진적으로 차세대 시스템으로 전면 전환을 가능하게 하는 과도적인 역할을 수행한다.

3.3 호선 간 직통운전 호환성 확보 방안

- 노선별 각기 다르게 구축된 시스템에 직결열차를 투입하기 위해서는 운영을 위한 열차제어시스템의 상호 호환성이 설립되어야 안전한 운행이 가능하다.
- <표 6-5>는 각 지하철 호선 간 직통운전 호환을 가능하게 하기위한 방안을 Case별로 구분한 결과이다. 각 Case별 호환 방안은 <표 6-5>에서 <표 6-15>와 같다.

<표 6-5> 호환성 확보 Case

구분	1호선	2호선	3호선	4호선	5호선	6호선	7호선	8호선	일산선	과천선
1호선	-	Case1	Case2	Case2	Case3	-	Case3	-	-	-
2호선	Case1	-	Case4	Case4	Case5	Case5	Case5	Case5	-	Case1
3호선	Case2	Case4	-	Case6	Case7	Case7	Case7	-	Case8	-
4호선	Case2	Case4	Case6	-	Case7	Case7	Case7	-	-	Case9
5호선	Case3	Case5	Case7	Case7	-	Case10	Case10	Case10	-	-
6호선	-	Case5	Case7	Case7	Case10	-	Case10	-	-	-
7호선	Case3	Case5	Case7	Case7	Case10	Case10	-	-	-	-
8호선	-	Case5	-	-	Case10	-	-	-	-	-
일산선	-	-	Case8	-	-	-	-	-	-	-
과천선	-	Case1	-	Case9	-	-	-	-	-	-

○ Case1 (1호선 - 2호선)

<표 6-6> Case1 (1호선 - 2호선)

구분	1호선	2호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATS-S, 수도권 호환	ATS-S, 현재 ATP(Distance to go)개량 중	호환 개량 대상
신호방식	지상신호	지상신호->차상으로 개량 중	- “ -
시스템 수명	1974년 전면개량시기 지남	1984 전면 개량 중	- “ -

○ Case2 (1호선 - 3,4호선)

<표 6-7> Case2 (1호선 - 3,4호선)

구분	1호선	3,4호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATS-S, 수도권 호환	ATP Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	지상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1974년 전면개량시기 지남	1985년 전면개량시기 도래	전면개량시기에 호환성 확보 필요

○ Case3 (1호선 - 5,7호선)

<표 6-8> Case3 (1호선 - 5,7호선)

구분	1호선	5,7호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATS-S, 수도권 호환	ATP, ATO Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	지상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1974년 전면개량시기 지남	1995년	전면개량시기에 호환성 확보 필요

- Case4 (2호선 - 3,4호선)

<표 6-9> Case4 (2호선 - 3,4호선)

구분	2호선	3,4호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATS-S, 현재 ATP(Distance to go)개량 중	ATP Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	지상신호->차상으로 개량 중	차상신호	- “ -
시스템 수명	1984 전면 개량 중	1985년 전면개량시기 도래	전면개량시기에 호환성 확보 필요

- Case5 (2호선 - 5,6,7,8호선)

<표 6-10> Case5 (2호선 - 5,6,7,8호선)

구분	2호선	5,6,7,8호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATS-S, 현재 ATP(Distance to go)개량 중	ATP, ATO Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	지상신호->차상으로 개량 중	차상신호	- “ -
시스템 수명	1984 전면 개량 중	1995-2000년	전면개량시기에 호환성 확보 필요

- Case6 (3호선 - 4호선)

<표 6-11> Case6 (3호선 - 4호선)

구분	3호선	4호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATP Speed code 방식	ATP Speed code 방식	현재 동일장비
신호방식	차상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1985년 전면개량시기 도래	1985년 전면개량시기 도래	전면개량시기에 호환성 확보 필요

- Case7 (3호선 - 5,6,7호선)

<표 6-12> Case7 (3호선 - 5,6,7호선)

구분	3,4호선	5,6,7호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATP Speed code 방식	ATP, ATO Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	차상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1985년 전면개량시기 도래	1995-2000년	전면개량시기에 호환성 확보 필요

- Case8 (3호선 - 일산선)

<표 6-13> Case8 (3호선 - 일산선)

구분	3호선	일산선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATP Speed code 방식	ATP Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	차상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1985년 전면개량시기 도래	1997년	수도권 정책의 영향

- Case9 (4호선 - 과천선)

<표 6-14> Case9 (4호선 - 과천선)

구분	3,4호선	과천선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATP Speed code 방식	ATP Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	차상신호	차상신호	- “ -
시스템 수명	1985년 전면개량시기 도래	1994년	수도권정책의 영향

- Case10(5,6,7,8호선 상호간)

<표 6-15> Case10(5,6,7,8호선 상호간)

구분	5,7,8호선	6호선	직결시 조치사항
열차제어방식	ATP, ATO Speed code 방식	ATP, ATO Speed code 방식	호환 개량 대상
신호방식	차상신호	차상신호	- “-”
시스템 수명	1995-1999년	2000년	- “-”

- Case11 상호 호환 열차제어시스템 구축 방향

- 전면 개량 시기가 도래된 구형 시스템(1,3,4호선)
- 현재 개량이 진행 중인 시스템(2호선)
- 아직 개량시기에 여유가 있는 시스템(5,6,7,8호선)
- 최근 열차제어시스템 기술동향을 종합하여 이미 도입된 모든 열차 열차제어시스템과 호환성을 갖춘 열차제어시스템을 적용하여야 하며, 열차제어시스템의 호환성 기준은 두 가지로 해석되어야 한다.
- 서울지하철 1,2,3,4호선과 수도권 구간에 영향을 미치며, 수도권까지 연장운행을 계획 할 경우의 열차제어시스템은 수도권과 협의 및 정책 배려가 따라야 하며, AC25,000V 급전환경을 갖춘 전동차를 기준으로 직결운행을 검토해야한다.
- 서울시계 내에서 1,2,3,4,5,6,7,8호선 전 구간 운행 가능한 전동차로서 상호호환성을 갖추는 것으로 전체 노선에 대해 모든 호환성을 갖춘 통합된 단일 열차제어시스템을 검토 추진해야한다.

제3절 회차 · 차량 · 전력

1. 회차용량

1.1 회차시간 현황

- ATS 방식이나, ATC방식으로 구성된 기존 1-8호선 방식에서는 속도코드 중심체제로서 최소한 25km/h 운전이 허용되어야 종착역 정거장 진입 및 회차입환이 가능하므로 25km/h의 안전제동거리 확보에 따른 부담으로 운전지연요소가 많이 발생한다.
- 6-10량 편성구조로 이루어진 운행패턴에 8-10번 분기기로 시설된 기존구간의 회차운전시간은 대부분 2분30초 범위에 속하며, 제2기의 3선2홈식 구조는 2분대 회차운전을 지원하고 있다.

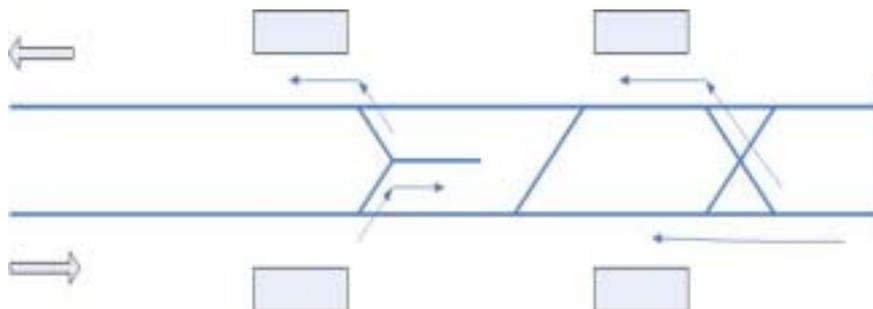
1.2 열차제어시스템과 회차시간의 기술적 비교

- 시스템 방식별로 회차운전시간의 차이가 발생한다.
- 일반적으로 ATS 방식은 2개의 폐색구간 손실과 1개의 폐색구간 안전여유를 갖는다.
- ATC Speed code 방식은 2개의 폐색구간 손실과 1개의 안전여유거리의 손실이 발생한다.
- ATC Distance to go 방식은 1개의 폐색구간 손실이 발생한다.
- ATC Moving Block 방식은 폐색구간 손실은 발생하지 않으며, 열차간 최소 안전여유거리만 존재한다.
- 따라서 운전시격 또는 회차구간의 신속회차의 시간차가 ATS가 가장 크며, Speed code, distance to go, Moving block 순으로 자아지므로, Moving Block

의 경우에는 가장 짧은 운전시각의 확보와 역시 짧은 회차로 신속한 입환이 가능하여 도시교통의 추가적인 수송력 확보에 크게 기여 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

1.3 회차용량 증대방안 검토

- 시스템 방식이 Distance to go 체제로 개편될 경우에는 보다 짧은 안전제동 거리로 정상회차운전 지원이 가능하므로 회차시간의 단축이 이루어지며 대부분의 회차구간에서 2분대 상업 운전 회차가 가능하다.
- 서울 도시철도 특성상 시·종점에 베드타운이 위치하여 시내로 들어오면서 승객이 줄어들고 퇴근 시에는 변두리로 나가면서 승객이 늘어나는 형태를 띠고 있어, 중간회차의 효율성에 많아 시·종점에서의 회차만 고려하는 현 체계의 개선이 필요하다.
- 시·종점 위치에 고전적인 회차시설 외에 시·종점 인접 역에 추가로 회차시설을 갖출 경우, 회차구역 진입열차에 대해 교대로 회차시설을 이용 할 수 있어, 회차 문제는 해결 가능함. 기본적인 배선 개념은 <그림 6-15>와 같다.



<그림 6-15> 중간회차 배선(예)

2. 차량 및 전력

2.1 추가차량 요건

- 추가적으로 총체적인 수송력 증대가 예상된다면 타 노선 간 호환운전을 위한 차량은 우선적으로 미래기준의 열차제어시스템 바탕위에 해당노선 호환을 위한 변환모듈을 갖춘 차량이어야 한다.
- 또한, 추가 도입차량이 타 노선 간 연결운전을 위해서는 물리적인 구조가 모든 노선에 운행 가능한 구조를 갖추어야 한다.
- 예로써 차체 구조는 5-8호선 기준을 적용하고, AC/DC 집전장치를 갖춘 수 있는 바탕위에 호환운전 가능한 열차제어시스템을 갖추는 것이다.
 - 1,2,3,4호선 상호간 또는 수도권 연결 시는 1,2,3,4호선 표준 터널규격으로 AC25,000V 급전환경을 갖춘 전동차를 기준으로 한다.
 - 1,2,3,4호선과 5,6,7,8호선 상호간(DC1,500V) 연결 시는 5,6,7,8호선 표준 터널 규격으로 DC1,500V 급전 환경을 갖춘 전동차를 기준으로 한다.
- 물론, 타 노선 간 운행 시 적용되는 무선 주파수 배분이 달라 호환 가능한 열차무선전화장치도 필수적이다.

2.2 노선별 현 시스템에서 추가차량 증차 가능한 범위

- 노선별 설계적용기준과 현재 상업운전 상황을 비교 분석하면, 별도 시설추가 없이 증차 가능한 수준을 쉽게 예측 할 수 있다.
- 1-4호선의 경우는 대부분 2분30초 운행계획에 2분 시격을 기준으로 설계되어 있다. 분야별 인터페이스 부재로 실제로는 2분 시격 목표에 100초대로 설계된 부분도 있다.
- 5-8호선의 경우 8호선을 제외한 노선은 대부분 2분 시격 목표에 108초 이하

설계시격을 갖추고 있다.

2.3 소요 전력 확보 방안

- 전력공급체제의 경우 2중계의 리던던시를 확보한 상태에서 인접변전소의 고장까지 대비된 대용량 안전체제로 되어 있어 실제적으로는 당장 용량 증대 요인이 발생하지 않으며, 예비율을 높이는 차원에서 접근 하여도 무방할 수 있으므로, 기술적인 접근방법과 예비율, 안전의 수준을 검토 조정 할 수 있다.
- 상업운전목표를 단축 할 경우 발생하는 전력 소요량의 증가는 <표 6-5>를 참고 하여 판단 할 수 있다.

<표 6-16> 전력시설 소요량

상업운전시격별 전력 시설 소요량 분석표			
2분 30초	2분 20초	2분 10초	2분 00초
100%	107.1%	115%	125%
2중계전력 공급 및 인접변전소 고장 시 연장공급체제로 수급되고 있음			

※현재 운영시격 2분 30초 때의 전력 소비량을 100으로 기준

제Ⅶ장 결론 및 정책 건의

제1절 결 론

제2절 정책 건의

제 1 절 결 론

- 본 연구에서는 단거리 링크신설과 기존 시스템 개량을 통해 새로운 지하철 서비스를 공급하는 “Network Reshuffling” 방안을 제안하였음.
- 부분적으로 극심한 혼잡을 겪고 있지만 전체적으로는 수송 분담률과 효율이 떨어지는 서울시 지하철을 개선하기 위해 신설 링크 건설과 이를 통한 신규 서비스 공급을 제안하였음.
- 혼잡완화를 위해 제시한 단기대안에서는 주요 기종점간 환승횟수를 줄이는 효과와 통행시간의 절감을 가져왔으며, 새로운 수요창출을 위해 제안한 장기 대안에서는 환승횟수 및 통행시간 절감뿐 아니라 이에 따른 수송 분담률 상승 효과가 상당한 것으로 분석되었음.
- 본 제안을 가능하게 하기 위해서는 단거리 터널 건설, 분기 시설, 열차제어체계, 회차, 차량 및 전력 등 고려해야할 여러 가지 문제가 있는데, 본 연구에서 검토해 본 결과 각 분야별 문제해결 방안을 확인하였음.

제 2 절 정책 건의

- 본 연구는 서울시가 중점을 두고 추진하고 있는 대중교통 중심 교통체계의 완성을 위해 대중교통 수단의 핵심인 지하철에 대한 노선체계 개편방안을 제안함.
- 단일노선 단일왕복 서비스 및 수직 환승을 기본전제로 한 현재 지하철 체계의 고정관념 하에서는 본 연구가 제안하는 지하철 체계의 개선의 실현이 어려워 보일 수 있음.

- 그러나, 과감한 발상의 전환이 있어야 하고 장기적인 안목을 가지고 향후 서울시 지하철 노선체계 개편의 방향을 설정한다면, 본 연구에서 제안한 노선체계 개편방안이 서울시 지하철 발전방향의 중심이 될 수 있을 것으로 판단됨.
- 결론적으로, 서울시 지하철의 장기 발전계획은 신설노선 건설을 통한 단순한 인프라 확장에서 벗어나, “Network Reshuffling”을 통해 기존의 노선 망을 개편 및 정비하여 지하철의 주요 간선 중추 기능을 강화하는 방향으로 나아가는 것이 바람직함.
- 후속연구로서 서울시 지하철 노선체계 개편에 대한 타당성 조사 연구를 수행하여 보다 엄밀한 의미에서의 대안설정과 실현가능성을 검토할 필요가 있음.

參考文獻

참고문헌

- 김경철, “도시철도 급행화 계획을 위한 기초연구”, 서울시정개발연구원, 1998
- 김경철, “기존선 개량을 통한 도시철도 속도향상방안 기초연구”, 서울시정개발연구원, 2001
- 서울시정개발연구원, “지하철 경영개선방안 연구”, 2005
- 서울특별시, “2002 서울시 가구통행실태조사”, 2003
- 서울특별시 도시철도공사, 『2003 경영실적보고서』, 2004
- 서울특별시 도시철도공사, “2004년도 도시철도 수송계획”, 2004
- 서울특별시 도시철도공사, “2005년도 도시철도 수송계획”, 2005
- 서울특별시 지하철도공사, “2004년도 도시철도 수송계획”, 2004
- 서울특별시 지하철도공사, “2005년도 도시철도 수송계획”, 2005
- 서원호, “철도 skip- stop System 구축에 관한 연구 - 대피선을 고려하지 않은 경우”, 서울대학교 석사학위 논문, 2000. 2.
- 원제무, 고은미, 전경수, “CVM방법을 이용한 급행전철도입의 편익추정에 관한 연구”, 국토계획, 제35권 제6호, 2000. 12, pp. 235- 241
- 원제무, 황준환, “급행지하철의 시간절감 효과연구”, 대한국토 도시계획학회지 국토계획 32권 6호, 1997. 12, pp. 121- 130.
- 이상용, “선호도 조사를 이용한 교통수요전환율 산정 연구 - 인천광역시 도시철도 1호선을 사례로”, 교통개발연구원, 2000

- 이경재, “환승역사의 동선체계를 고려한 환승 페널티 추정”, 서울대학교 공과대학원, 2004
- 황기연, 엄진기, “교통수요관리론” 청문사, 2001
- 九多羅木吉治, 『帝都高速度交通營団南北線/半藏門延伸・13号線』 『鐵道ピクトリアル』, 電氣車研究會, No683, pp54~58, 2000.4
- 『名鐵時刻表』, 名古屋鐵道株式會社鐵道事業本部, No20, 2005.1
- 森川優, 『近年の主な改良工事』 『鐵道ピクトリアル』, 電氣車研究會, No.624, pp58~64, 1996.7
- “MetroLink Proposal □□ New Transit for New York”, Regional Plan Association, 1999
- “A Guidebook for Development a Transit Performance-Measurement System”, TCRC Report 88, 2003
- Vukan R. Vuchic, 『Urban Transit : Operations, Planning, and Economics』, John Wiley & Sons, Inc, 2005

인터넷 사이트

- 건설교통부 홈페이지 : <http://www.moct.go.kr>
- TOKYU 홍보용 홈페이지 : <http://www.tokyu.co.jp>

Reshuffle of Seoul Metro

<u>Project Number</u>	<u>SDI 2005-R-10</u>
<u>Research Staff</u>	<u>Keemin Sohn (in Charge)</u> <u>Hyuk Ryul Yun (in Charge)</u> <u>Daehyun Kim</u> <u>Soogoo Kang</u>

We suggest that the metro network in Seoul should be reshuffled in order to complete the reform of transit system. Seoul has an independent metro network based on the concept that a physical line provides only a service running between two ends of a line. On the other hand, some other cities such as New York, San Francisco, have an integrated one that permit a physical line to have many services connecting various locations. It is well known that the independent metro network is superior to the integrated one in the big city, the population of which exceeds at least ten million. As economic situation gets better, however, most people get more interested in their quality of life than anything else. Thus, they are not satisfied with the metro system that simply guarantees the physical connection between their trip ends, but convenience, comfort and rapidness of the system are highly required.

The mode share of Seoul metro is small in comparison to other big cities. This is due to several shortcomings of Seoul metro network. First of all, the inconvenient transfers between different lines are the most important reason for why people refuse to use the metro. According to the field survey, the average passenger has to spend more than 15 minutes for transfer in some stations. Moreover, in many of Seoul metro lines the traveling distance between two adjacent stations is much longer than the straight distance between them.

The idea of the study stems from the attempt that reshuffles the metro network by linking different lines through short tunnels. New services connecting two end stations of different lines can be created in the reshuffled network. The reshuffled network will also create other types of services, which connect two intermediate stations located in different lines, and make it possible to achieve cross-platform transfer. The reshuffled network can sort out the above-mentioned complications because the number of transfers will be reduced and shortcuts will be constructed where existing lines are winding.

The network including several short tunnels were analyzed to identify the effect of travel time saving. A significant result was obtained in that the time saving by the reshuffled network would be 150 billion won a year and mode share of metro would increase up to 43%. The effect could be more conspicuous if the travel time saving on road network caused by reduced number of car users were also considered.

However, many technical issues still remain unchallenged in order to realize the proposal. The method to construct a new tunnel connected to the existing line was investigated in detail. The enhancement of line capacity was also reviewed, which enabled additional trains from other lines to pass through existing lines. The application of the advanced train control system was proved to be the proper solution for the capacity problem. The issue concerning the additional demand for both train and electricity was also taken into account. The table of contents for this study is as follows.

Table of Contents

Chapter 1 Introduction

1. General Background
2. Study Scope
3. Study Framework

Chapter 2 Current State and Future Plan for Seoul Metro

1. Current state of Seoul Metro
2. Future plan for Seoul Metro

Chapter 3 Problems in Seoul Metro

1. Network Problems
2. System Problems

Chapter 4 Related Studies and Similar Cases

1. Review of Related Studies
2. Investigation of Similar Cases

Chapter 5 Network Reshuffling

1. Basic Concept
2. Identification of Travel Pattern
3. Scheme of Network Reshuffling
4. Analysis Results

Chapter 6 Technical Issues

1. Introduction to Technical Issues
2. Short Tunnel and Junction
3. Train Control System
4. Turn-out Capacity
5. Train and Electricity

Chapter 7 Conclusions and Suggestions

시정연 2005-R-10

서울시 지하철 노선체계 개편 방안

발행인 강만수

발행일 2005년 10월 31일

발행처 서울시정개발연구원

137-071 서울시 서초구 서초동 391번지

전화 (02)2149-1104 팩스 (02)2149-1120

값 0000원 ISBN 00-0000-000-0-00000

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.