30

광역철도 속도향상 기술개발 기획 최종보고서

2013 국토교통과학기술진흥원
국 토 교 통 부

Land Transport and Maritime R&D Report

미래철도기술개발사업 기획보고서

12PRTD-C064185-01

광역철도 속도향상 기술개발 기획 최종보고서

2013 . 06. 26.

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
공동연구기관 / 서울메트로, 인천교통공사

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "광역철도 속도향상 기술개발 기획 연구" 과제의 결과보고서로 제출합니다.

2013. 6.

주연구책임자 : 홍 재 성
연 구 원 : 백종현 장동욱 김무선
김정태 김태식 민재홍
김길동 권혁빈
공동연구기관명 : 서울메트로(송정훈, 조성근,
조관현, 김철구, 정명렬,
송충현, 정구인, 박세영,
심재석)
인천교통공사(이제철,
윤동렬, 조남용, 오장종,
이봉수)

중간보고서 요약서

과제고유번호		해 당 단 계 연 구 기 간	2012. 12 2013. 06	단 계 구 분	
연 구 사 업 명	중 사 업 명	미래철도기술개발사업			
	세부사업명				
연 구 과 제 명	대 과 제 명				
	세부과제명	광역철도 속도향상 기술개발 기획			
연 구 책 임 자	홍재성	해당단계 참 여 연구원수	총 : 18 명 내부 : 9명 외부 : 9명	해당단계 연 구 비	정부 : 50,000천원 기업 : 천원 계 : 50,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 18 명 내부 : 9명 외부 : 9명	총연구비	정부 : 50,000천원 기업 : 천원 계 : 50,000 천원

연구기관명 및 소 속 부 서 명	한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부	참여기업명	
국제공동연구	상대국명 :	상대국연구기관명 :	
위 탁 연 구	연구기관명 :	연구책임자 :	
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)		보고서면수	

광역도시철도 운행시간 단축을 위해 전국 대도시권 급행화 방안을 검토하고, 급행·완행 운영방안을 분석하여 가감속 능력이 우수한 고성능 전동차를 투입하는 방안, 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운영방안, 대피선 설치를 통한 급행/완행 운영방안을 검토하였다. 또한 가감속도 향상을 위한 방안, 저크 제어를 향상시키기 위한 방안, 출입문 폭 확대시 효과, 고정밀 정위치 정차제어를 하기 위한 방안등 완행으로 개념을 잡은 고성능 전동차의 요구조건에 대한 기본 연구를 진행하였다. 이를 통하여 본과제에서 연구해야할 세부과제를 도출하였고 각각의 필요한 연구내용을 정립하였다. 급행/완행에 의한 시간단축은 지자체 및 도시철도 운영처에서 많은 관심을 가지고 있으며 각 노선별 여러 가지 방안에 대해 정확한 급행/완행 분석이 필요하며, 고성능 전동차 핵심성능 연구, 기존 인프라 개량, NATM 터널 개량등에 대한 세부 연구에 대한 본과제 요구사항에 대한 기획연구를 하였다.

○ 광역・도시철도 급행화 기술개발 동향 및 환경분석
- 국내외 정책・시장・기술 동향분석
- 국내외 기술개발현황 및 국내 기술 인프라·기술 인력 현황(기업, 연구소, 대학 등) 분석
- 기술수요 및 기술예측 조사 실시
- 기술개발추진방향 정립(SWOT 분석 등)

○ 광역・도시철도 급행화 기술개발 전략수립
- 비전 및 기술발전 시나리오 제시
- 비젼 달성을 위한 세부목표 및 후보과제 도출
- 후보과제에 대한 우선순위 도출
- 연구개발과제 확정 및 로드맵 작성
- 과제 연구수행 형태(사업단, 연구단, 일반과제 등) 정의

○ 연구 목표 및 범위 설정

1. 기존 인프라를 활용 및 개조하여 급행·완행 차량 운영시 터널, 선로, 차량 등 개선방안 도출

1) 고성능 전동차를 활용한 급행화 방안
- 고성능전동차 주요 요구사항 검토

- 가감속도 향상 및 이에 따른 져크 검토
- 승하차시간 단축을 위한 출입문 확폭 방안 검토
- 대피선 설치 방안 및 나튬터널 개량 공법 기술검토
- 효율적/저비용 급행화를 위한 분기기 개선 연구

2) 기존 전동차를 활용한 급행화 방안

2. 전국 대도시권 지하 및 지상구간, 광역·도시철도 급행화 방안 검토

1) 고성능 전동차를 활용한 급행화 방안

- 전국 대도시권 광역·도시철도 급행/완행 운행다이아 및 효과 분석
- 대피선수를 최소화하는 광역·도시철도 급행화 방안 마련
- 고성능 전동차 적용방안 검토
- 운행중인 노선 대피선 설치를 위한 도심 지하공간 건설기술 검토

3. 저비용으로 대피선의 길이를 최소화 할 수 있는 차량 및 시설개량 공법 연구기획

- 여유승강장 있는 노선(분당선)에 대한 개조방안 검토
- 여유승강장 개조를 통한 다관절 열차 투입에 따른 급행/완행 효과 분석
- 다관절 열차 요구조건 및 개발방안 검토

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	급행, 속도향상, 고성능전동차, 가감속도, 져크제어, NATM 터널 개량
	영 어	Rapid Transit, Speed Up, High Performance EMU, Acceleration & deceleration, Repair NATM Tunnel

요 약 문

Ⅰ. 제 목

광역철도 속도향상 기술개발 기획(Preliminary Study on Speed-up of Metropolitan railway)

Ⅱ. 기술의 정의 및 필요성

○ 기존 광역도시철도노선의 속도향상을 위해서는 급행화가 필요하며, 가감속도 성능이 기존 3.0/3.5km/h/s에서 최대 6.0/4.86km/h/s로 향상시킨 고성능 전동차를 완행으로, 기존 전동차를 급행으로 운행을 하게되면 완행의 추종속도가 빨라 기존 인프라 활용 및 대피선수를 대폭 줄일 수 있는 급행/완행 운행이 가능하게 된다.

○ 국내 광역도시철도노선은 역간 거리가 짧고 우회도가 커서 목적지까지 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 이를 위해서는 기존 노선의 시간단축에 대한 연구가 필요하며, 급행/완행 개념을 도입하여 성능이 좋은 고성능 전동차를 완행으로 기존 전동차를 급행으로 운행하면 대피선 설치가 최소화로 되면서 급행/완행 운행이 가능하다.

○ 국내에서는 급행/완행에 대한 운전다이아 분석 능력이 현저히 부족하다. 급행/완행 운전을 하기위해서는 운전시격, 급행정차역, 급행완행 운행 패턴, 정차시간 조정, 첨두시간 및 비첨두시간 급행완행 운행방안 등 많은 변수들이 존재하며, 노선별 이에 상응하는 급행/완행 운행다이아 분석 기술 및 소프트웨어 개발이 필요하다. 또한 높은 가감속을 내기위한 고성능 전동차에 대한 성능시험을 통해 승차감 및 저크등에 대한 성능검증이 필요하다. 이를 통하여 최소한의 비용으로 전국 광역도시철도 노선별 최적의 급행/완행 방안을 수립하고 시행하면 출퇴근시간의 획기적인 단축으로 시민들의 행복 및 편의가 향상된다.

III. 연구개발과제 구성 및 추진전략

가. 연구개발 과제 구성

- 도출된 연구내용은 광역도시철도 급행/완행 운행 기술개발과 고성능 전동차 기술개발로 나누어 추진하는 것이 바람직할 사료되어 연구단을 구성하여 2개의 세부과제로 추진하는 것이 바람직하다고 생각됨

나. 추진 전략

□ 기존 광역·도시철도 급행/완행 운행방안 연구

(1) 고성능전동차 핵심기술 연구

○ 가감속도를 기존 전동차보다 높게하여 표정속도를 줄이기 위해서는 M 차량의 수가 늘어날 수 밖에 없어 주 전동기의 출력계산, 주 전동기의 최대 토크력 계산, 토크제어방식 연구, 점착력 계산, 인버터의 제어방법 개선, 유지보수 효율성 검토등을 알고리즘 개발 및 축소형 시뮬레이션을 활용한 성능 검증을 통해 추진할 계획임
○ 가감속도 향상 및 져크제어 기술은 한국철도기술연구원의 주요사업에서 연구하고 있는 관련 기초기술을 활용할 계획임
○ 또한 국가 R&D로 기 개발된 차세대전동차를 활용하여 가감속도 향상 및 져크제어 기술에 대한 기초 연구 진행 및 승차감 향상 연구에 활용할 계획임
○ 광폭 출입문에 의한 승하차시간 단축 연구는 모의 출입문을 설치하여 출입문 폭별, 혼잡도별로 실제 승객을 투입하여 효과를 산출할 계획임
○ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구

(2) 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구
○ 산・학・연 공동연구 참여를 통한 기관간 역할 분담 및 최적 역량 도출 유도할 예정이며, 열차 다이아 분석 및 기초기술 연구에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며 실용화를 대비하여 외부 전문 인력 활용
○ 본 연구는 도시철도 운영기관의 관심과 참여가 절대적으로 필요하여, 공동연구 형태로 운영기관을 참여시켜 한국철도기술연구원에서 수행하는 급행/완행 운행 열차다이아 분석에 따른 시간단축 효과 및 경제성 분석에 대한 사업화 방안을 도출
○ 각 노선별 운행다이아 분석후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출
○ Y 분기선 개량이 필요할시 개량 방안 등에서는 외부 설계 엔지니어링사 및 관련 전문가 활용
○ 급행화 효과가 큰 최상의 노선을 선정하여 시범구축이 될수 있도록 기반 마련
○ 연구성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구성과 발표 및 전시를 수행할 예정
○ 열차 운행중에 기존 인프라 개조를 하여야 하는 방안에 대해 안전성 확보가 최수선이므로 관련 기준 정립이 필요하며, 이에 대해서는 주무부처인 국토교통부와 협의를 통해 고시

(3) 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구
○ 본 연구는 급행의 시간단축 효과가 크지만 대피역 하나를 건설하는 비용이 크기 때문에 도시철도 운영기관과 관련 지자체와 MOU 협약을 맺어 경제적 효과 및 비용 분담에 상호 역할 분담으로 추진
○ 각 노선별 운행다이아 분석후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출
○ 대피역으로 NATM 터널을 개량하기 위해서는 터널 전문가들의 공사 안전성에

대한 자문이 필수적임

○ 가감속도가 높은 고성능 전동차를 완행으로 투입하는 사례로서 각 노선별 차량 내구연한과 연계한 검토가 이루어져야 하므로 내구연한이 오래된 운영기관을 우선 접촉하여 실용화 추진

□ 고성능 전동차 기술개발

○ 국가 R&D로 기 개발되어 내구성 시험중인 차세대 전동차(3M3T)를 4M으로 개조하여 성능시험 수행



○ 차세대 전동차는 AC/DC 겸용으로 되어있으며 DDM 구동방식으로 되어있어 4M으로 개조하기 위해서는 기기배치 공간을 고려하여 DC로 개조하여야 하며 다음과 같은 고려를 하여야 한다.

- DDM 경량화 방안 연구
- 4M으로 개조하기 위한 DDM 4세트 제작
- DDM은 차축장가방식으로 un-sprung mass가 커 궤도부담력에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 횡압측정용 윤축 1세트 및 DDM 1세트 추가 제작
- T차량을 M차량으로 개조하기 위해 T 대차를 M 대차로 개조
- 고정밀 정위치 정차제어를 구현하기 위한 1C1M 방식 적용

○ 열차 개조작업은 차세대전동차 신뢰성평가시험이 2014년4월에 종료되므로 충분히 개조작업할 시간적 여유 확보됨

○ 열차 개조작업은 현대로템 창원공장에서 수행

○ 개조작업후 기본적인 성능시험은 현대로템 창원공장 구내에서 수행

○ DDM 경량화 연구등 핵심장치 개발관련해서는 신기술, 제품화 등의 가시적 연구성과 도출 및 특허, 논문등 확보

○ DC 전용 4량 1편성으로 개조한 열차에 대해 성능시험을 하기 위해 서울시 6호선 도봉차량기지 구내에서 성능시험하도록 추진

○ 도봉차량기지에서 가감속도 시험, 저크시험, 승차감시험, 주행안전성 시험등 수행하여 차량의 성능 및 승객의 거동에 대한 성능 확보

목 차

제 1 장 기술의 정의 및 필요성 ····· 1
가. 기술의 필요성 ····· 1
나. 세부기술의 정의 및 검토 ····· 6
다. 세부과제별 기술 정의 ····· 19
라. 세부과제별 기술 내용 ····· 20

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석 ····· 68
가. 국내외 정책동향 ····· 68
나. 국내외 시장현황 및 전망 ····· 71
다. 기술동향 분석 ····· 80
라. 종합분석 ····· 100

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략 ····· 101
가. 비전 및 목표 ····· 101
나. 기술개발에 따른 미래상 ····· 102
다. 연구개발과제 구성 ····· 106
라. 세부과제별 주요내용 및 추진전략 ····· 107
마. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵 ····· 116
바. 성과의 활용방안 ····· 118
사. 연구수행체계 제안 ····· 120

제 4 장 사전타당성 검토 ····· 122
가. 정책적 타당성 ····· 122
나. 기술적 타당성 ····· 122
다. 경제적 타당성 ····· 126
라. 기술개발 필요성 ····· 129
마. 정부지원 타당성 ····· 130
바. 타당성 검토 종합 ····· 131

제 5 장 소요예산 산정 ····· 132
가. 전체사업 소요예산 ····· 132
나. 세부과제별 소요예산 ····· 133

제 6 장 과제 제안요구서 ····· 136
가. 과제 제안요구서(RFP) ····· 136

제 1 장 기술의 정의 및 필요성

가. 기술의 필요성

1) 광역 도시화로 수도권 장거리 출퇴근시간 지속 증가

가) 수도권은 주택 200만호 건설계획에 따른 신도시 건설 등 상주인주 증가에 따른 택지개발사업을 지속적으로 추진해 옴에 따라 수도권 광역화 가속

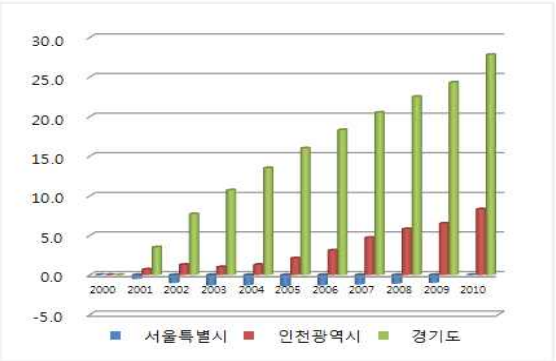
< 대도시권 인구 증가 비교 >

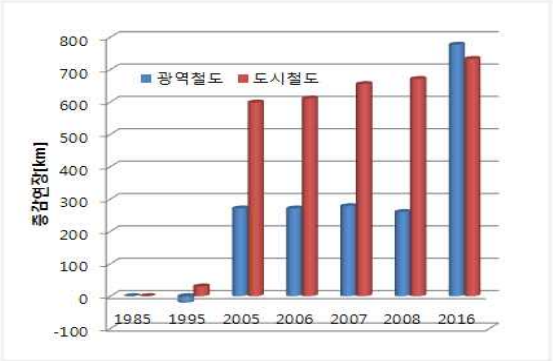
구분	수도권		부산권		대구권		광주권		대전권	
	서울	인천 경기	부산	인접 지역	대구	인접 지역	광주	인접 지역	대전	인접 지역
1995년	10,231	9,958	3,758	2,613	2,040	1,322	1,088	544	1,203	1,317
2010년	9,794	14,042	3,367	3,603	1,961	1,545	1,105	649	1,343	1,513
증감	-437	4,084	- 391	990	-79	223	17	105	140	197
	-4.3%	41.0%	-10.4%	37.9%	-3.9%	16.9%	1.6%	19.4%	11.7%	14.9%

※자료 : 통계청 인구주택총조사, 서울제외 대도시는 행정구역 확장 전으로 재구성

나) 판교, 동탄, 김포 등 2기 신도시가 건설 진행 중이며 1기 및 2기 합계 시 약 300만 명의 인구를 가진 광역도시권 형성

다) 광역 도시권에 적합한 광역 교통체계 건설이 미흡하여 자족성 낮은 bed town 화 진행





※자료: 통계청조사 “시군별 주민이동(2010)”,

※자료: 국토해양부, “대도시권 광역교통시행계획(2012~2016)”, “국토해양통계연보” 2008

< 수도권 인구 변화율 및 철도 연장 변화량 >

라) 수도권 및 대도시권 광역화로 출퇴근 시간이 60분 이상 소요되는 인구비율이 증가하였으며 이는 95년 대비 약 76% 증가

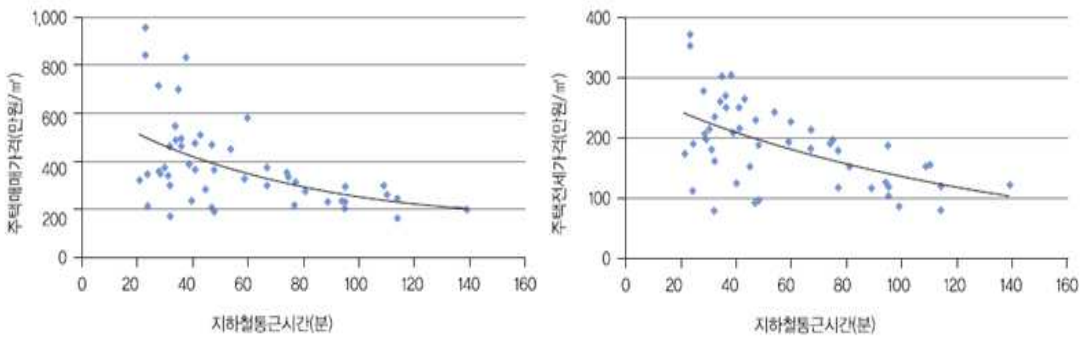
< 소요시간별 전국 대도시권 출퇴근 인구 비율 >

구분	1시간 미만			1시간 이상		
	1995년 (만명)	2010년 (만명)	증감(%)	1995년 (만명)	2010년 (만명)	증감(%)
서울	464.2	448.2	-3.4	79.9	143.0	78.9
부산	173.5	162.4	-6.4	19.1	28.8	50.8
대구	108.8	123.7	13.7	12.1	15.4	27.3
인천	97.4	122.3	25.6	16.5	34.7	110.3
광주	59.7	78.7	31.8	3.3	6.6	100.0
대전	59.6	79.4	33.2	3.2	7.7	140.6
계	963.2	1,014.7	5.3	134.1	236.2	76.1

마) 우리나라 출퇴근 소요시간은 OECD 국가 중 최상위에 속하며, 철도분담률은 세계 주요대도시에 비해 현저히 떨어짐

바) 출퇴근시간을 단축하고, 철도분담률을 높이는 방법이 지속가능한 녹색교통시스템 구축을 위해 필수적인 요소임

사) 장거리 통근통행이 증가하고 통근통행이 양극화되어감에 따라 시간적, 공간적 교통체계변화 방안과 거주기회 확대 방안이 필요함



※자료: 한국교통연구원, 월간교통 2012-11호

< 주택가격 대비 지하철 통근시간[강남기준] >

2) 광역도시철도 경쟁력 저하

가) 현재 광역 및 도시철도는 노선우회 및 역간거리가 짧아 타 교통수단 대비하여 속도 경쟁력이 떨어짐

■ 주엽역~영등포역 : 자동차 27.93km, 약 35분, 도시철도 43.11km 약 74분
■ 죽전역~강남역 : 자동차 24.02km, 33분, 도시철도 29.20km 51분



< 도시철도 및 도로 주행 사례 비교 >

< 도시 및 광역철도 우회도 및 표정속도 현황 >

구 분	평 균	수도권	부산권	대구권	광주권	대전권
평균역간거리(km)	1.5	1.7	1.0	1.0	1.1	1.0
우회도	1.39	1.40	1.49	1.15	1.36	1.34
표정속도(km/h)	38.0	39.9	31.6	32.6	34.0	30.8
※우회도 : 노선거리를 직선거리로 나눈 값						

나) 그러나, 서울시 9호선은 설계 시부터 급행운영을 고려하여 현재 급행 열차 혼잡도가 240%에 달할 만큼 이용객이 선호하고 있음, 김포공항에서 고속터미널까지 급행은 27분, 완행은 44분 소요됨, 대피역은 마곡나루, 가양, 선유도, 샛강, 동작, 사평역 등 총 6개 역임

다) 신분당선(강남~정자)은 역간거리를 장대화(평균 1.5km→3.5km)하고, 우회도를 줄여 통행시간 단축의 모범사례임, 강남-정자 간 소요시간은 16분으로서 62km/h의 표정속도를 가지며 기존선 대비 50%의 시간단축 효과를 보임



< 9호선 노선도 및 급행정차역 >

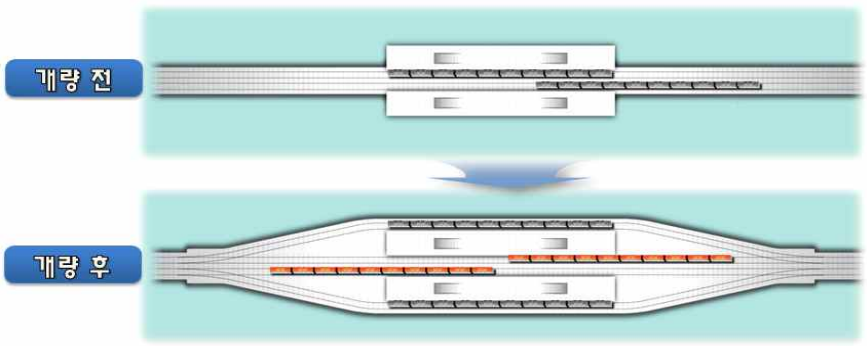


< 신분당선 노선도 >

3) 운행 중 노선에 급행 도입 방안 필요

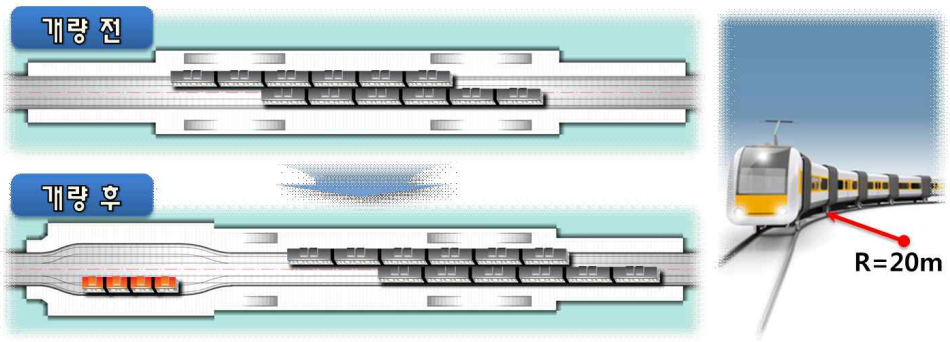
가) 현재 운행 중인 노선에 급행열차 추월을 위한 대피선 건설을 진행할 경우 시공이 곤란하고 비용이 많이 드는 문제가 발생

■ 10량 1편성 기준(정거장 길이 205m)으로 본선을 포함한 565m 개량 및 역사 개선 필요, 1개 역사 당 대피선 건설에 약 1,200억원 소요 예상
■ 대피선 설치수를 최소화하여 공사비 절감을 최대화 할 수 있는 급행/완행 운영기법 및 운행 중인 노선에 대피선 설치에 대한 효율적인 건설방안의 제안이 필요함



< 기존 역사 대피선 건설 방식 >

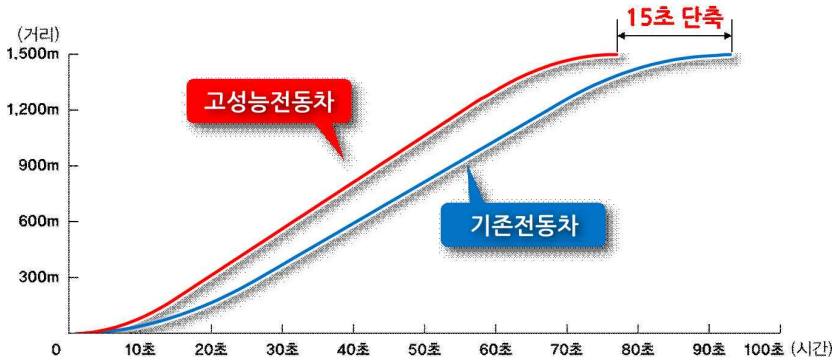
나) 분당선 및 부산시 3호선과 같이 여유 승강장이 있는 경우 본선 터널을 개조하지 않고 급곡선 주행이 가능한 다관절 열차를 완행으로 투입하여 저비용 대피선 건설을 통한 고효율 급행화 전략과 이에 따른 기술개발이 필요함



< 여유승강장 활용방안 개념도 >

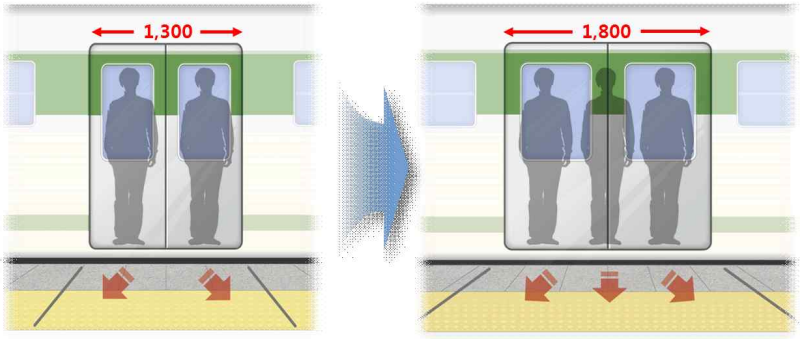
다) 열차 운행시간 단축을 위한 차량 성능개선 및 승하차 시간의 개선방안 필요

■ 급행화를 위한 기본 조건인 가감속도 성능 및 최대속도 성능 등 차량의 성능을 향상시켜 운행시간을 단축할 수 있는 방안의 연구 추진 필요

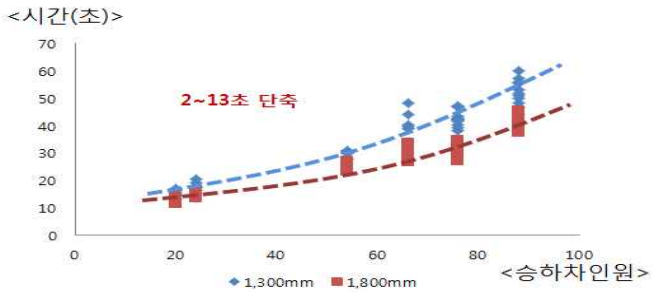


< 가감속도(3/3.5km/h/s→6/4.86km/h/s) 및
최대속도(80→90km/h) 향상 시 거리별 시간 단축 효과 >

■ 승하차 인원의 출입 시간을 단축하여 열차의 정차시간 단축을 위한 출입문 폭 확대 검토 필요. 기존 출입문 폭 1,300mm는 두 명이 동시에 출입하는 것을 가정하여 설계된 사항. 이를 1,800mm로 확장하여 세 명이 동시에 출입하도록 함으로써 정차시간을 5초 이상 단축하는 것을 목적으로 함. 실험을 통하여 출입문 폭 확장에 의한 효과를 측정한 바 다음 그림과 같이 승하차 인원에 따라 승하차 시간이 2~13초 단축됨.



< 승하차문 확폭 개념도 >



< 출입문 폭 확장에 의한 효과 실험 >

나. 세부기술의 정의 및 검토

1) 고성능 전동차를 활용한 급행화 방안

가) 정의

■ 가감속도 성능이 향상된 고성능 전동차를 완행으로, 기존 전동차를 급행으로 투입하여 환승역 및 주요 역사에만 정차하는 급행을 가감속 성능이 우수한 완행이 쫓아가는 개념으로서 대피선 필요 개수를 최소화 할 수 있는 방안임

나) 기술동향 및 분석

■ 현재 국내 전동차 가감속도 성능은 3.0/3.5km/h 로서 고성능 전동차 가감속을 최대 6.0/4.86km/h로 성능향상 시키면 1.5km 기준으로 기존 전동차 대비 약 15초 시간단축 효과 가능

■ 완행차량의 정차시간 단축을 위해 출입문 폭을 기존 1.3m에서 1.8m로 늘이면 승하차시간을 대폭 줄여 급행 · 완행의 운행이 용이해진다.

다) 주요 핵심 기술

■ 가감속도 성능향상 기술

■ 가속도 향상에 따른 져크제어 기술

■ 고정밀 정위치 정차제어 기술

■ 광폭 출입문에 의한 승하차 시간단축 기술

■ 고성능 전동차 요구조건 분석

라) 기대효과

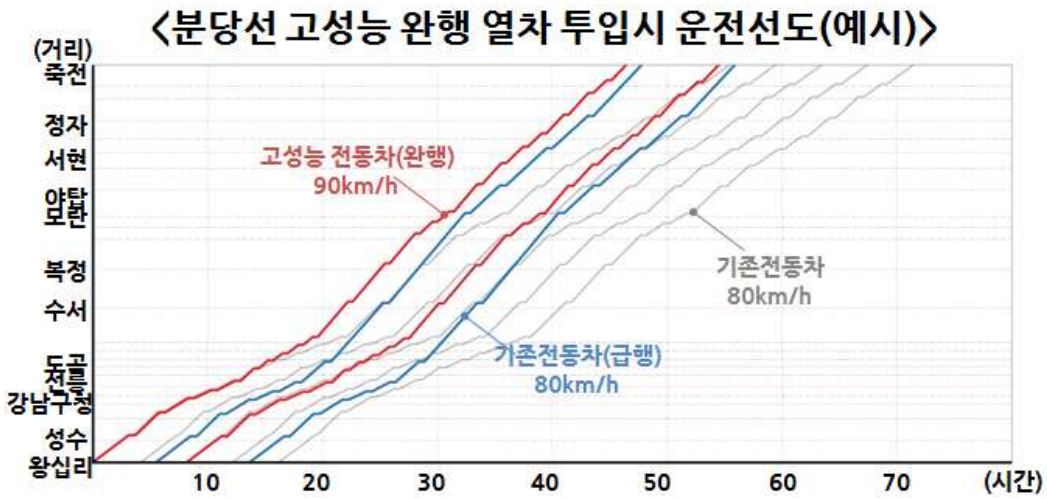
■ 시간단축 효과 20% 이상 기대

마) 검토결과

■ 감가속이 우수한 고성능 전동차만을 완행, 기존전동차를 급행으로 운행하게 되면 분당선의 경우 운전시격이 4.5분일 경우 대피선이 필요 없이 시간단축 효과가 발생하게 된다.

■ 다만, 급행 정차역 수가 늘어날 수 있으며, 운전시격이 짧아지면 대피가 필요로 하기 때문에 노선별 특징(역간 거리등)에 맞는 분석이 필요하다.

■ 시설개량 없이 급행의 효과가 발생되는 개념으로서 노선별 정확한 운행다이아 분석 및 관련 소요기술을 연구하면 국내 도시철도 운영 처에서 바로 도입이 가능한 개념이다.



2) 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안

가) 정의

■ 대피선의 신규 건설 시 막대한 건설비용이 발생하므로, 이를 절감하기 위해 기존에 설치되어있는 Y 분기선 및 주박선에 완행 대피를 통한 급행/완행 운행방안

나) 기술동향 및 분석

■ 전국 대도시권 광역·도시철도 노선에 대한 Y분기선 설치 현황 및 타당성 검토 필요

다) 주요 핵심 기술

■ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행 기술

■ 기존 부본선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행 기술

■ 기존 전동차로 급행/완행 운행 기술

■ 감가속이 우수한 고성능 전동차를 완행, 기존 전동차를 급행으로 운행하는 기술

■ Y 대피선 개량방안 연구(신호, 전력, 토목, 분기기 등)

라) 기대효과

■ 열차 주박을 위한 시설을 대피선으로 그대로 활용하기 때문에 인프라 개조비용은 거의 발생하지 않고 급행의 효과는 더욱 커지게 된다.

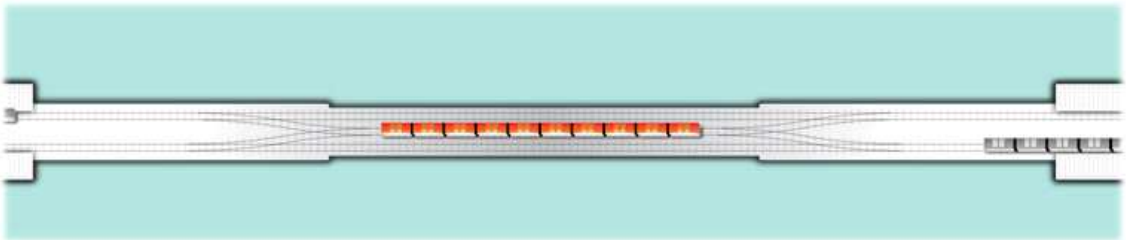
■ 보통 Y 대피선은 상행 또는 하행 한곳씩만 분기선으로 본선과 연결되기 때문에 이를 개조하여 급행/완행을 운행하게 되면 시간단축 효과가 더욱 커지게 된다.

마) 검토결과

■ 기존 역사를 대피역으로 개량하기 위해서는 대략 1,200억원의 공사비가 소요되지만 기존 인프라를 활용하여 완행을 대피시키면 인프라 개량비 없이 급행/완행 운행이 가능하며, 완행 대피를 하기 때문에 급행의 효과는 더욱 커지게 된다.

■ 다만 정거장이 아닌 본선에 대피를 하여야 하기 때문에 가급적 대피시간을 줄이는 방안에 대한 검토가 필요하다.

■ 또한 Y 대피선을 상행/하행 모두 연결이 되도록 개량이 된다면 그만큼 완행이 대피할 여유가 생기기 때문에 시간단축 효과는 더욱 커지게 된다.



<기존 분기선을 활용한 대피선 설치 개념도>

3) 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

가) 정의

■ 현재 운행 중인 노선에 급행열차 추월을 위한 대피선 건설을 진행할 경우 시공이 곤란하고 비용이 많이 드는 문제를 극복하기 위하여 여유

승강장을 활용한 대피선 설치, 개착 Box 역사 개량, NATM터널 개량을 통한 대피선 설치 등을 통해 급행/완행 운영이 가능하다.

나) 기술동향 및 분석

■ 급행/완행 혼용 운영을 위해 기존 노선을 개량하여 대피선을 설치한 사례는 전무하며, 이는 대피선 설치 시 지하철의 운행에 지장을 주지 않기 위한 작업 시간 및 공간의 제약, 또는 높은 공사 난이도 및 충분한 안정성 확보를 위한 특수 공법 사용 등으로 공사비가 증가하기 때문임. 따라서 기존 역사에 적용이 가능하면서 경제적인 대피선 설치 기술의 검토는 필수적임.

■ 대피선의 설치는 기존 역사 구조물의 형태에 따라 달라지며, 역사 구조물의 형태는 크게 NATM 터널 역사와 개착 Box 역사로 구분될 수 있음. NATM 터널 역사는 계획심도가 깊어 연암이상의 공학적으로 양호한 지반조건을 갖춘 경우 적용하며, 일반적으로 발파를 통해 견고한 암반을 굴착하는 작업을 동반하게 됨. 그러나 암반 발파는 소음 및 진동을 유발하므로 저감 대책이 필요함. 또한 기존 NATM 터널 역사와 병합시킬 때 공사의 난이도가 높으며 추가의 보강도 이루어져야 함.

다) 주요 핵심 기술

■ 여유 승강장을 활용한 급행/완행 운행 기술

■ 운행 중인 노선에 개착 Box 역사 개량을 통한 대피선 설치 기술

■ 운행 중인 노선에 NATM터널 개량을 통한 대피선 설치 기술

라) 기대효과

■ 서울시 9호선과 같은 대피선을 설치하여 급행/완행을 운행하게 되면 승객들의 호응이 제일 좋을 것으로 예상됨.

■ 본 연구를 통해 대피선 건설 기술을 확보하면 향후 기존 일반철도 노선의 터널 개량에 활용이 가능하다.

■ 분당선과 같이 여유승강장을 갖는 노선은 본선을 개량안하고 정거장

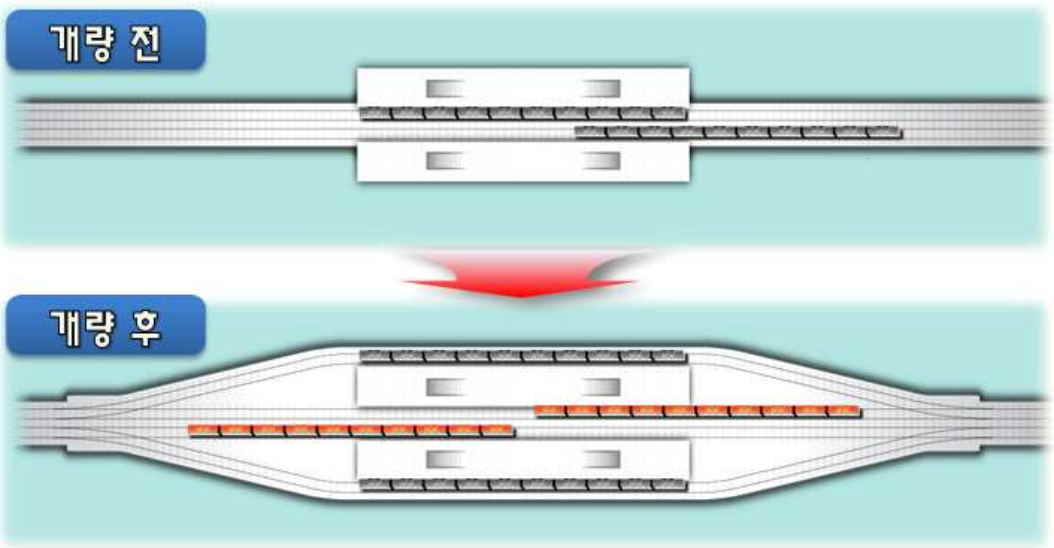
만 개량하면 되므로 인프라 개조비용이 상대적으로 적게 든다.

마) 검토결과

■ 운행 중인 노선의 정거장에 대피선을 설치하는 기술은 대단히 어렵고, 특히 안전에 많은 연구를 진행하여야 한다.

■ 급행/완행의 가장 전형적인 방법으로서 개착 BOX 및 NATM 터널에 대한 정거장 개량방안에 대한 연구는 필요함.

■ 여유 승강장을 개량하여 급행/완행을 운행하는 방안은 분당선 등 특정 노선에만 적용이 가능함



<대피선 설치를 위한 역사 개량>

4) 고성능 전동차 기술개발

가) 정의

■ 기존 광역·도시철도의 급행/완행 운행을 현실화하기 위해서는 인프라 개조비용이 적게 소요되는 연구가 필요하며 이를 위해서 대피선 수를 최소화하기 위한 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차 기술 개발이 필요하다.

나) 기술동향 및 분석

■ 현재 국가 R&D로 기 개발되어 내구성 시험 중인 차세대 전동차(3M3T)를 4M의 고성능전동차로 개량하기 위한 기술 검토 필요.

다) 주요 핵심 기술

■ 차량 시스템 설계 및 제작 기술

■ 차량 시스템 개조 기술

■ 견인전동기 및 인버터 경량화 기술

■ 열차 성능시험 기술

라) 기대효과

■ 가감속 성능을 높이면 역간 주행시간을 단축시켜 필요 대피선을 최소화 할 수 있어 급행/완행 운행 시 전체 소요예산이 줄어들게 된다.

■ 출입문 폭을 넓히게 되면 승객의 승하차시간을 줄일 수 있어 완행의 추종성을 더 좋게 할 수 있다.

마) 검토결과

■ 대피선 수를 최소화 하면서 급행/완행을 운행하기 위해서는 기존 전동차보다 성능이 우수한 고성능 전동차를 투입하여야 한다.

■ 요구되는 가감속을 낼 수 있는지, 이때 승차감과 영향이 있는 져크 제어는 가능한지, 출입문 확폭은 가능한지, 고정밀 정위치 정차는 가능한지에 대한 연구가 필요하다.

5) 고성능 전동차를 활용한 스킵-스탑 방식 급행화 방안

가) 정의

■ 가감속도 성능이 향상된 고성능 전동차를 완행으로, 기존 전동차를 급

행으로 투입하여 완행은 모든 역에 정차하고 급행은 한역 건너 정차하는 방식으로 별도의 대피선 설치 없이 급행·완행 운영이 가능하다.

나) 기술동향 및 분석

■ 급행의 스킵-스탑을 두 가지 패턴으로 반복하고 완행의 성능 향상이 조합될 경우, 역간 거리가 짧은 노선에서는 대피선과 같은 시설개량이 필요 없음.

■ 국내의 경우 전국 대도시권 광역·도시철도 노선에 대한 분석 필요.

■ 국외의 경우 파리 RER 노선 중에서 D.E 노선이 스킵-스탑방식을 채택하여 운행 중에 있음.

다) 주요 핵심 기술

■ 가감속도 향상 방안 및 져크제어 기술

■ 승하차시간 단축을 위한 출입문 확폭 기술

■ 스킬소음 저감 기술

■ 급행화 최대 효과를 위한 가감속도 성능 및 운행 최적조건 분석

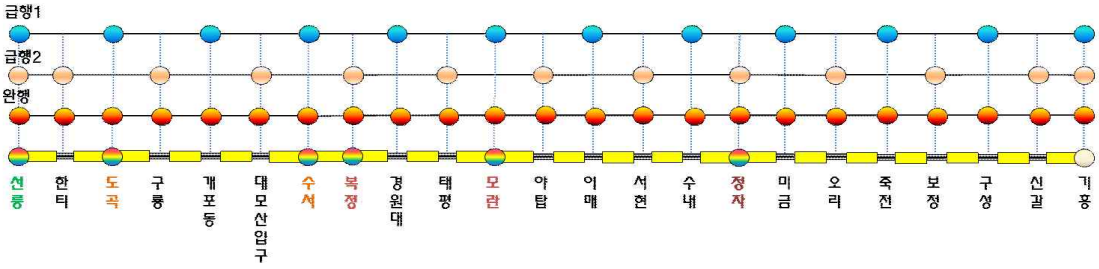
라) 기대효과

■ 시간단축 효과 20% 이상 기대

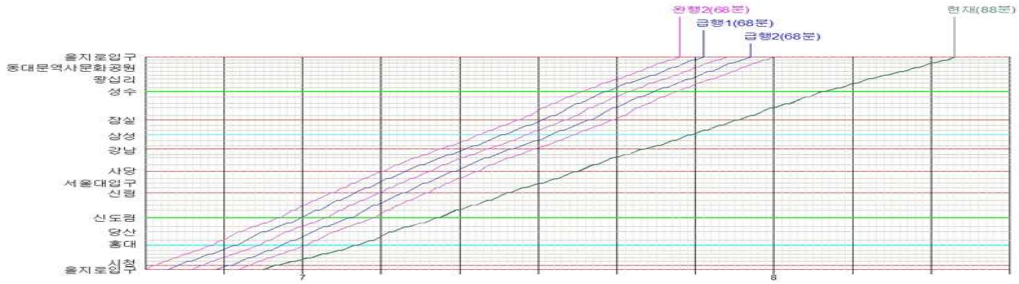
마) 검토결과

■ 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차를 완행으로 하고, 기존전동차를 급행1, 급행2로 하는 스킵-스탑 방식은 승객들에게 혼돈을 줄 수 있음.

■ 환승역 및 승객이 많이 몰리는 역에 대해 급행 정차역으로 선정하고 고성능 전동차를 활용한 급행/완행 운영방안에 대한 연구를 진행.



<예 : 분당선 스킵스탑(급행 2 완행 1) 정차역 개념도>



<2호선 스킵스탑 적용시 운전선도(예시)>

6) 우회도가 큰 노선에 대한 급행화 방안

가) 정의

■ 우회도가 큰 노선 구간을 신규 터널 공사를 통해 직선 노선으로 개량하여 급행화 하는 방안

나) 기술동향 및 분석

■ 과천선의 경우 현재 과천역에서 남태령역까지 노선 연장 4.9 km 의 우회 노선으로 건설되어있으나 두 역을 직선으로 잇는 3.5 km의 터널을 시공할 경우 기존의 소요시간 약 10분을 4분으로 단축 가능

■ 7호선의 경우 현재 신대방삼거리역에서 남성역까지 노선 연장 5 km 의 우회 노선으로 건설되어있으나 두 역을 직선으로 잇는 4 km의 터널을 시공할 경우 기존의 소요시간 약 10분을 4분으로 단축 가능

■ 신규로 시공된 터널은 대피선으로도 활용이 가능하여 다양한 완·급행 운행 방안 제공 가능

다) 주요 핵심 기술

■ 두 터널의 지중 병합시 안정적 시공을 위한 검토 방법 및 공법 개발

■ 공사 중 지상 구조물의 사용성 저하 방지 및 교통방해 최소화 기술 개발

라) 기대효과

■ 직선화 구간 시간단축 효과 50% 이상 기대

마) 검토결과

■ 해당 구간이 너무 짧고, 시간단축 효과 및 승객 편의보다 인프라 개조 비용이 과다 소요되어 급행/완행 운행방안에는 적합하지 않음



7) 기존 터널 복층구조의 급행화 방안

가) 정의

■ 서울시 지하철2호선의 경우 기존 박스 및 터널형 지하구간에 2층구조로 개조하여 1층은 기존 전동차 운행, 2층은 PRT 등으로 운행하여 승객의 이동 편의성을 제공하며, 기존 역과 역 사이에 PRT 역을 약 200m 간격으로 설치함으로서 원하는 목적지 근처까지 승객을 이동시킬 수 있는 방안

나) 기술동향 및 분석

■ 스페인 바르셀로나 9호선 전동차는 지하구간 터널 복층구조로 되어있음 (상행/하행 개념)

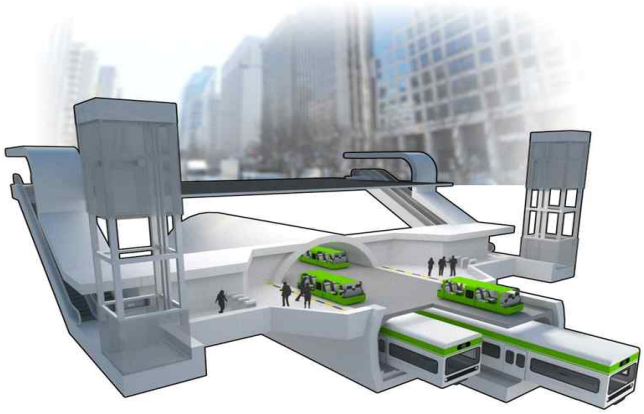
다) 주요 핵심 기술

■ 노후된 터널에 대한 2층 개량방안 검토

■ 기존 전동차 높이 최소화 방안 검토(급전시스템 변경 등)

라) 기대효과

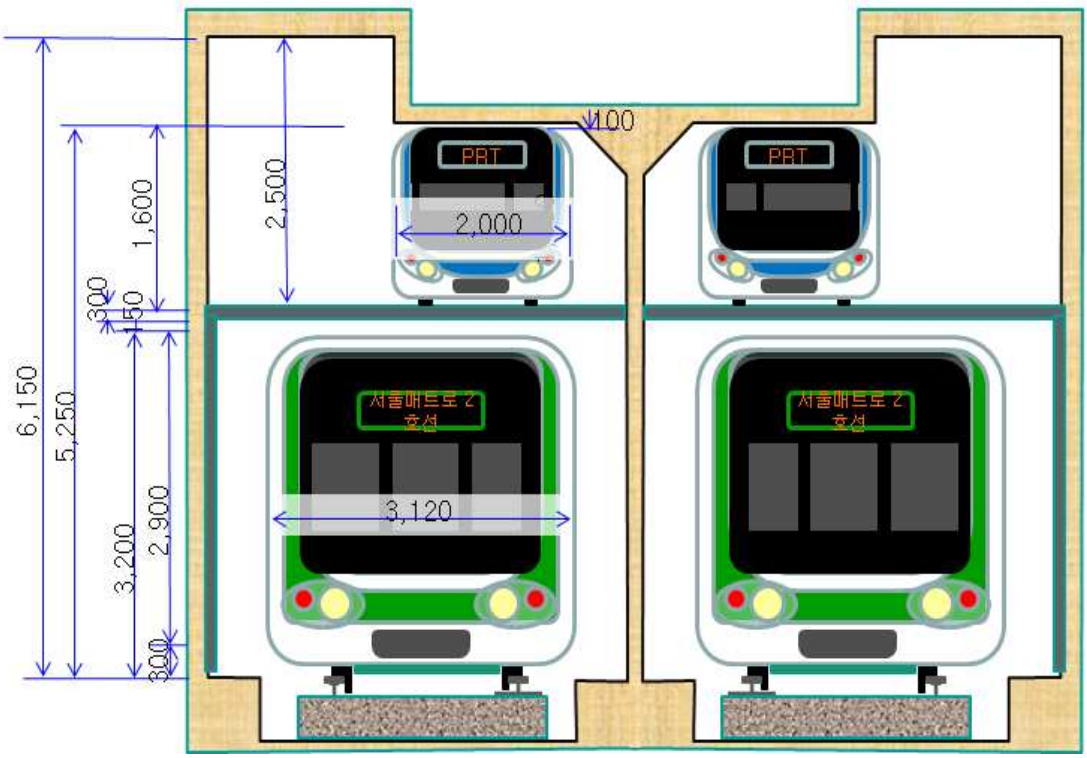
■ 승객 편의성 향상



마) 검토결과

■ 아래 그림과 같이 2호선 개착식 박스의 경우 PRT 차량 높이가 1,600mm밖에 확보되지 않아 공간 협소로 운행 불가함

■ 운행 중인 노선을 2층으로 개량하기에는 운행 중단으로 인한 승객 불편, 개량비용 과다 등 여러 가지 문제가 있어 급행/완행 운행방안에는 부적합함.



8) 버스와 평면환승이 가능한 급행화 방안

가) 정의

■ 지상에서 운행되는 노선의 역사 개조를 통해 인접 도로에서 운행하는 대중교통 수단과의 환승 편의성과 시간 단축을 추진하는 방안(방안 1)

■ 경인선(동인천~구로) 구간이 대표적인 대상 구간이며, 이 경우 현재 급행, 완행 운행을 하므로, 급행을 초 급행으로 하고, 완행을 급행으로 하며, 추가로 완행 대피선과 승강장 건설 하는 방안(방안 2)도 있음. 이 경우 완행 구간은 다관절 열차 투입.

나) 기술동향 및 분석

■ 국내외 서로 다른 도시철도 노선 간 평면 환승 사례가 있음(홍콩 Yau Tong역, Tiu Keng Leng역, 도쿄 아카사카미츠케역, 대한민국 금정역, 김포공항역)

다) 주요 핵심 기술

■ 기존 정거장에 평면환승 가능한 대피선 및 승강장 설치 기술 검토

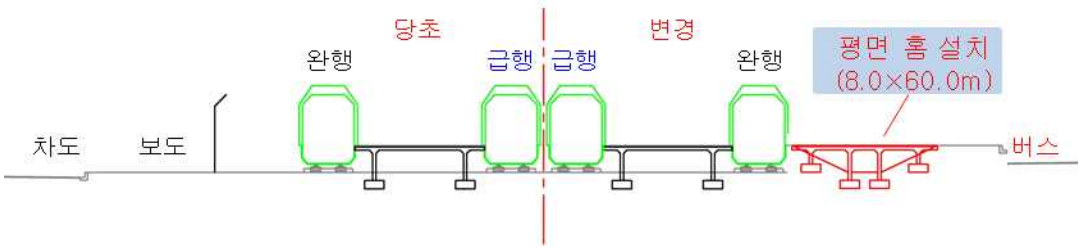
■ 급곡선 주행이 가능한 완행 다관절열차 투입을 위한 분기기 기술 검토

■ 수요 분석 및 지리적 분석을 통한 대피역 선정 및 운행 방안 설정 기술 검토

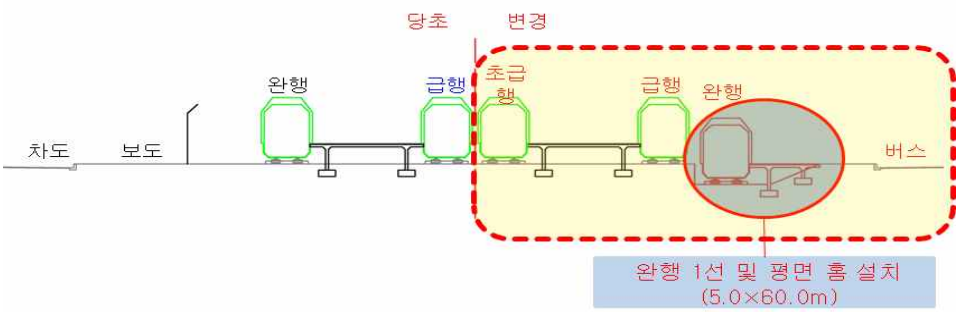
라) 기대효과

■ 완행을 이용한 승객의 버스로 환승 편의성 향상 및 시간 단축

■ 전체 출퇴근 시간 감소를 통한 대중교통 수송 분담률 증가



<방안 1>



<방안 2>

마) 검토결과

■ 완행을 타고 내린 승객이 반대쪽으로 가는 급행을 타기위해서는 지상 또는 지하계단을 이용하여야 하기 때문에 환승 거리가 길어 승객불편 발생됨

■ 완행과 버스가 평면환승하게 하기 위해서는 별도의 인프라가 필요하며, 대부분 정거장 측면에는 공간 부족으로 여유가 없는 상태임

■ 해당 전 노선에 대해 평면환승을 위한 인프라가 설치되어야 효과가 발생되기 때문에 급행/완행 운영방안에는 적합하지 않음

다. 세부과제별 기술 정의

세부기술 검토를 통해 도출된 세부과제 및 기술은 다음과 같다.

1) 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발

가) 고성능 전동차 핵심기술 연구

■ 가감속도 성능향상 연구(기존 3.0/4.86km/h/s→최대 6.0/4.86km/h/s)
■ 가속도 향상에 따른 져크제어 연구
■ 고정밀 정위치 정차제어 연구(±350mm→±100mm)
■ 광폭 출입문에 의한 승하차 시간단축 연구(1,300mm→최대 1,800mm)
■ 고성능 전동차 요구조건 연구

나) 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안

■ Y 분기선 및 주박선에 완행 대피를 통한 급행/완행 운행방안 연구
■ 기존 부본선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구
■ 고성능 전동차를 완행, 기존 전동차를 급행으로 운행하는 방안 연구
■ 기존 전동차로 급행/완행 운행하는 방안 연구
■ Y대피선 상행 또는 하행으로 개량하는 방안 연구

다) 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

■ 여유승강장의 활용을 통한 대피선 설치를 위한 특수분기기 개발 연구
■ NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안 연구
■ 고성능 전동차를 완행, 기존 전동차를 급행으로 운행하는 방안 연구

라) 급행화 방안 종합 검토

■ 서울시 지하철 2호선
■ 인천시 지하철 1호선

2) 고성능 전동차 기술개발

가) 차량 시스템 설계 및 제작

■ 경량화 된 견인전동기 및 인버터 설계 및 제작
■ 정밀 추진제어 시스템 최적화
■ 주행 장치 성능 개선을 위한 설계 및 제작

나) 차량 시스템 개조

■ 차세대 전동차(3M3T)를 4M으로 개조 설계 및 제작

다) 열차 성능시험

■ 가감속도 시험
■ 져크시험
■ 정위치 정차 시험
■ 최고 운행속도 시험
■ 주행 안전성 시험

라. 세부과제별 기술 내용

1) 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발

가) 고성능 전동차 핵심기술 연구

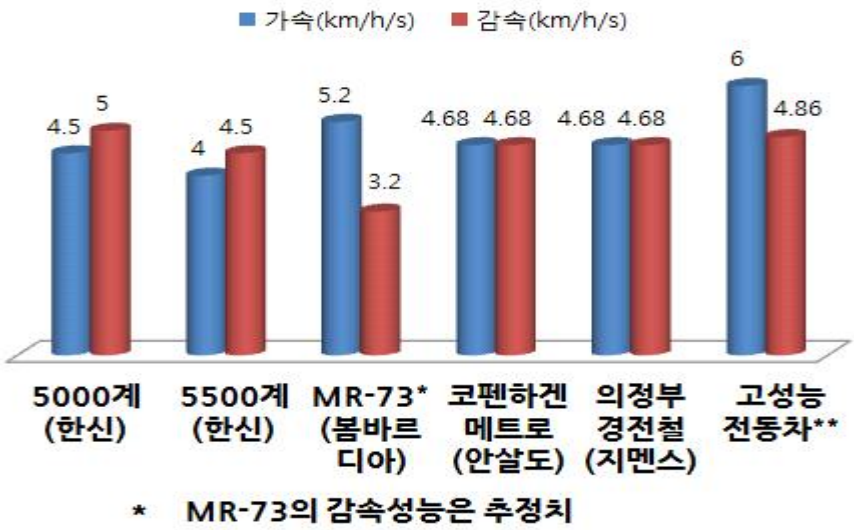
■ 가감속도 성능향상 연구

○ 요소 기술

- 국내외 도시철도차량 가감속도 및 현황 조사
- 가속도 6.0km/h/s를 내기 위한 열차 편성 방안 분석
- 가속도 6.0km/h/s를 내기 위한 핵심 부품 요구조건 분석
- 전동기 요구 토크량 산출 및 최대 토크를 내기 위한 전동기 기본설계
- 최대 가속도시 승객 관성 및 승차감 연구
- 가감속도가 높은 대중 버스 승객 관성 및 승차감 측정 비교
- 가속도 6.0km/h/s에서의 진동저감 방안 연구
- 최대 감속도 4.86km/h/s를 내기위한 요구조건 분석
- 완전 전기제동으로 요구 감속도를 내기위한 수치 해석

- 요구 감속도를 내기위한 제동 보완 방안 연구

○ 국내외 도시철도차량 가감속도 및 현황



○ 가속도 6.0km/h/s를 구현하기 위한 요구조건 검토

- 고성능 전동차 가속도 6.0km/h/s 성능을 내기 위한 기본조건으로는 서울메트로 2호선으로부터 제시되고 있는 다음과 같은 조건들을 기본으로 검토하였다.

- 열차편성 및 정원

* 10량 편성: Tc - M1 - M2 - T1 - M2 - T2 - T1 - M1 - M2 - Tc

* 승객 정원 : Tc : 148명(좌석 : 48명, 입석 : 100명)
M1, M2, T1, T2 : 160명(좌석 : 54명, 입석 : 106명)

- 차량 중량

* 자중(ton) : Tc = 35.5, M1 = 34.7, M2 = 36.3, T1 = 29.7 T2 = 33.9

* 하중(ton): 20ton/량

구 분	차종	공차중량[ton]	하중[ton]	총중량[ton]
중량	Tc 차	35.5 * 2량 = 71	20 * 2량 = 40	111
	T1 차	29.7 * 2량 = 59.4	20 * 2량 = 40	99.4
	T2 차	33.9 * 1량 = 33.9	20 * 1량 = 20	53.9
	M1 차	34.7 * 2량 = 69.4	20 * 2량 = 40	109.4
	M2 차	36.3 * 3량 = 108.9	20 * 3량 = 60	168.9
계	T 차	164.3	100	264.3
	M 차	178.3	100	278.3
	합	342.6	200	542.6

* 관성 계수 : M CAR : 14%, T CAR : 6%

- 열차성능

* 가속도 : 3.0km/h/s → 6.0km/h/s

* 표정속도

일반 도시철도 : 35[km/h]

고속 급행전동차 적용 시 : 44[km/h]를 기본으로 계산한다.

* 주행 저항

지상 : $R = 1.177 + 0.0125V + 0.000134V^2$ [Kg/ton]

$R = (1.65 + 0.0247V)*Wm + (0.78 + 0.0028V)*Wt + [\ 0.028 + 0.0078(n-1)]V^2$ [Kg]

지하 : $R = 1.867 + 0.0359 + 0.000745V^2$ [Kg/ton]

여기서, V : 열차표정속도 [Km/h]

n : 편성당 차량수

Wm : M차 총중량 [ton]

Wt : T차 총중량 [ton]

○ 전동기 용량 검토

- 고성능 전동차 적용에 따라 표정속도는 기존 일반 도시철도 구간 35km/h/s보다 큰 44km/h/s에 해당하므로 표정속도 증가에 따라 전동기 용량이 증가한다. 따라서 기존 표정속도 35km/h/s 고려 시 전동기는 210kW 용량을 적용하는데, 표정속도가 44km/h/s로 증가함에 따라 전동기 용량은 250kW가 필요하게 된다.

- 기존 가속도 3.0km/h/s을 6.0km/h/s로 증가시키기 위해서는 10량 편성의 경우 5M을 10M으로 증가시켜 가속도를 높일 수 있다. 이때 M카의 수를 줄이기 위해서는 기존 유도전동기 1C4M 제어방식(점착력 18%) 대신 직접구동전동기 1C1M 제어방식(점착력 23%)를 적용함으로서 줄일 수 있다. 그 결과 9M1T가 가능하다.

○ 요구 가속도 6.0km/h/s를 만족시키는 M카수 검토

- Fm은 미끄럼 없이 기동할 수 있는 최대 견인력이고 Fte는 요구 가속도 6.0km/h/s을 만족하기 위한 요구 견인력이다. 즉, 아래 그림과 같이 Fm의 힘이 Fte의 힘보다 커야 미끄러짐 없이 전동차를 견인할 수 있다.



< 미끄러짐 없이 기동할 수 있는 견인력 >

- 최대 기동 견인력 계산 : 기존 1C4M 제어방식의 점착계수는 18%이고, 1C1M 제어방식의 점착계수 23%이다.

* 1C4M의 경우 : 10량 편성으로 표정속도 44km/h/s 및 가속도 6.0km/h/s을 만족하고 Fm>Fte에 해당하는 차량 편성은 모든 차량을 M카로 하는 10M임

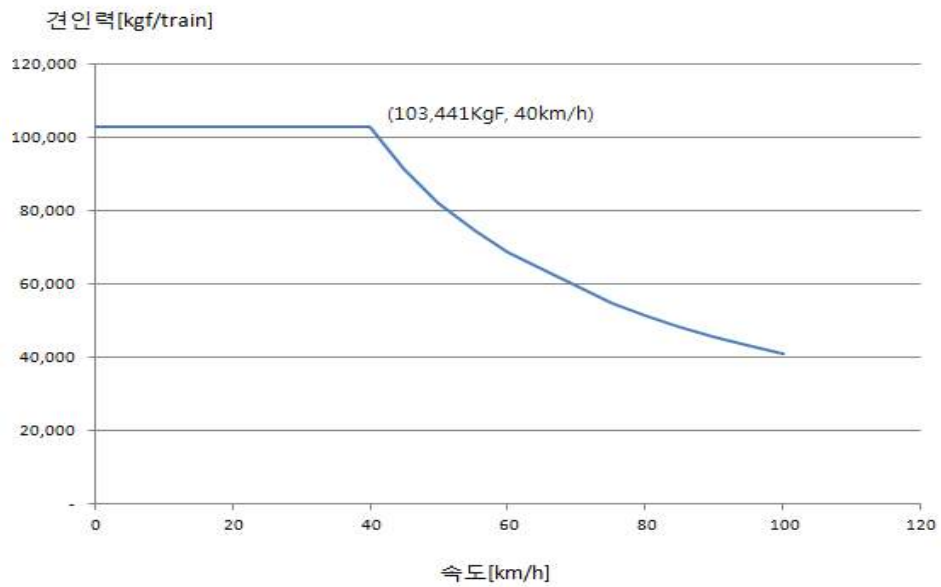
* 1C1M의 경우 : 10량 편성으로 표정속도 44km/h/s 및 가속도 6.0km/h/s을 만족하고 Fm>Fte에 해당하는 차량 편성은 8M2T, 9M1T, 10M의 경우임. 8M2T는 여유 율이 약 8%가 있으나, 구배 및 곡선저항까지 고려서 여유 율이 적어 가속도 6.0km/h/s의 성능을 내지 못할 것으로 판단됨. 따라서 최소 9M1T의 차량편성이 되어야 함. 그러나 차량 양산시 제작성 및 유지보수를 고려하면 10M이 되어야 함.

1C4M (점착계수 : 0.18)의 경우, 최대 기동 견인력

편성	모터수	Fm(kgf)	Fte(kgf)	여유율(%)
5M5T	20	54,587	98,219	
6M4T	24	65,505	101,386	
7M3T	28	76,422	101,900	
8M2T	32	87,339	102,413	
9M1T	36	98,257	102,927	
10M	40	109,174	103,441	5.25

1C1M (점착계수 : 0.23)의 경우, 최대 기동 견인력

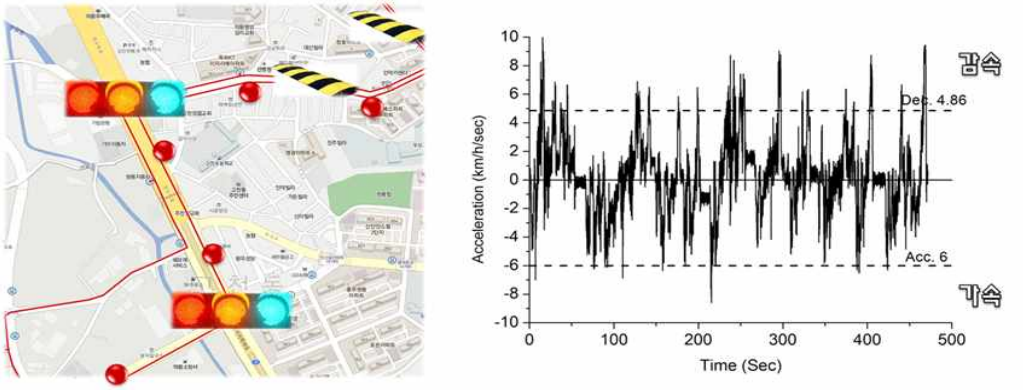
편성	모터수	Fm(kgf)	Fte(kgf)	여유율(%)
5M5T	20	69,750	100,872	
6M4T	24	83,700	101,386	
7M3T	28	97,650	101,900	
8M2T	32	111,600	102,413	8.23
9M1T	36	125,550	102,927	18.02
10M	40	139,501	103,441	25.85



< 고성능 전동차 (1편성 10M조건) 견인력 특성 곡선 >

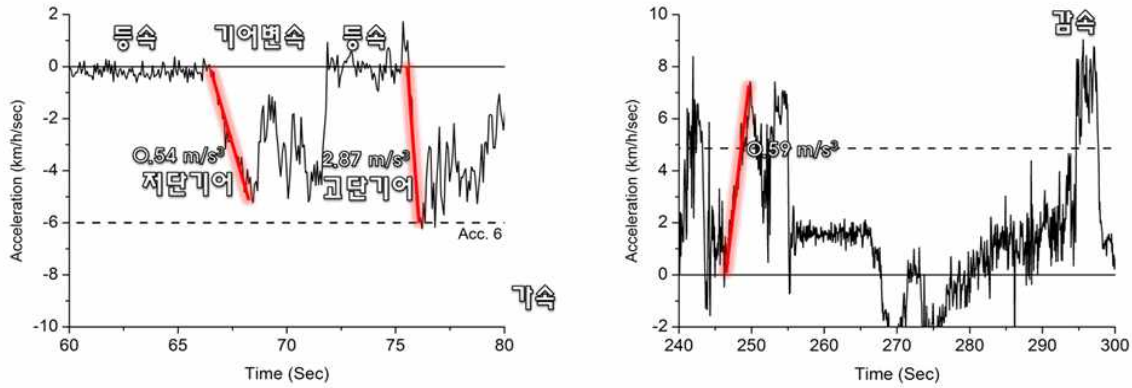
○ 버스 가속/감속 성능 측정

- 현재 운행 중인 버스의 가속 및 감속을 측정하여 급행화를 위해 목표로 삼고 있는 고성능 전동차의 가속 및 감속 성능의 타당성을 비교 검토
- 버스 노선은 교차로, 신호등, 과속 방지턱 등 운행 중에 가속 및 감속을 해야 하는 상황이 빈번히 발생
- 가속 및 감속도 측정 결과 높은 빈도로 급행화를 위한 고성능 전동차의 목표 가속, 감속 성능인 4.86 km/h/s 과 6 km/h/s을 초과하거나 근접함



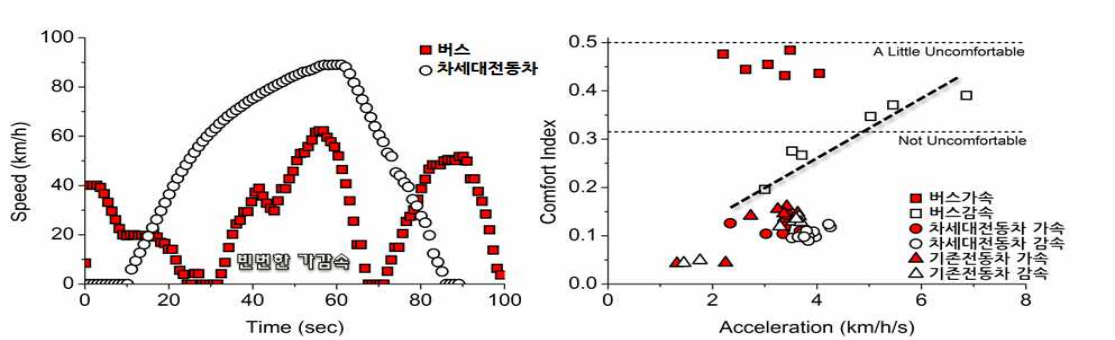
<버스의 운행에 영향을 주는 교통 상황 및 가감속 측정결과>

- 가속 시 변속 기어의 조작으로 가속도의 변화가 높은 빈도로 발생이로 인한 저크의 발생도 빈번하며, 버스 가속/감속 성능 측정결과 전동차 저크기준 (0.8 m/s3) 보다 월등히 큼 (최대 2.87 m/s3)
- 도로 교통 상황에 따라 정류장이 아닌 곳에서 감속해야하는 경우가 빈번히 발생하며, 돌발 상황으로 인한 급정거로 저크의 발생 빈도가 높음.
- 버스의 현재 가감속 현황을 고려해 봤을 때 급행화를 위한 고성능 전동차의 목표 가감속 성능은 비현실적인 목표는 아니나 정밀 측정을 통한 연구가 필요함.



<버스의 가감속 구간 저크>

- ISO 2631을 기준으로 버스, 차세대 전동차 및 기존 전동차의 속도 프로파일 및 승차감을 측정한 결과 가감속 크기보다 제어기술의 확보가 중요하며, 승차감을 확보하기 위한 저크제어 기술의 개발이 필요함.



<버스와 차세대 전동차의 속도 프로파일과 승차감 비교>

■ 가속도 향상에 따른 저크제어 연구

○ 요소 기술

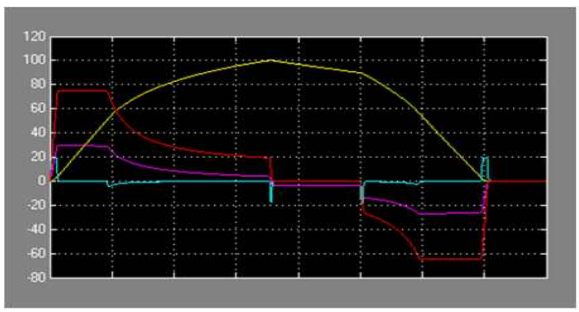
- 국내외 도시철도차량 저크제어 현황 조사
- 축소형 시험장치 활용한 가감속도에 따른 저크시험
- 열차 출발 시 최대가속도에 의한 저크 제어 알고리즘 연구
- 열차 편성에 따른 모든 차량 일정 제동력 유지 방안 연구
- Flywheel 관성체를 통한 가감속도 변화 시험
- 가속도 3.0/6.0 을 통한 저크시험 (시험모드 : 가속, 타행, 감속 시)

○ 저크제어 필요성 검토

- 가감속도와 전동기 토크는 밀접한 관계가 있다. 일반적으로

* 견인전동기 토크 = 가속도
* 토크 값의 변화 = 저크의 관계가 있다.

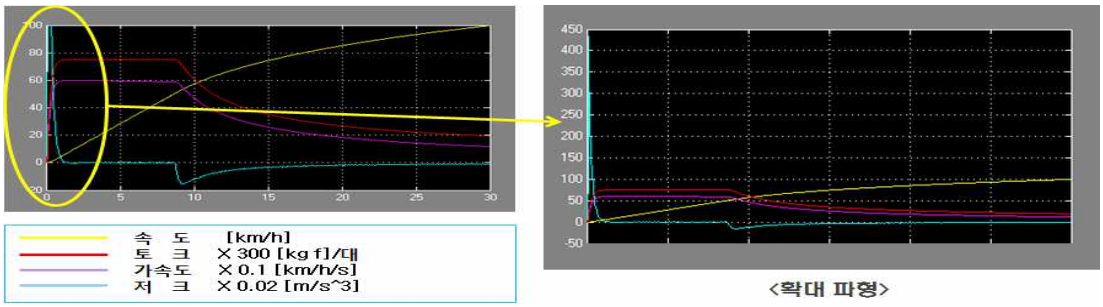
→ 따라서 저크에 제한을 두기 위해서는 토크의 시간에 대한 변화량에 제한을 두어야 하며 이로 인해 승차감 및 이동 시간에 차이가 발생한다. 따라서 이에 관한 심도 있는 연구가 필요하다.





- 아래는 저크제어가 있는 경우와 없는 경우의 저크 기준 값 초과 여부를 시뮬레이션을 통해 비교한 것이다.

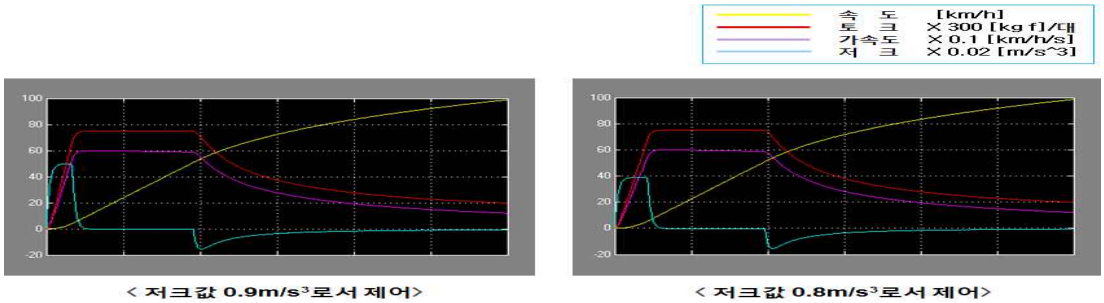
* 조건 : 10량1편성(10M), 가속도 6.0km/h/s
* 결과 : 450 x 0.02 = 9m/s3 (기준 값 초과)



<확대 파형>

- 저크 값 설정에 따른 제어 (저크 0.9/0.8)

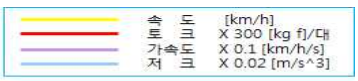
* 조건: 10량1편성(10M), 가속도 6.0km/h/s
* 결과: PI제어를 통한 저크 기준 값 이하로 만족



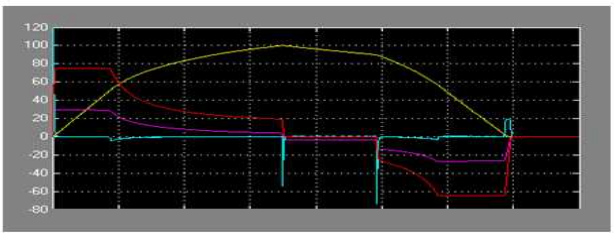
< 저크값 0.9m/s³로서 제어>

< 저크값 0.8m/s³로서 제어>

- 5M5T, 가/감속도 3.0/3.5km/h/s, 거리 2.5km 주행



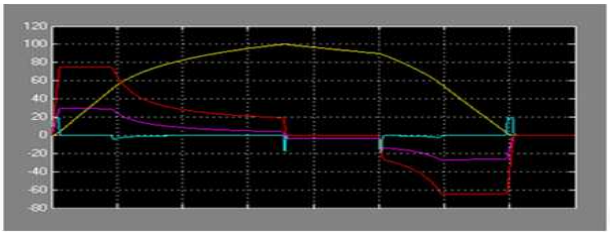
- **저크제어 없는 경우**
- **결과 : 131.656sec**



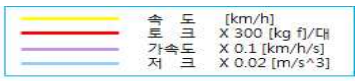
- **저크제어 있는 경우**
- **결과 : 133.368sec**

(1.7초 초과)

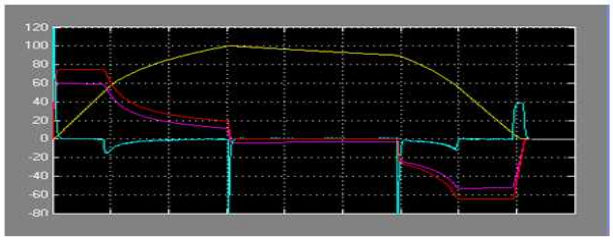
(0.425초/저크제어)



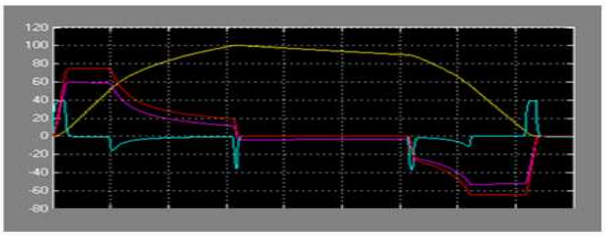
- 10M, 가/감속도 6.0/4.86m/h/s, 거리 2.5km 주행



▪ 저크제어 없는 경우
▪ 결과 : 112.95sec



▪ 저크제어 있는 경우
▪ 결과 : 115.226sec
(2.276초 초과)
(0.569초/저크제어)

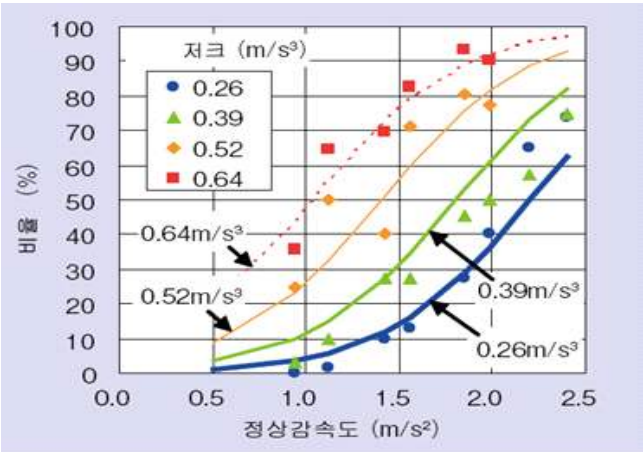


▪시험결과 : 18.142초
[가속도 3.0 : 133.368초]
[가속도 6.0 : 115.226초]

○ 제동 시 감속도별 승차감 시험결과(일본사례)

- 일본 고가감속도 열차 현황(가속, 감속)
  * 한신 5000계(4.5km/h/s, 5.0km/h/s),
  * 한신 5500계(4.0km/h/s, 4.5km/h/s)
  * 도쿄 중앙선(3.0km/h/s, 4.7km/h/s)

- 일본 RTRI에서 제동 시 감속도와 저크에 따른 승차감을 자세 유지 비율을 기준으로 분석한 결과 승차감 불만족도는 감속도와 저크에 지수적으로 증가함.



<감속도, 저크에 따른 승차감 불만족도>

- 따라서 높은 감속도에서도 저크를 제한하여 승차감 확보 가능

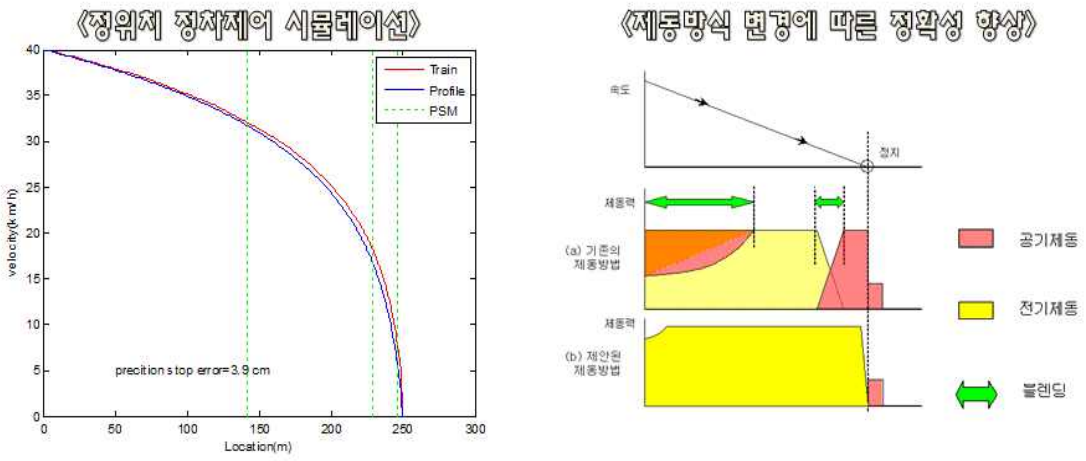
■ 고정밀 정위치 정차제어 연구(±350mm→±100mm)

○ 요소 기술

- 국내외 광역·도시철도차량 정위치 정차 현황 조사
- 국내외 광역·도시철도차량 스크린 도어 현황 조사
- 저크제어에 의한 정위치 정차 제어 영향 연구
- 공기제동 응답속도 개선방안 연구
- 기존 정위치 정차를 위해 일정거리별로 배치된 PSM(Precision Stop Marker) 개선방안 연구
- 편성(M, T, TC 등의 배치)에 따른 정위치 정차 제어 영향 연구
- 객체지향모델링 등 열차 상세 모델링 형성에 대한 연구
- 신호시스템과 제동 시스템과의 인터페이스 연구
- 역별 구배 차이, 시간별 승객 하중 차이 등 외란에 강인한 제어방법연구
- 제동기 노후화에 따른 제동력 저하에 강인한 제어 방법 연구
- 하이브리드 제어기법을 적용한 실시간 상태제어 알고리즘 연구

○ 정위치 정차제어의 목적과 특징

- 광폭도어 적용 시 스크린도어와의 간섭을 방지하기 위하여 현재 오차 기준 ±35cm에서 목표 기준을 ±10cm으로 조정.
- 모델 추종 방식의 제어, 모델의 기준 값이 위치에 대한 함수
- 정위치 정차제어는 알고리즘과 구현의 양방향 접근이 필요하며, 정확한 모델링과 적절한 제어 알고리즘 적용이 필요함 (객체지향모델링, 슬라이딩모드제어)



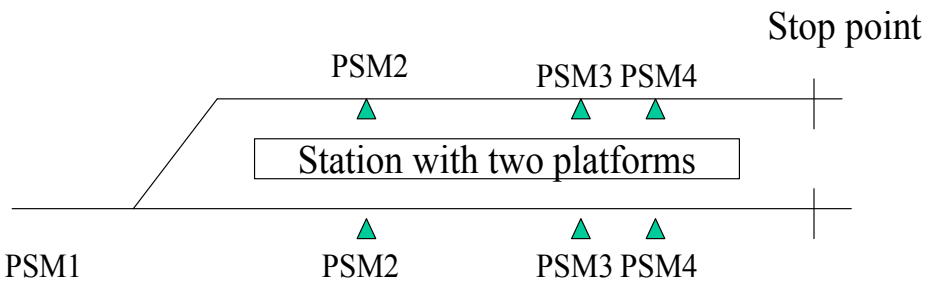
< 정위치 정차제어 시뮬레이션과 제동방식 변경에 따른 정확성 향상 >

○ 정위치 정차제어기 설계 시 고려사항

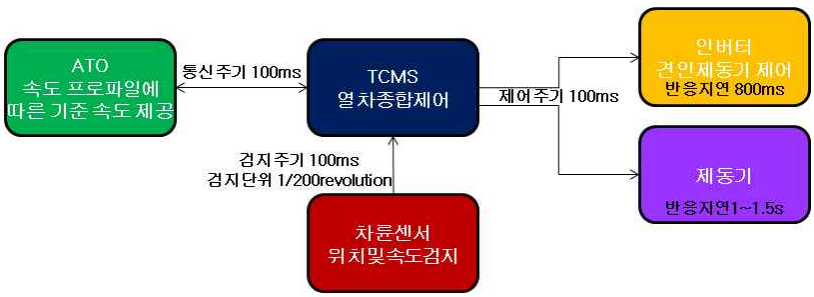
- ATO, TCMS에 의한 이산 시간 디지털 방식 제어 : ATO에서 속도코드를 받아 TCMS에 전달하면 TCMS는 이러한 코드 값과 속도 프로파일에 따른 정차지점까지 잔여 거리에 해당하는 속도를 가지고 목표속도를 맞추기 위해 전동기, 제동기를 제어한다. 이 때, 제어 입력은 연속적으로 나오는 것이 아니라 100ms의 주기를 가지고 나오게 되므로 제어기 시뮬레이션 시에도 이러한 사항을 고려하여야 한다. 본 시뮬레이터에서는 시스템 동작은 연속시간으로, 제어기 동작은 이산시간으로 구분하여 설계함으로써 이러한 사항을 고려하였다.

- 위치, 속도의 이산 시간 검지 및 양자화 오류 : 제어기의 핵심 두 가지는 control과 observation이다. 이 중 observation에 해당하는 상태의 파악은 차륜센서를 메인 검지장치로, 도플러레이더를 보조 검지장치로 수행한다. 차륜 센서도 TCMS와 마찬가지로 연속시간으로 검지하는 것이 아니라 100ms의 주기를 가지고 검지하게 된다. 이 때, 차륜 1회전 당 200개의 펄스가 발생하는데 이 펄스의 수를 셈으로써 이동 거리 및 속도를 검지한다. 따라서 양자화 오류가 발생하고 이 값은 저속에서 더 큰 값을 갖는다. 이 밖에도 차륜의 삭정에 의한 실제 차륜 크기와 보정한 차륜 크기 값의 차이에 의해 발생하는 오차와 미끄러짐에 의한 오차가 발생한다.

- PSM : 위와 같이 위치, 속도의 검지에 오차가 많이 발생하므로 PSM(Precision Stop Marker)를 두어서 정확한 위치를 판별하게 된다 (아래 그림 참조). 545m에 있는 PSM4를 지난 후 정위치 정차 제어 프로파일을 추종하게 되며 108.5m, 21m, 3.5m에 있는 PSM3~PSM1을 지날 때마다 정확한 위치를 알게 되어 차륜센서 등에 의한 위치 검지 오차를 보정하게 된다. 따라서 시뮬레이터 설계 시에도 이에 대한 사항을 고려하여야 한다.

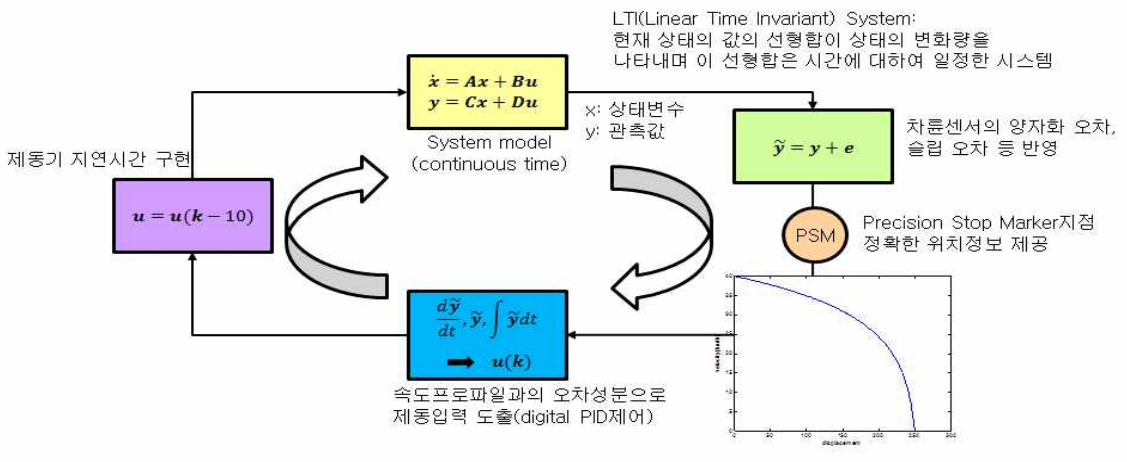


- 인버터 및 제동기의 반응 지연 시간 : TCMS에서 제동 명령을 발행하면 인버터에 역행을 차단하는 명령과 제동기에 제동 압을 전달하는 명령이 제동제어장치를 통해 발행된다. 이 때, 인버터, 제동기는 전자회로뿐만 아니라, 전기회로, 기계 부품 등이 복합적으로 얽혀 있으므로 즉각적인 응답이 나오지 않는다. 보통, 인버터 역행 차단 시간은 약 800ms, 제동기 명령 후 제동 압이 나오는 시간은 약 1~1.5초 정도 소요된다고 한다. 이 값은 정차제어를 수행하는데 있어서 악영향을 주는 값이며 제어기 설계 시에도 고려되어야 하는 사항이다.
- 위와 같이 정위치 정차제어의 구성 요소 및 동작 절차에 따라 고려해야 하는 요소를 정리하였으며 이를 아래 그림에 나타내었다.



○ 열차 시뮬레이터 설계

- 앞서 고려한 사항들을 가지고 시뮬레이터를 설계하였다. 설계한 시뮬레이터의 동작을 아래 그림으로 도식화하였다. 다음은 각 단계 별 설명이다.



- 시스템 모델 : 먼저 시스템 모델은 위의 그림에서 제시한 선형 모

델을 참조로 하였다. 이 선형 모델은 state space로 기술되어 있는데 A, B, C, D의 4개의 행렬로 현재 상태에서 다음 상태로 전이되는 조건과 관측 조건을 기술한 것이다. MATLAB의 ss 명령을 통해 A, B, C, D로 기술된 값을 하나의 시스템으로 구체화 할 수 있다. 이렇게 구체화 된 시스템은 lsim 명령을 통해 시간대 별 입력에 따른 상태의 변화와 출력을 얻을 수 있다. ss와 lsim을 가지고 연속시간에서의 선형 시스템의 응답을 시뮬레이션 할 수 있는데 여기에서는 이산 시간에서의 응답을 구해야 한다. 이를 위해 lsim은 100ms 단위로만 수행하고 lsim의 구동을 외부에서 수행함으로써 이산 시간 제어 동작을 구현하였다. 이 때 lsim내부에서의 제어 입력은 동일한 입력 값이 들어간다.

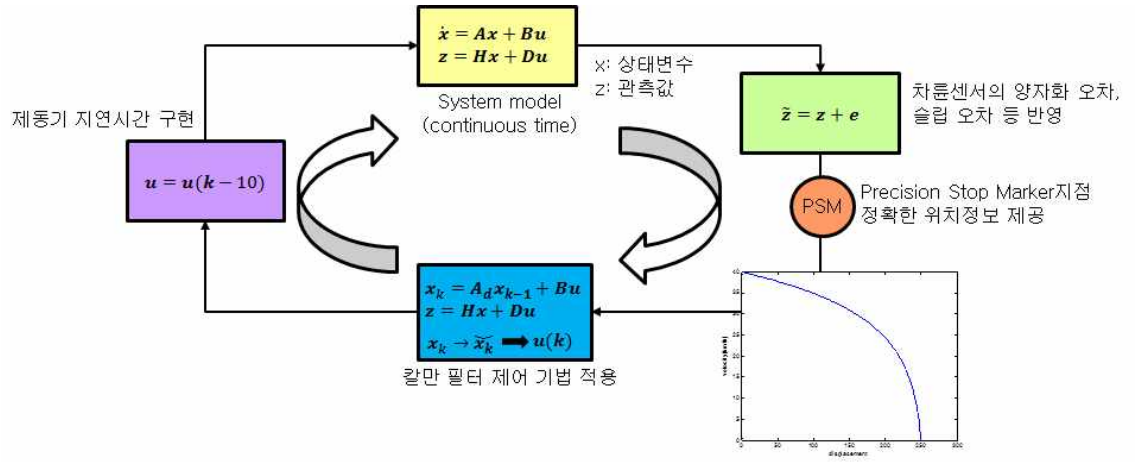
- 관찰 값 : 일반적으로 선형 시스템 모델에서 발생하는 출력 값은 관찰 관계식 y=Cx+D 을 통해 관찰되는데 본 시뮬레이터에서는 이산 시간 검지 및 양자화라는 비선형성을 반영하기 위하여 시스템 모델에서의 상태 변수를 그대로 받아서 비선형 오차를 인가하는 방법을 사용하였다. 즉, 이동 거리의 값을 200pulse/resolution으로 양자화 하고 이 값을 샘플링하여 위치와 속도를 구하는 방식을 사용하였다. 여기에 차륜 마모와 슬립 등에 의한 오차도 감안하였으며 이 오차는 가우시안 분포를 가정하였다. 또한, PSM을 지날 때에는 정확한 위치를 알게 되므로 이 때 추정한 위치와의 차이를 피드백으로 주어서 위치 오차에 대하여 제어기가 보상할 수 있도록 하였다.

○ 제어기 개요

- 앞에서 기술한 정위치 정차제어의 기술현황과 문제점을 기준으로 적합한 제어기를 고른다면 칼만 필터가 될 것이다. 이는 이산 시간에서 검지 및 제어가 이루어진다는 점, 제동이 즉각적으로 이루어지지 않으므로 다음 상태에 대한 예측이 필요하다는 점을 고려한 것이다. 또한, 위치 및 속도 검지에서 발생하는 양자화 오차 등을 오차 수준에 비추어서 상태를 갱신할 수 있다는 장점도 있다. 칼만 필터를 이용한 제어 및 시뮬레이션 개념을 아래 그림에 나타내었다.

- 아래 그림을 보면 위 그림과 동일한 제어 및 시뮬레이션 구성에서 제어기만 PID에서 칼만 필터로 변경한 것을 알 수 있다. 칼만 필터를 이용하여 이전 상태로부터 추정한 상태와 검지된 값으로 추정한 상태를 오차 수준에 따라 균형된 값으로 추정할 수 있으며 이를 통해 보다 강인한 제어를 수행할 수 있다. 칼만 필터에 대해서는 다음 절에서 설

명한다.



○ 칼만 필터

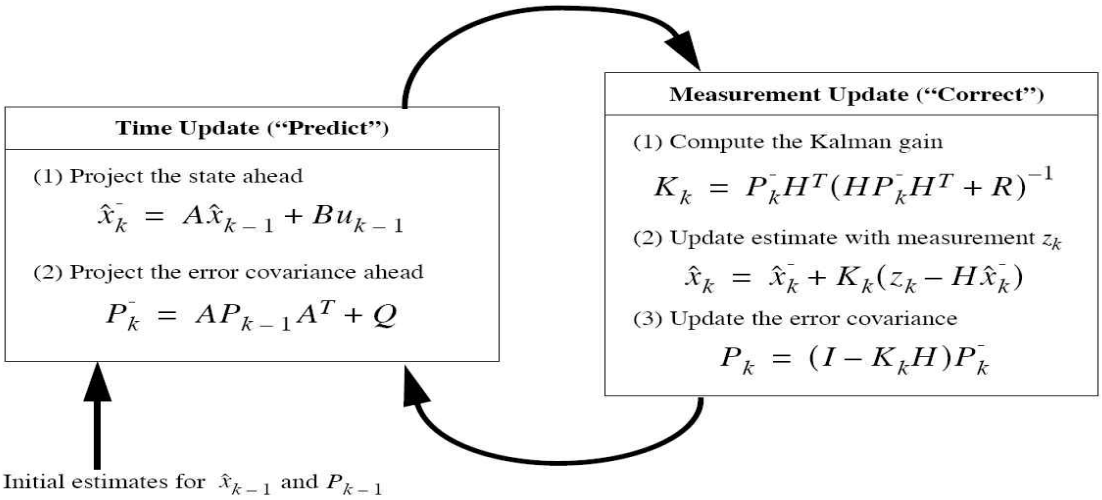
- 칼만 필터는 R. Kalman이 1960년대 초 개발한 필터로 컴퓨터 비전, 로봇, 로켓, 위성, 미사일 등에 많이 이용되는 알고리듬이다. 여기서 필터는 입력에서 필요 없는 것을 걸러내는 역할을 수행하는 것으로써, 신호 처리 분야에서는 측정 데이터에 포함된 노이즈 등을 걸러 내고 원하는 신호나 정보를 골라내는 알고리즘이라고 보면 된다.

- 칼만 필터에서는 과거의 측정데이터와 새로운 측정데이터를 사용하여 데이터에 포함된 노이즈를 필터링하여 새로운 결과를 추정하는 알고리즘으로 일반적으로 선형 시스템에 대하여 적용되며 재귀적 방법으로 동작한다. 즉, 이를 구현 관점에서 살펴보면 다음과 같이 2단계로 나눌 수 있고 이 단계가 번갈아 가면서 재귀적으로 동작하는 것이다.

  * Predict 단계 : 현재의 상태변수 추정치 및 공분산 값으로부터 다음 측정시간에서의 상태변수 추정치 및 공분산을 계산하는 단계. 수치적으로는 시간적분에 해당한다.

  * Update 단계 : 새로운 측정치와 Propagation으로부터 얻어진 상태변수 추정치를 혼합하여 생태변수 추정치를 새롭게 계산하는 단계. 이 단계에서 칼만 게인 K를 최적추정 이론에 따라 계산한다.

- 여기서 공분산은 현재 추정한 상태 변수 자체의 변동 폭과 상태 변수간의 상관관계를 나타내는 지표로써 현재 추정한 상태 변수의 신뢰도를 나타낸다. 칼만 필터의 각 단계에 따른 연산과정은 다음 그림과 같다.

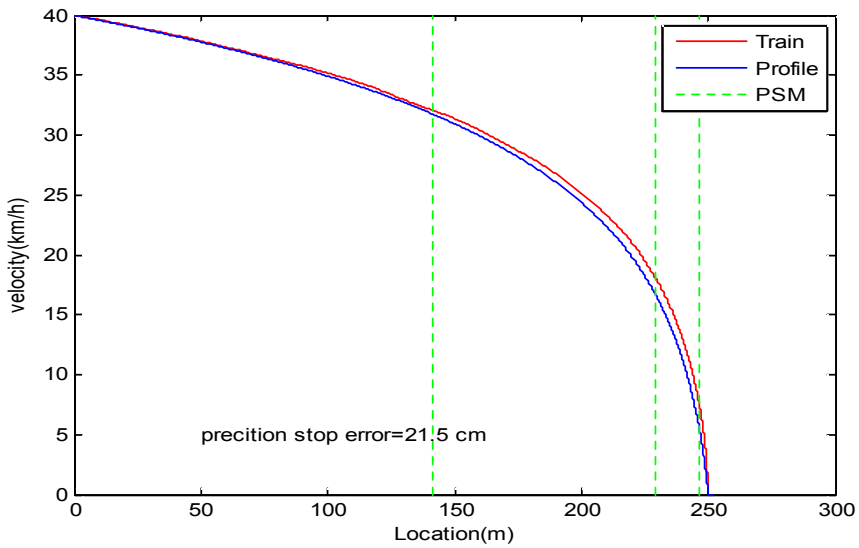


- 칼만 필터는 본래 신호 추정의 목적으로 개발된 것이므로 본 과제와 같이 제어목적으로 사용하기 위해서는 변경이 필요하다. 기존에는 제어를 위해 부과해야 할 입력을 상태 변수로 두고 이를 칼만 필터를 통해서 추정함으로써 제어 입력을 구하는 방법을 제안하였다. 그런데 본 과제에서의 대상 시스템은 상태 변수가 위치, 속도, 가속도로써 하나의 상태변수가 다른 상태변수의 미분 값이 되기 때문에 비교적 간단한 선형 시스템이 되기 때문에 제어 입력으로 상태변수를 삼게 되면 시스템 변수가 복잡해지게 된다. 따라서 여기에서는 Predict 단계와 Update 단계의 순서를 바꾸어 먼저 관측데이터로 상태를 추정 한 후 다음 상태의 상태를 예측 하고 원하는 상태로 바뀌도록 제어입력을 구하도록 칼만 필터를 변경하였다. 이는 상태 전이 식에서 제어 입력만을 선형적으로 나타낼 수 있도록 변경이 가능하기 때문이다. 아래 그림에 칼만 필터 제어에 대한 프로세스 순서를 간략히 나타내었다.



○ 시뮬레이션 결과

- 칼만 필터를 이용한 제어 기법을 사용하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 아래 그림에 나타내었다. 그림에 보인 결과로 보면 정위치 정차오차가 21.5cm로 PI제어 및 PID제어보다 약간 좋은 성능을 나타내지만 노이즈를 변경시켜 가면서 반복 시행 시 오차 수준이 크게 바뀌는 기존에 제어 방식에 비해 칼만 필터는 일정한 오차 크기를 나타내는 경향을 보인다. 이는 스크린 도어와의 간섭 방지 및 승객 편의라는 정위치 정차 제어의 목적에 비추어 볼 때 매우 적합한 특성을 보임을 알 수 있다.



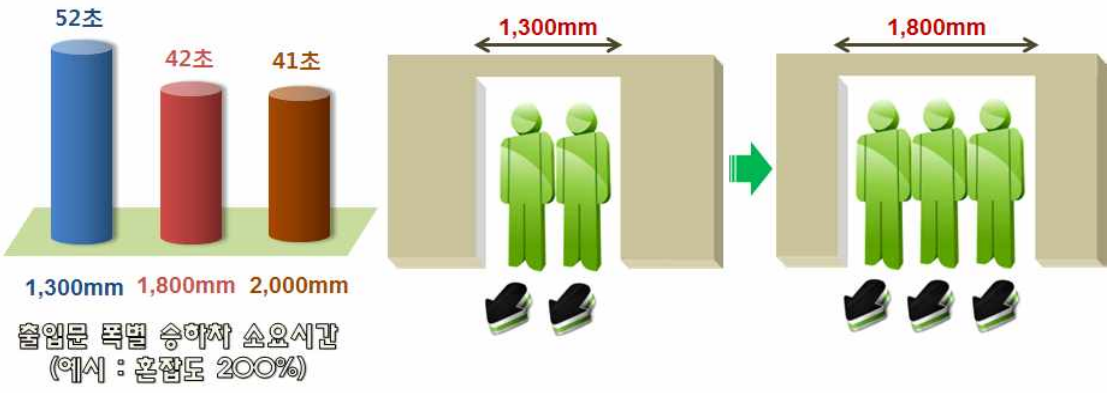
■ 광폭 출입문에 의한 승하차 시간단축 연구 (1,300mm→최대 1,800mm)

○ 요소 기술

- 국내외 광역·도시철도차량 역사 내 정차시간 조사
- 국내외 광역·도시철도차량 피크시간대 혼잡도 조사
- 국내외 광역·도시철도차량 혼잡도에 따른 정차시간 분석
- 출입문 확폭(1.3m→1.8m)에 따른 차체 구조해석
- 출입문 확폭 및 승객 혼잡도에 따른 승하차시간 모의시험 및 분석 (출입문 폭 1.3m, 1.5m, 1.6m, 1.7m, 1.8m 및 승객혼잡도 100%, 150%, 200%)
- 출입문 확폭에 따른 도어시스템 기본설계 (포켓방식, 플러그 방식, 아웃사이드 슬라이딩 방식 등)
- 출입문 확폭에 따른 도어시스템 개폐시간 단축을 위한 연구

○ 승하차 시간단축을 위한 광폭 출입문 적용 검토

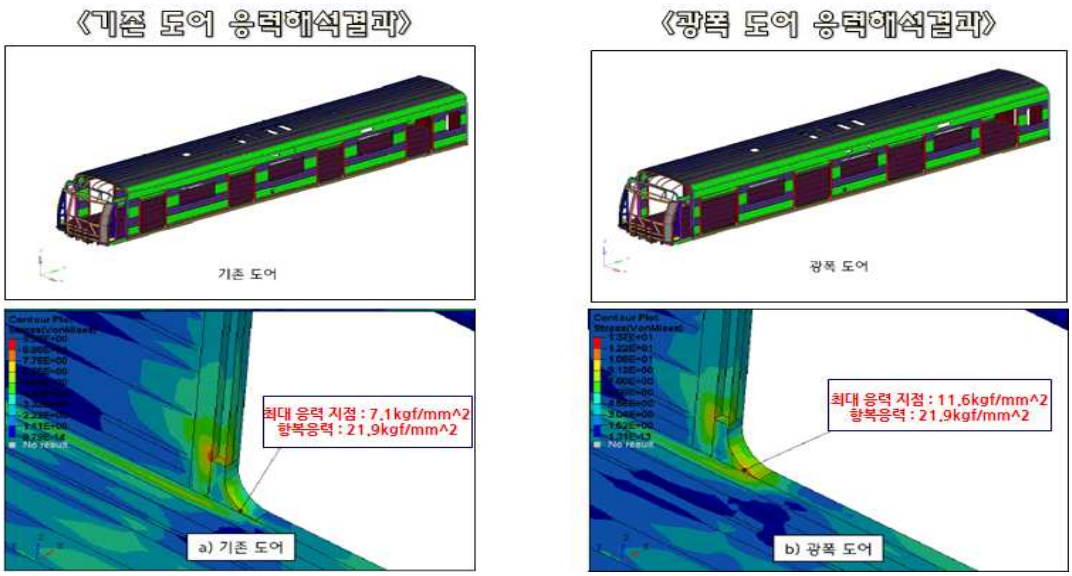
- 광폭 출입문 적용으로 동시 승하차 인원수 증가
  * 기존 출입문 폭 1,300mm → 1,800mm로 상향 적용
  * 용인경전철 경우 출입문 폭 1,900mm, 정차시간 20초, 일본 오다큐선 출입문 폭 1,600mm
- 평균 승하차 시간 20% 단축 가능
  * 모의시험 결과, 혼잡도 높고 승하차 인원 많은 경우 시간 단축효과 증대 (정차시간 25초 가능)



< 출입문 폭별 승하차 소요시간 분석 >

○ 광폭 도어 적용에 따른 구조해석 결과

- 광폭 도어 적용시 철도차량의 구조성능 적합도에 대한 해석 결과, Tc-car 및 M-car 광폭도어 차체 최대응력은 소재 항복응력 범위를 만족함



<광폭 도어 적용에 따른 구조해석 결과>

■ 고성능 전동차 요구조건 연구

○ 요소 기술
 - 최대 가감속도를 내기위한 열차편성별 기기배치 작성
 - 차량별 비슷한 중량분포를 위한 기기별 요구조건 연구
 - 주요 전장품 경량화 방안 연구
 - 최대 가감속도에 따른 승객 안전을 위한 객실 좌석 배치 및 손잡이 위치 등 기본 설계

나) 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안

○ 요소 기술

■ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안
- Y 분기선과 본선과 연결하기 위한 시설물 개량방안
- Y 분기선 개량 시 시설물 개량 공사비 및 공사기간 산출
- Y 분기선 개량 시 연동장치 개량방안
- Y 분기선 개량 시 지상신호 설치방안
- Y 분기선 개량 시 관제실과 통합시스템 구축방안
- Y 분기선 및 주박선 대피선 활용에 따른 열차운행방안
- 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피방안
- 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피 시 열차 운영방안
- 주박선 특성(상행 또는 하행 한곳)에 따른 상 하행 급행/완행 운행다이아 차이 해소방안
- 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 활용한 급/완행(상행, 하행) 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)
- 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 급행, 고성능 전동차(최대 가감속도 6.0km/h/s, 4.86 km/h/s)를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)

■ 기존 부본선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안
- 쌍섬식 부본선을 활용한 급행/완행 운행방안
- 반 쌍섬식 부본선을 활용한 급행/완행 운행방안
- 열차 상행 및 하행이 동일한 선로에 대피방안
- 승객 혼란 방지를 위한 방안 검토

- 부본선 활용에 따른 열차운행계획

○ 기술 타당성 검토

- 우선 검토 대상으로 서울도시철도 6호선과 인천1호선을 선정하여 타당성을 검토하였으며, 이를 바탕으로 급행화 대상 노선의 대피선 설치 가능 기존 시설물들을 조사하여 방안을 수립할 필요가 있음.

○ 서울도시철도 6호선 타당성 검토

- 서울도시철도 6호선 상월곡역은 기둥으로 지지되는 개착 Box 구간에 분기선이 설치되어 기둥 철거가 필요한 상황이며, 이에 따른 구조보강이 필요함. 개착 Box 상부가 북부간선도로 교량을 직접 지지하는 조건과 통신구 Box, 상수도관 (직경 2,000 mm)등이 복잡하게 얽혀있어 상세한 안정성 검토와 현장조사가 추가로 이루어져야 함.

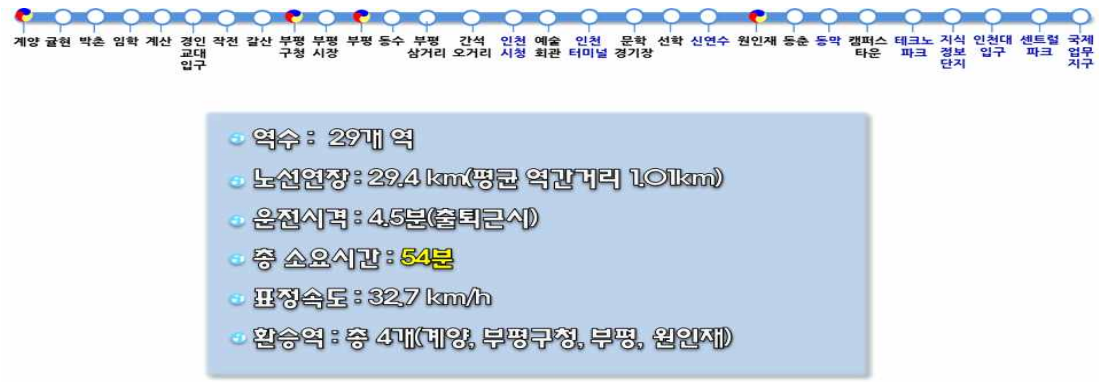
- 서울도시철도 6호선의 경우 한강진~버티고개 구간은 대 단면 터널에 Y분기선이 설치되어 있어 대피선 설치를 위한 대단위 터널 개량은 필요 없음.



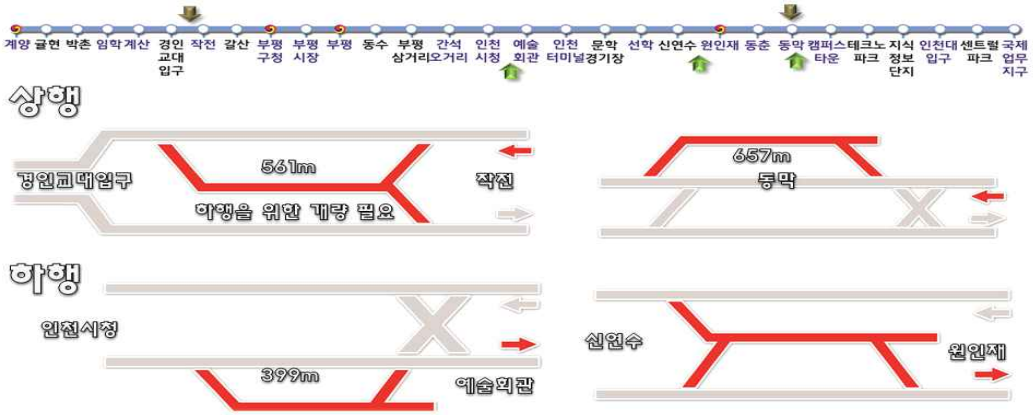
<서울도시철도 6호선 상월곡역 분기선 및 한강진역 분기선>

○ 인천 1호선 타당성 검토

- 인천 1호선 현황



- 인천1호선의 경우 작전~경인교대, 원인재~신연수 구간에 설치된 Y 분기선을 대피선으로 활용이 가능할 것으로 예상되며, 이를 위해 차막이 방향(각 경인교대 방향, 원인재 방향)이 상행 또는 하행의 편측으로만 진로 구성이 되어있으므로 다른 편측으로 진로구성이 필요함.
- 이를 위해서는 횡단 구조상 3경간(기둥 2열) Box의 기둥 1열을 철거하여야 하는 바, 이에 따른 구조 보강이 필요함. 구조 보강은 경간이 길어진데 따른 상부슬래브, 측벽, 잔여 기둥의 단면력 증대에 저항할 수 있는 구조 보강이 필요함. 또한 하부 슬래브도 단면력 증가가 예상되는 바, 지지 조건에 따라 보강 필요성에 대한 연구가 필요함.



<인천1호선의 기존 분기선을 활용한 대피선 설치>



<인천 1호선 기존 Y분기선 개량 방안>

다) 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

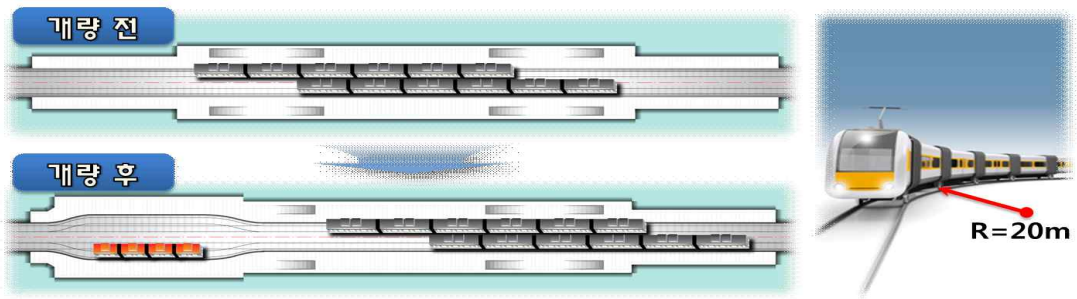
○ 요소 기술
- 여유승강장을 활용한 대피선 설치를 위한 특수 분기기 개발 연구
- 차량과의 I/F를 고려한 해석 기술 개발
  * 분기기 성능향상을 위한 설계변수 해석 및 설계 기술 개발

- 선로전환기 I/F 해석 기술 개발
  * 분기기 내장형 선로전환기 성능 요구사항 도출
  * 전환력 전달 메카니즘 해석 및 설계 기술 개발
- 특수형 분기기 선형설계
  * 특수형 포인트 및 가동 크로싱 설계 기술 개발
- 내마모성 향상기술 개발
  * 분기기 텅레일, 노즈 레일 단면 성능향상을 위한 설계변수 해석 및 설계 기술 개발
- 진동 저감 기술
  * 분기기 하부강성 해석 및 설계기술 개발
- 포인트 부 제작기술 개발
  * 마모, 내구성 향상 제작기술 개발
- 특수강 크로싱 개발
  * 특수강 소재 개발 및 마모, 내구성 향상 기술 개발
- 분기기 내장형 전철기 개발
  * 분기기 내장형 선로전환기 제작 기술 개발
- 탄성 체결 장치 제작기술 개발
  * 하부강성 및 처짐을 고려한 탄성 체결 장치 최적화
- 분기기 시제품 성능 평가
  * 국내외 규정에 따른 특수 분기기 성능평가 절차서 정립
  * 시제품 조립체 성능평가 기준 정립, 평가
  * 시제품 현장부설계획(Test bed) 및 설치 성능평가
- 현장부설공법 개발
  * 현장조건별 분기기 도상설계 및 부설공법 개발
- 분기기 운영, 관리기법 개발
  * 분기기 유지, 보수, 관리기준 정립
- NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안
- 도심지 지반정보 획득을 위한 장비 및 자료 분석 기술 개발
  * 도심지 구간 물리탐사 신뢰성 향상방법 개발
  * 인접구간 지장물 및 지반정보 획득기법 연구
  * 건설관련 기준 체계화
- 기존 구조물을 활용한 대피선 설치 방안 연구
  * 신설터널 시공에 의한 병렬터널 시공계획 연구
  * 기존터널을 활용한 다중아치 시공계획 연구

  * 운영 중인 터널 지보재 내구성 등 장기 안정성 연구
- 운영 중 터널의 합리적인 확폭 굴착 방안 연구
  * 발파 굴착에 의한 운영 중 터널 확폭 굴착방안 연구
  * 터널 확폭 시 지보시스템 적용방안 연구
  * 확폭 터널을 위한 프로텍터 설치 및 시공방안 연구
  * 시공성, 안정성 등을 고려한 기존구조물 철거방안 연구
- 시공성, 안정성 유지 관리 향상을 위한 개선사항 연구
  * 조건별 효율적인 버력처리 방안 연구
  * 숏크리트 리바운드 분진 최소화 방안 연구
  * 시공중 작업자의 안정성 확보를 위한 연구
  * 비상시 안전대책 수립방안 연구
- 연구개발성과의 유효성 검토
  * 시뮬레이션/실대형 실험 등을 통한 개발공법에 대한 안정성 검증
  * 시공계획별 정량적인 경제성 검토
- 급행/완행 운행을 위한 대피선 건설기술의 패키지 개발
  * 다양한 현장여건에 직접 적용이 가능하도록 설계 및 시공가이드 개발
- 부본선에 전철 전력설비 설치방안
- 부본선에 지상신호시스템 및 연동장치 설치방안
- 기존 신호설비 인터페이스 및 로직 개량 방안
- 부본선에 분기기 설치방안
- 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 급행, 고성능 전동차(가감속도 6.0km/h/s, 4.86 km/h/s)를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)
- 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
- 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
- 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완, 급/완/완/완) 운행다이아 분석
- 시간단축에 따른 시간단축 효과 분석
- 수요변화에 따른 혼잡도 분석
- 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정
- 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정
- 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정
- 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)

○ 여유 승강장을 활용한 대피선 설치방안 및 공법 개량방안 검토

- 여유 승강장을 활용한 급행화 방안은 여유 공간이 있는 승강장을 개조하여 단거리 대피선을 설치하는 방안이다. 이 경우 기존열차의 추월 운행 시 완행열차는 단거리 대피선에 대피하게 된다. 예를 들어 분당선의 경우 10량 1편성을 기준으로 역사가 구성되어 있지만 실제 운행 전동차는 6량 1편성으로 운행 중에 있다. 따라서 열차 정차 시 4량 길이의 승강장에 여유가 생기게 된다. 이 여유 승강장을 단거리 대피선으로 개조하는 방안이 핵심이며, 이 때, 추정 소요비용은 역당 약 224억원으로 대피선을 구축하는 방안(약 1,100억원)보다 훨씬 저렴한 비용으로 여유 승강장을 건설할 수 있다.
- 이 방안에서는 짧은 거리 안에 대피선을 설치하게 되므로, 대피선은 급곡선 특성을 가지게 되며, 따라서 대피선을 이용할 수 있도록 급곡선 주행용 다관절 열차를 개발하여 완행으로 활용한다. 주행용 다관절 열차는 일반적인 대피선 길이인 565m에서 65m로 단축 가능한 반경20m의 초급곡선 운행특성을 지녀야 한다. 여유승강장을 활용한 급행화방안의 개념은 아래 그림과 같다.

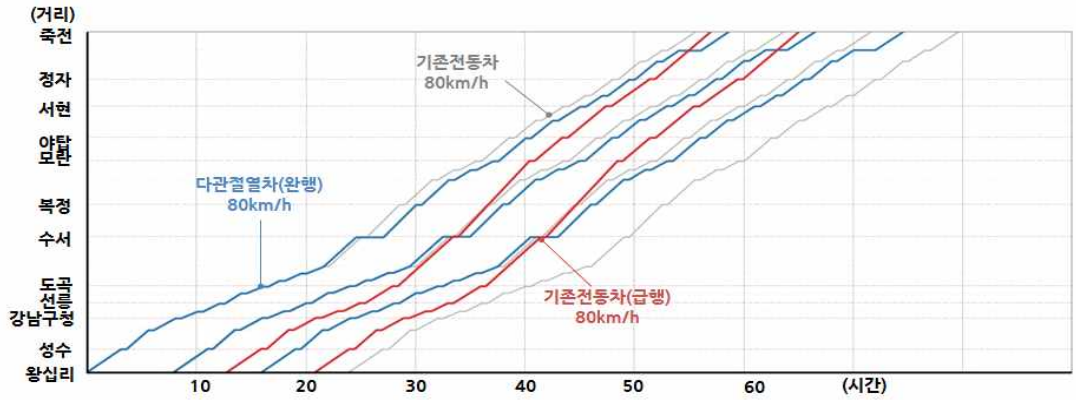


< 단거리 대피선 개념도 및 다관절 열차 주행 특성 >

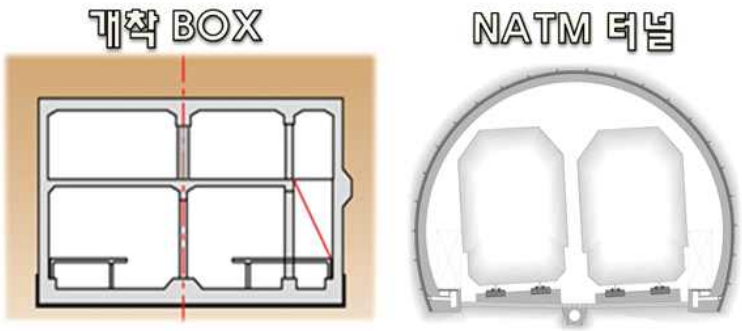
- 이 방안은 분당선과 같이 승강장 여유가 충분한 곳에만 적용 가능하므로 분당선만 급행화 검토를 진행하였다. 이 개념을 적용하여 분당선에 다관절열차 완행 투입시 운전선도는 아래 그림과 같다. 그리고 분당선 적용 시 경제적 효과는 아래 표와 같다.

<여유 승강장 활용 급행화 방안 분당선 적용 시 경제적 효과>

수요증가(인/일)	총비용(억원)	연간편익(억원)	NPV(억원)	B/C
10,494	1,324	327	3,693	3.8



< 여유 승강장 활용 급행화 방안 적용 시 분당선 운전선도 >

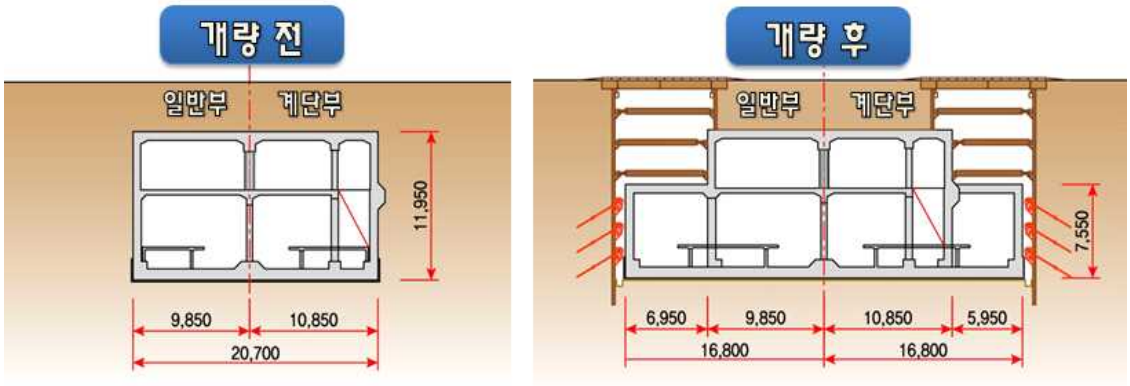


< 지하철 지중 구조물 형태 >

○ 개착 Box 역사 개량을 통한 대피선 설치 검토

- 개착 Box 역사의 경우 선로의 계획 심도가 낮아 터널 형성이 불가능하거나 터널 형성이 가능하더라도 과도한 보강비가 소요되는 경우 적용 함. 이 경우 지반은 토사 및 풍화암으로 발파가 아닌 건설기계를 사용한 굴착 및 시공이 가능함. 따라서 소음 및 진동의 제어가 필요한 도심지 시공의 경우 대피선을 설치하기에 적합한 조건을 갖추고 있다고 할 수 있으나, 수도관, 통신선과 같은 매립 지장물로 인한 공사 제약이 있을 수 있으며 용지 보상의 문제가 발생할 수 있음.

- 정거장 개량 시 복공 가 시설을 설치 후 굴착하여 승강장을 증축함. 기존 역사의 벽체는 다이아몬드 커터로 개구한 후, 개구부 및 잔여부를 강판으로 보강하여 안정성을 확보하며, 잔여부는 상부에서 전달되는 하중을 지지하는 기둥 역할을 수행하게 함. 개착 Box 역사의 전폭이 아닌 대피선 설치 구간만 선택 개착하여 굴착비용을 줄이고 지상교통의 지장을 최소화하게 함.

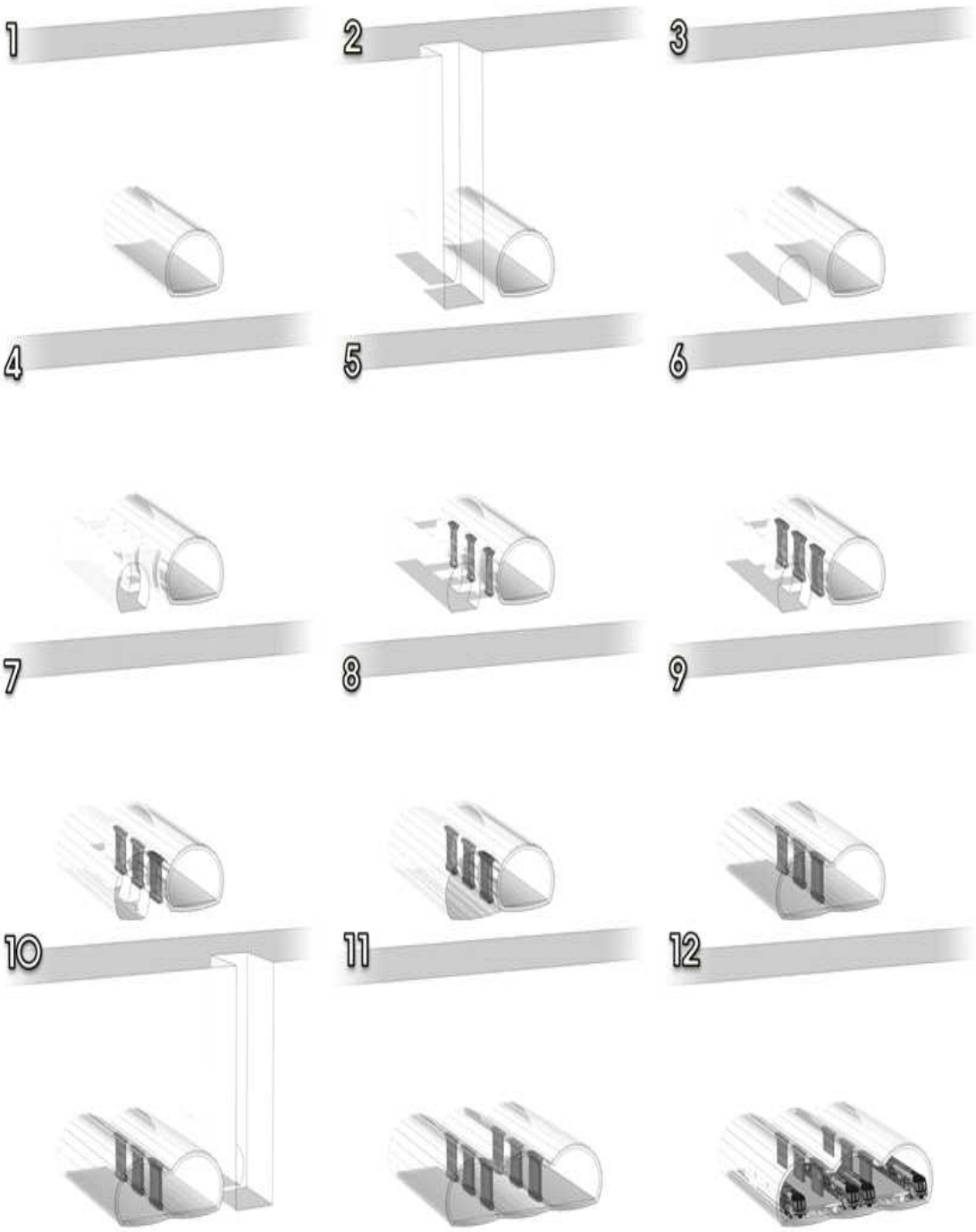


<개착 Box의 대피선 설치를 위한 개량 방안>

- 역사 개량 공사로 인한 승객들의 불편을 최소화하기 위한 방안에 대한 연구가 필요함

○ NATM터널 개량을 통한 대피선 설치

- NATM터널을 개량하여 대피선을 설치할 경우 기존의 터널 지보재를 제거하는 공정이 필요하며 그로 인한 안정성에 문제가 생길 가능성이 높음. 따라서 지보재 제거 전에 사전 보강이 이루어져야 하며, 기존 터널의 안정성을 저해를 최소화하는 공법에 대한 연구가 필요함.
- 운영 중 터널 개량을 위해서는 터널의 안정성 및 전동차의 안전을 확보하기 위해 프로텍터의 개발이 필수적임. 전차선의 이설 또는 제거를 하지 않고 프로텍터를 설치하는 방안에 대한 연구가 필요함. 또한 프로텍터의 설치 시 현장 접근의 제약이 있으므로 이를 극복할 방안에 대한 연구 수행이 필요함
- 굴착 시 암버력에 배출에 관한 방안이 수립되어야 하며, 숏크리트의 리바운드를 최소화하여 공사현장의 쾌적성을 높여 운영에 지장을 최소화하여야 함.
- 시공 각 단계별로 안정성확보를 위한 전산 시뮬레이션을 수행해야하며, 접속부의 경우 3D 해석을 통해 안정성을 검증해야할 필요가 있음.
- 혹시 발생할지 모르는 시공 중 비상 상황에 대한 긴급 조치 방안 수립이 필요함.
- 전력 차단 후 수행되는 야간작업 시 작업자의 안전성 확보를 위한 잔류 전류에 대한 조치 방안 연구



< NATM 터널 개량 시공 순서도(안) >

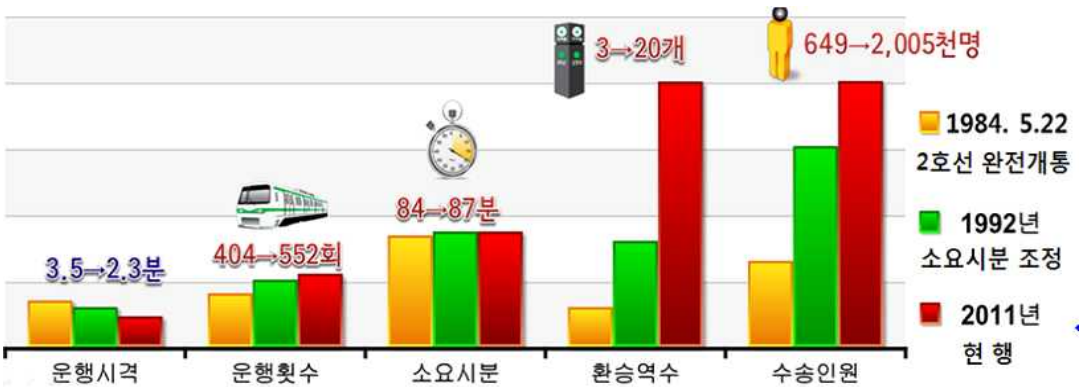
라) 급행화 방안 종합 검토

■ 서울시 지하철 2호선

○ 서울시 지하철 2호선 운영현황



- 서울시 지하철 2호선은 회차역이 없는 순환선으로 운행 장애 등 외부요인 충격흡수에 취약하고, 서울메트로 연간 전체 수송인원 15억명 중 2호선에서 49.5%인 7억4천만명을 수송한 대표적인 혼잡노선이다. 또한 도심순환에 따른 타 노선과의 환승역이 전체 43개역 중 20개역으로 집중되어있어 단시간 환승객 집중으로 지연에 취약하다. 향후, 9호선 연장구간, 광역철도 및 경전철 건설로 환승역 증가가 예상되고 있다.



- 2호선 순환선 내에서도 구간별로 혼잡도의 편차가 커서 출 퇴근시간대라도 최저 95%(대림→구로디지털단지 구간)에서 최고 196%(사당→방배구간)대의 혼잡도 편차를 보이고 있다. 특히 출근시간 대에는 승객 집중도가 극심하여 1일 수송인원의 25%가 오전 출근시간 대(7시~10시)에 집중되는 특성을 가지고 있다.

- 2호선 완전 개통 당시와 현재를 비교해보면 출근시간 대 운행시격은 3.5분에서 2.3분으로, 운행횟수는 404회에서 552회로, 소요시분도 1순환 시 84분에서 87분으로 늘어났다. 환승역사도 최초에는 시청, 신도림, 왕십리역 등 3개 역사에 불과 했으나 현재는 20개 역사로 확대 됐으며 1일 수송인원도 65만 명 수준에서 200만 명 이상으로 3배 이상 크게 늘어났다.



- 2호선 남부구간은 최고혼잡 시간대는 사당역을 기준으로 08:20에서 08:50분까지이며 최고 혼잡도는 내선은 179%수준이나 외선은 196%로 외선의 혼잡이 더욱 극심한 편이다. 이러한 혼잡상황 발생원인은 우선 수송인원 과다가 절대적 요인이며, 구간별로 혼잡도 편차가 심할 뿐 아니라 출근시간대의 승객 집중도가 높은 것도 한 요인이 되고 있다.

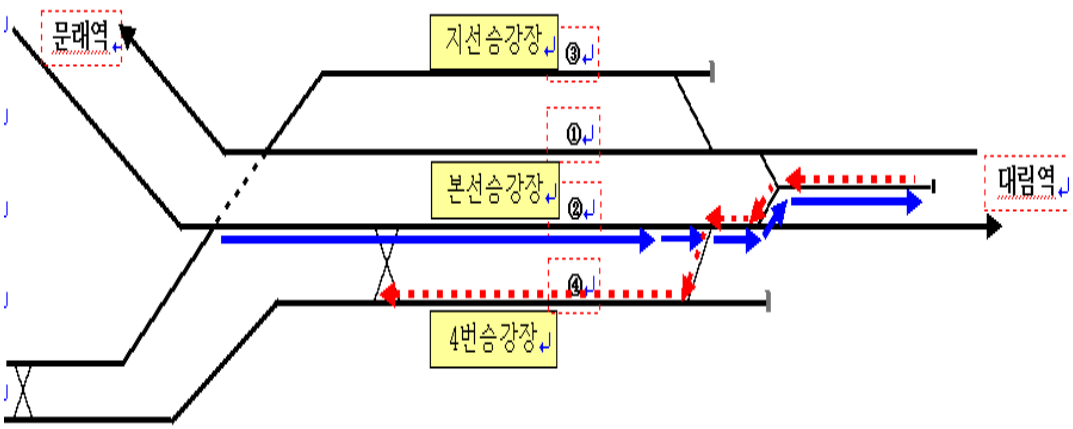


- 2호선의 최초 건설 당시 향후 수송인원 증가에 대한 장기예측을 바탕으로 대피시설 공간 확보, 선형구조의 순방향 구성 등 구조물을 탄력성 있도록 배치했어야 함에도 이를 감안하지 못한 건설계획이 2호선 혼잡해소를 어렵게 하는 요인이다.

- 서울지하철 2호선은 승차승객과 유입인원 과다로 인한 상시적인 역사 혼잡이 커지고 있으며, 실측결과 승·하차 시간이 계획된 30초보다 평균 22초 이상 초과되어 열차의 누적 지연현상을 가중시키고 있다.

구분	평균	신도	대림	구로	신대	신림	봉천	서울	낙성	사당	방배	서초	교대	강남	역삼	선릉	삼성	종운	신천	잠실
계획	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
실측	52	74	44	48	47	56	54	60	49	72	51	51	68	58	45	46	47	38	35	46
2.18	54	60	48	53	50	63	68	62	50	77	50	53	69	58	47	48	47	40	33	44
2.19	54	96	44	51	59	54	51	64	52	69	54	51	67	59	45	45	48	36	35	44
2.20	52	70	43	47	42	56	50	60	51	72	56	53	72	59	45	46	47	40	36	45
2.21	48	63	38	42	38	49	49	57	47	68	47	45	63	56	45	47	47	34	35	48
2.22	52	80	45	47	45	57	53	55	45	76	49	56	69	56	45	46	47	40	37	47

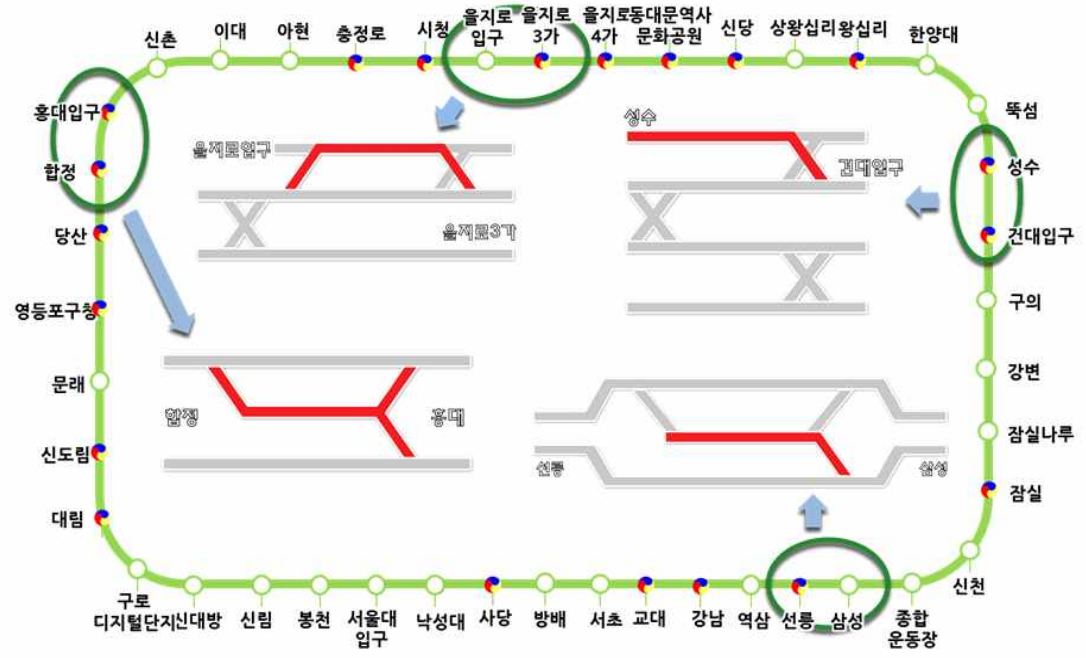
- 또한 출·퇴근시간 이후 외선 운행열차의 입고를 위한 입환 운전시 선형 구조상 본선의 후속열차에 지장을 초래함에 따라 누적지연이 가중되고 있다. 입고열차가 본선 2번 승강장에서 승객을 모두 하차시킨 후 Y선으로 입환 운전을 마치는 동안 후속열차는 본선에서 대기해야만 한다. 입고를 위한 입환 운전 시에도 Y선에서 본선을 경유하여 4번 선으로 입고하여야 하므로 본선열차흐름에 지장을 초래하고 있다.



○ 서울시 지하철 2호선 급행화 방안 검토

- 서울시 2호선 기존 인프라 현황

  * 기존 구조물 활용 (외선순환 기준)



- 급행화 방안 분석을 위하여 환승역 및 승객탑승이 많은 역을 급행 정차역으로 선정함. (24개역)

  * 환승 (20개역): 시청, 을지로3가, 을지로4가, 동대문운동장, 신당, 왕십리, 성수, 건대입구, 잠실, 선릉, 강남, 교대, 사당, 대림, 신도림, 영등포구청, 당산, 합정, 홍대입구, 충정로

  * 승객 혼잡(4개역): 서울대입구, 신림, 구로디지털, 삼성

- 다양한 방법으로 급·완행 운행다이아 분석 (외선 기준)

  * 시격 2.5분 (출퇴근 시간)

  * 급·완행 1:1, 1:2

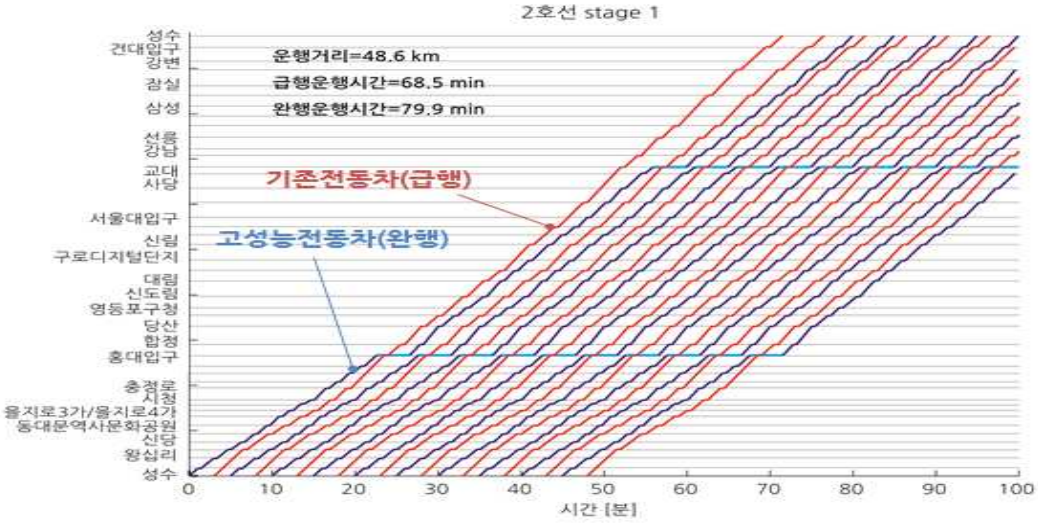
  * 현재 Y 분기선 : 을지로 3가~을지로입구, 홍익대~합정

  * Y 분기선 개량 시 : 을지로 3가~을지로입구, 홍익대~합정, 선릉~삼성역, 건국대~성수

- 서울시 2호선 외선을 기준으로 5가지 급행화 방안을 검토하였음.

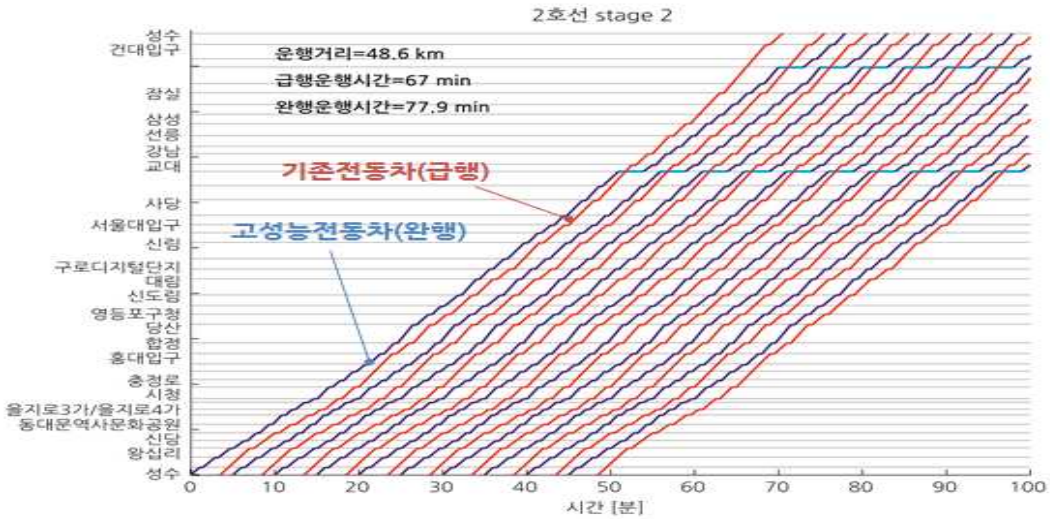
- 방안 1 : 기존전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:1), 개량 없이 Y 대피선 활용 시

  * 급행 : 기존 87분 → 68.5분 (21% 단축),
    신도림~성수 : 기존49분→38.5분 (21%단축)
  * 완행 : 기존 87분 → 79.9분 (8% 단축),
    신도림~성수 : 기존49분 →44.5분 (9%단축)
  * 급행역 강변역 추가, 대피역 교대역 신설, Y 분기선 홍대입구 활용



- 방안 2 : 기존전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:1), 대피선 신설

  * 급행 : 기존 87분 → 67분 (23% 단축)
    신도림~성수 : 기존49분 → 37분 (24%단축)
  * 완행 : 기존 87분 → 77.9분 (10% 단축)
    신도림~성수 : 기존49분→46.1분(6%단축)
  * 대피역 서초역, 강변역 신설



- 방안 3: 고성능전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:1), 대피선 신설

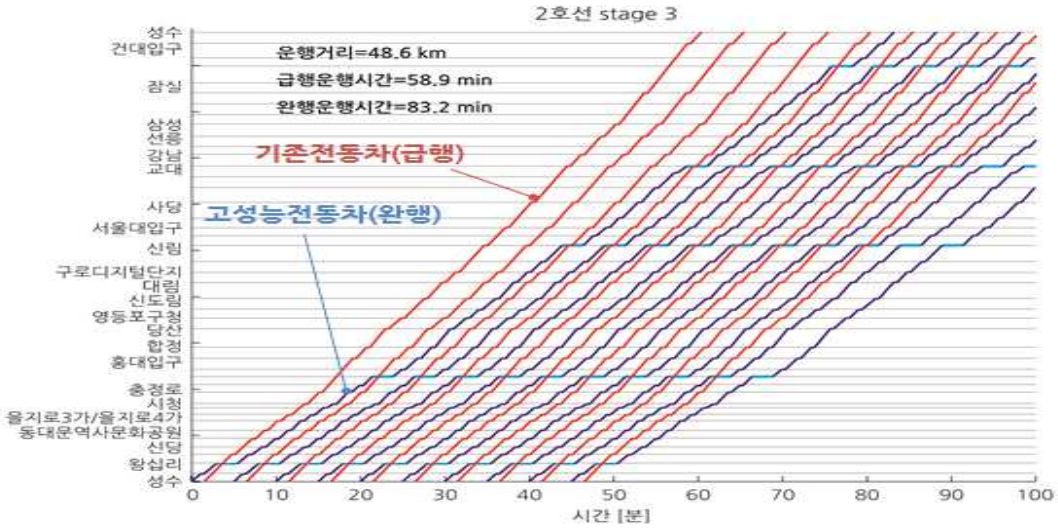
  * 급행 : 기존 87분 → 58.9분 (32% 단축)

    신도림~성수 : 기존49분 → 32.9분 (33%단축)

  * 완행 : 기존 87분 → 83.2분 (4% 단축)

    신도림~성수: 기존49분 → 47.2분 (4%단축)

  * 대피역 한양대, 이대, 신림, 교대, 강변역 신설



- 방안 4-1: 기존전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:1), Y분기선 개량, 대피선 신설

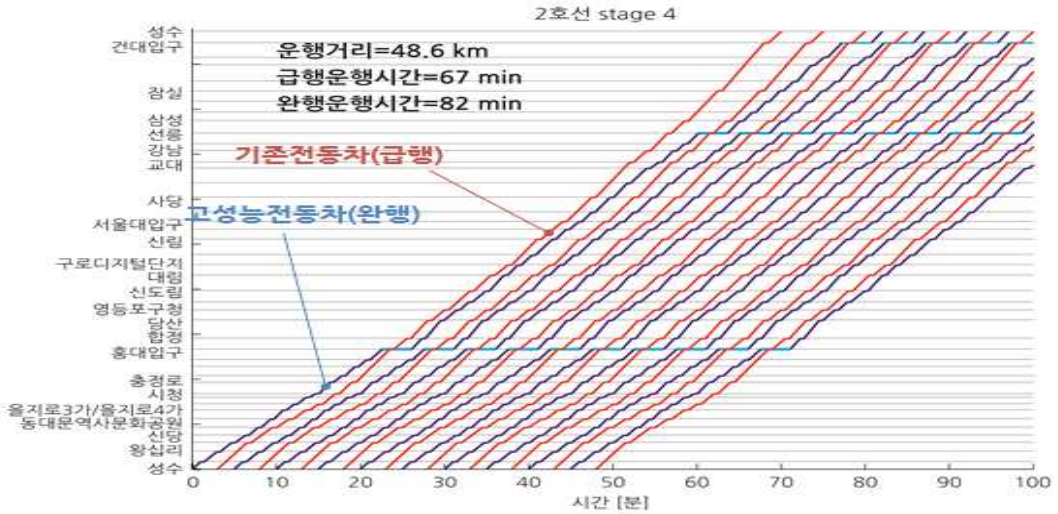
  * 급행 : 기존 87분 → 67분 (23% 단축)

    신도림~성수 : 기존49분→37분(24%단축)

  * 완행 : 기존 87분 → 82분 (6% 단축)

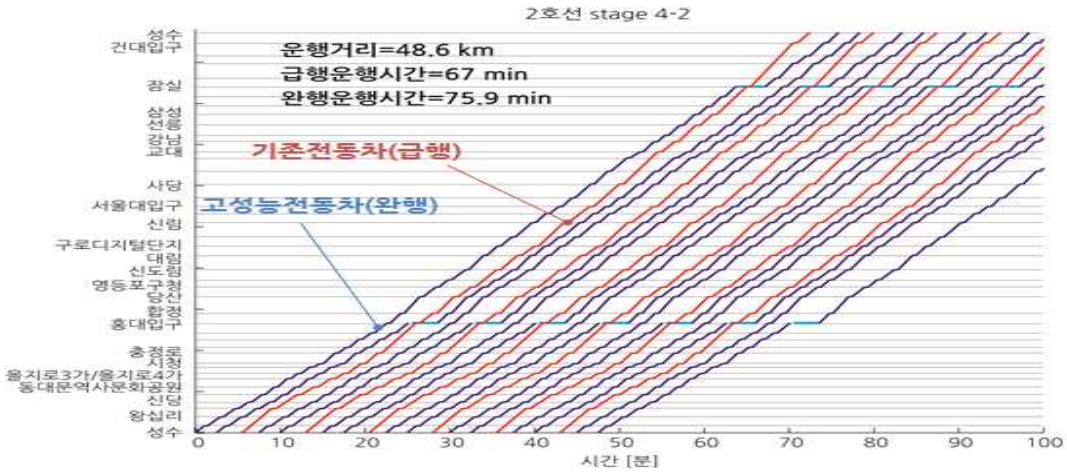
    신도림~성수 : 기존49분→47.1분(4%단축)

  * 대피역 선릉역 신설, Y 분기선 홍대입구, 건대입구 활용



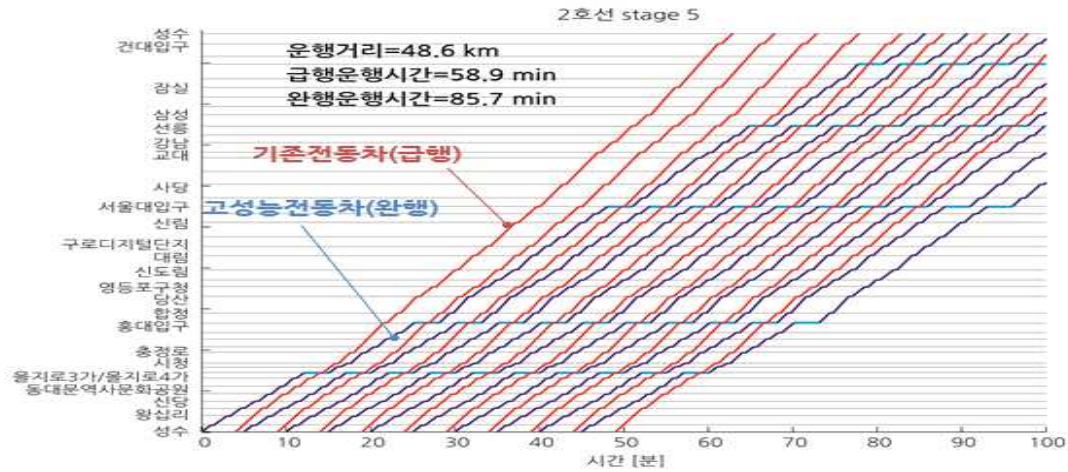
- 방안 4-2: 기존전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:2), Y분기선 개량, 대피선 신설

* 급행 : 기존 87분 → 67분 (23% 단축)
  신도림~성수 : 기존49분→37분(24%단축)
* 완행 : 기존 87분 → 75.9분 (13% 단축)
  신도림~성수 : 기존49분→44분(10%단축)
* 대피역 잠실역 신설, Y 분기선 홍대입구 활용



- 방안 5-1: 고성능전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:1), Y분기선 개량, 대피선 신설

* 급행 : 기존 87분 → 58.9분 (32% 단축)
  신도림~성수:기존49분→32.9분(33%단축)
* 완행 : 기존 87분 → 85.7분 (2% 단축)
  신도림~성수:기존49분→48.7분(1%단축)
* 대피역 서울대입구, 선릉역, 강변역 신설, Y 분기선 을지로3가, 홍대입구 활용



- 방안 5-2 : 고성능전동차 급행/고성능전동차 완행 투입(1:2), Y분기선 개량, 대피선 신설

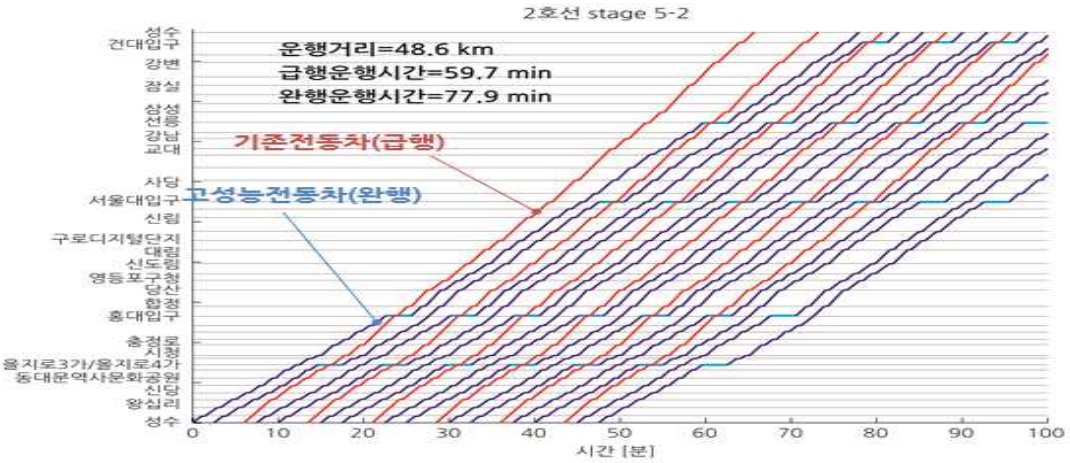
  * 급행 : 기존 87분 → 59.7분 (31% 단축)

    신도림~성수 : 기존49분→33.7분(31%단축)

  * 완행 : 기존 87분 → 77.9분 (10% 단축)

    신도림~성수 : 기존49분→43.5분(11%단축)

  * 급행역 강변역 추가, 대피역 서울대입구, 선릉역 신설, Y 분기선 을지로3가, 홍대입구, 건대입구 활용



- 서울시 2호선 외선을 기준으로 5가지 급행화 방안의 시간단축효과와 신설 대피역 개수 및 Y분기선 활용 개수는 다음과 같음.
- 방안 3과 5-1을 적용할 경우 최대 32% 시간 단축 가능.

항목	방안1	방안2	방안3	방안4-1	방안5-1	방안4-2	방안5-2
급행 정차역	25역	24역	24역	24역	24역	24역	25역
정차 시간	완행 25초 급행 30호	완행 25초 급행 30호	완행 25초 급행 25호	완행 25초 급행 30호	완행 25초 급행 25호	완행 25초 급행 30호	완행 25초 급행 25호
운행 시간	급행 68.5분 (21% 단축) 완행 79.9분 (8% 단축)	급행 67분 (23% 단축) 완행 77.9분 (10% 단축)	급행 58.9분 (32% 단축) 완행 82분 (4% 단축)	급행 67분 (23% 단축) 완행 82분 (6% 단축)	급행 58.9분 (32% 단축) 완행 85.7분 (2% 단축)	급행 67분 (23% 단축) 완행 75.9분 (13% 단축)	급행 59.7분 (31% 단축) 완행 77.9분 (10% 단축)
신설 대피역 개수	1	2	5	1	3	1	2
Y분기선 활용 개수	1	0	0	2(개량)	2	1	3(개량)

- 방안1:기존전동차 급행/고성능전동차 완행(1:1), 개량 없이 Y대피선활용
- 방안2:기존전동차 급행/고성능전동차 완행(1:1), 대피선신설
- 방안3:고성능전동차 급행/고성능전동차 완행(1:1), 대피선신설
- 방안4-1:기존전동차 급행/고성능전동차 완행(1:1), Y대피선개량, 대피선신설(*방안4-2:급·완행(1:2))
- 방안5-1:기존전동차 급행/고성능전동차 완행(1:1), Y대피선개량, 대피선신설(*방안5-2:급·완행(1:2))

- 주요 역간 (신도림~성수, 외선기준) 통행시간 단축효과는 다음과 같음.

구간		시행 전 통행시간	시행 후 통행시간	절감효과
신도림 - 사당	1안	19.1분	14.5분	4.6분(24.1%)
	2안		14.5분	4.6분(24.1%)
	3안		12.7분	6.4분(33.5%)
	4-1안		14.5분	4.6분(24.1%)
	4-2안		12.7분	6.4분(33.5%)
	5-1안		14.5분	4.6분(24.1%)
	5-2안		12.7분	6.4분(33.5%)
신도림 - 시청	1안	20.5분	16분	4.5분(22%)
	2안		16분	4.5분(22%)
	3안		14.2분	6.3분(30.7%)
	4-1안		16분	4.5분(22%)
	4-2안		14.2분	6.3분(30.7%)
	5-1안		16분	4.5분(22%)
	5-2안		14.2분	6.3분(30.7%)
합정 - 강남	1안	38분	28.5분	9.5분(25%)
	2안		28.5분	9.5분(25%)
	3안		25.4분	12.6분(33.2%)
	4-1안		28.5분	9.5분(25%)
	4-2안		25.4분	12.6분(33.2%)
	5-1안		28.5분	9.5분(25%)
	5-2안		25.4분	12.6분(33.2%)
합정 - 건대입구	1안	28.8분	24.5분	4.3분(14.9%)
	2안		24.5분	4.3분(14.9%)
	3안		20.9분	7.9분(27.4%)
	4-1안		24.5분	4.3분(14.9%)
	4-2안		20.9분	7.9분(27.4%)
	5-1안		24.5분	4.3분(14.9%)
	5-2안		20.9분	7.9분(27.4%)
합정 - 동대문 역사문화공원	1안	16.5분	14분	2.5분(15.2%)
	2안		14분	2.5분(15.2%)
	3안		12분	4.5분(27.3%)
	4-1안		14분	2.5분(15.2%)
	4-2안		12분	4.5분(27.3%)
	5-1안		14분	2.5분(15.2%)
	5-2안		14분	2.5분(15.2%)
사당 - 건대입구	1안	31.2분	22분	9.2분(29.5%)
	2안		20.5분	10.7분(34.3%)
	3안		18.5분	12.7분(40.7%)
	4-1안		20.5분	10.7분(34.3%)
	4-2안		18.5분	12.7분(40.7%)
	5-1안		20.5분	10.7분(34.3%)
	5-2안		19.2분	12분(38.5%)

- 경제성 분석결과는 다음과 같다.

구 분		열차정원 (명/편성)	최대 재차인원	투입시간 (첨두 1시간)	시격	혼잡도	소요편성수	
1안	급행	1,600명	42,063명/시	12회	5분	219%	69	32
	완행	1,600명	13,949명/시	12회	5분	73%		37
2안	급행	1,600명	44,365명/시	12회	5분	231%	67	31
	완행	1,600명	16,713명/시	12회	5분	87%		36
3안	급행	1,600명	45,051명/시	12회	5분	235%	67	28
	완행	1,600명	9,658명/시	12회	5분	50%		39
4-1안	급행	1,600명	30,424명/시	12회	5분	158%	69	31
	완행	1,600명	18,578명/시	12회	5분	97%		38
4-2안	급행	1,600명	14,526명/시	8회	7.5분	113%	68	21
	완행	1,600명	33,415명/시	16회	3.75분	131%		47
5-1안	급행	1,600명	43,589명/시	12회	5분	227%	68	28
	완행	1,600명	9,584명/시	12회	5분	50%		40
5-2안	급행	1,600명	32,748명/시	8회	7.5분	256%	67	19
	완행	1,600명	18,118명/시	16회	3.75분	71%		48

본 결과는 교통카드 데이터의 역간 OD자료를 활용하였으며 현재 서울시2호선은 10량 1편성 총 88편성을 보유하고 있다.

단위 : 억원

구분	비용			시간절감 편익	B/C	NPV
	공사비	차량비	총 비용			
1안	1,200	5,920	7,120	43,536	6,1	36,416
2안	2,400	5,760	8,160	44,487	5,5	36,327
3안	6,000	10,720	16,720	62,026	3,7	45,306
4-1안	1,360	6,080	7,440	43,317	5,8	35,877
4-2안	1,200	7,520	8,720	39,868	4,6	31,148
5-1안	3,600	10,880	14,480	62,115	4,3	47,635
5-2안	2,560	10,720	13,280	57,106	4,3	43,826

B/C 분석결과는 위의 표와 같다. 2호선의 B/C가 매우 좋은 것은 그만큼 승객이 많이 타기 때문인 것으로 판단된다.

■ 인천시 도시철도 1호선

○ 인천 도시철도 1호선 현황

- 인천/경기지역 인구 증가 추세

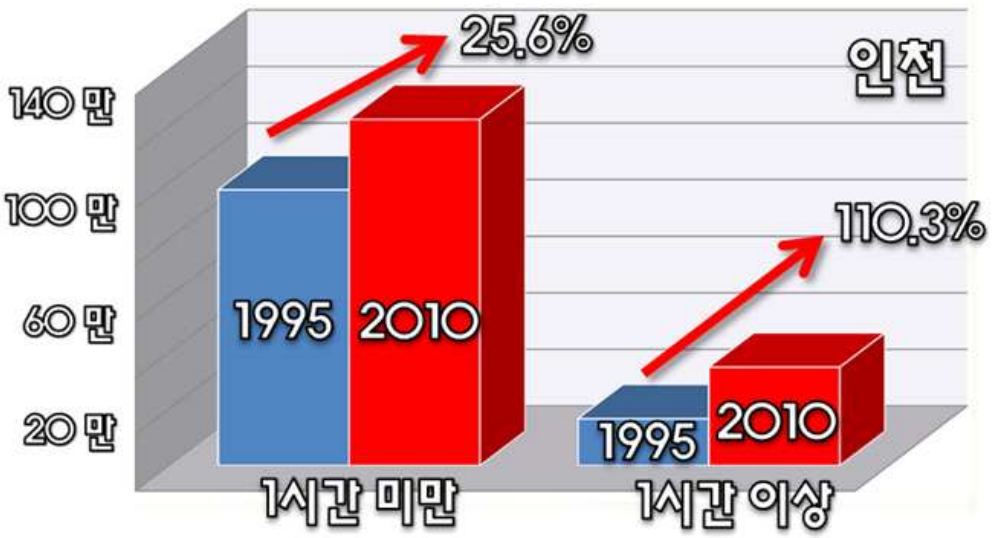
(천명)

지역	1995	2010	증감
서울	10,231	9,794	▼ 4.3%
인천/경기	9,958	14,042	▲ 41.0%

* 출처 : 통계청 인구주택총조사, 서울제외 대도시 행정구역 확장 전으로 재구성

- 인천시 출퇴근 시간 현황

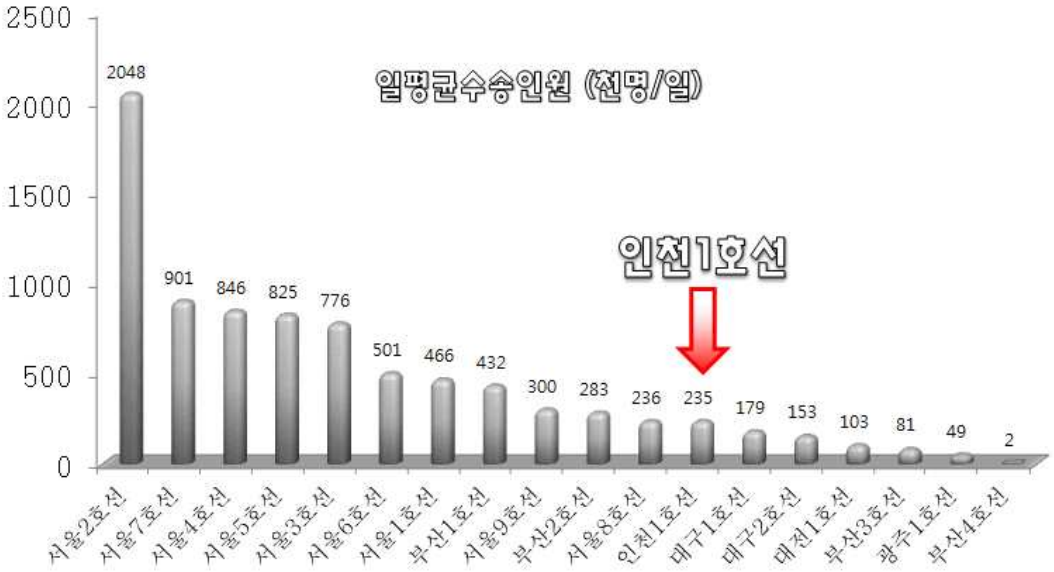
* 1995년 대비 2010년에 1시간 이상 출퇴근 인구 110.3% 증가, 1시간 미만은 25.6% 증가



- 인천시 도시철도1호선 수송인원

* 열악한 도로사정임에도 인천도시철도 경쟁력 부족으로 수송량이 저조함. 영업연장이 인천 1호선의 60% 수준(17.7km)인 서울도시철도8호선에도 못 미치는 상황임

* 도시철도 분담률 약 10.4%로 타도시(서울 25.6%, 부산 11.7%)대비 저조한 상황으로 급행화 방안을 도입하여 시간단축효과에 의한 승객 유입 효과로 인한 도시철도 이용율을 높이는 방안이 필요함



* 출처 : 2012년 대중교통 현황조사, 교통안전공단

- 인천 도시철도1호선 노선 현황



<그림 10> 인천 도시철도1호선 노선도

* 역수 : 29개 역
* 노선연장 : 29.4 km(평균 역간거리 1.01km)
* 운전시격 : 4.5분(출퇴근시)
* 총 소요 시간 : 54분
* 표정속도 : 32.7 km
* 환승역 : 계양, 부평구청, 부평, 원인재

○ 인천 1호선 급행화 방안 분석

- 급행화 방안 분석을 위하여 환승역 및 승객탑승이 많은 역을 급행 정차역으로 선정함. (10개역)

* 환승 (6개역) : 현재 4개역 (원인재, 계양, 부평구청, 부평) + 향후 GTX 환승에 따른 2개역 추가 (인천시청, 국제업무지구)

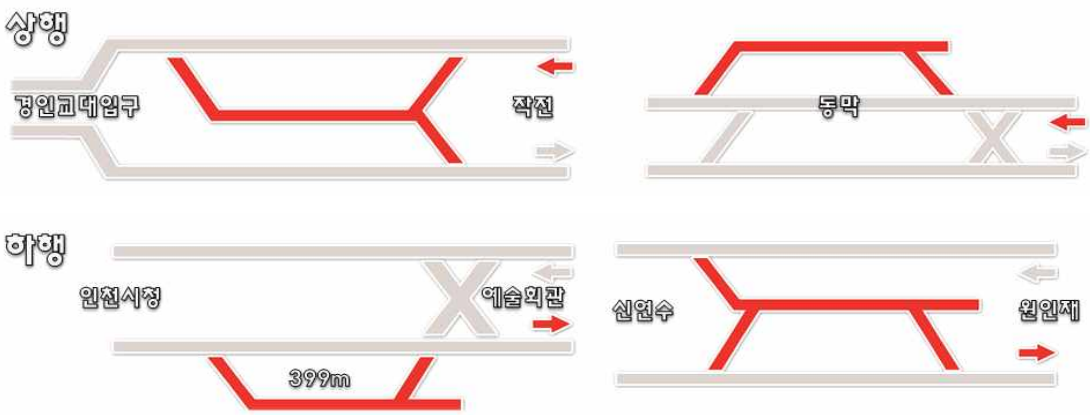
* 승객 혼잡(6개역 중 방안별 4개역 선택) : 인천터미널, 계산, 작전, 캠퍼스타운, 인천대입구, 예술회관

- 광역도시철도의 급행화 구현을 위한 방안으로 5가지 방안을 검토하였다. 각각의 방안에 대하여 대피선 건설 및 완행, 급행열차의 성능개선과 같은 구체적 방안을 기준으로 분류하였으며 각 경우에 대하여, 운행시간 검토 및 시간단축 효과 등을 비교, 분석하였다.

각각의 방안에 해당하는 급행/완행 운행방안은 다음과 같다.

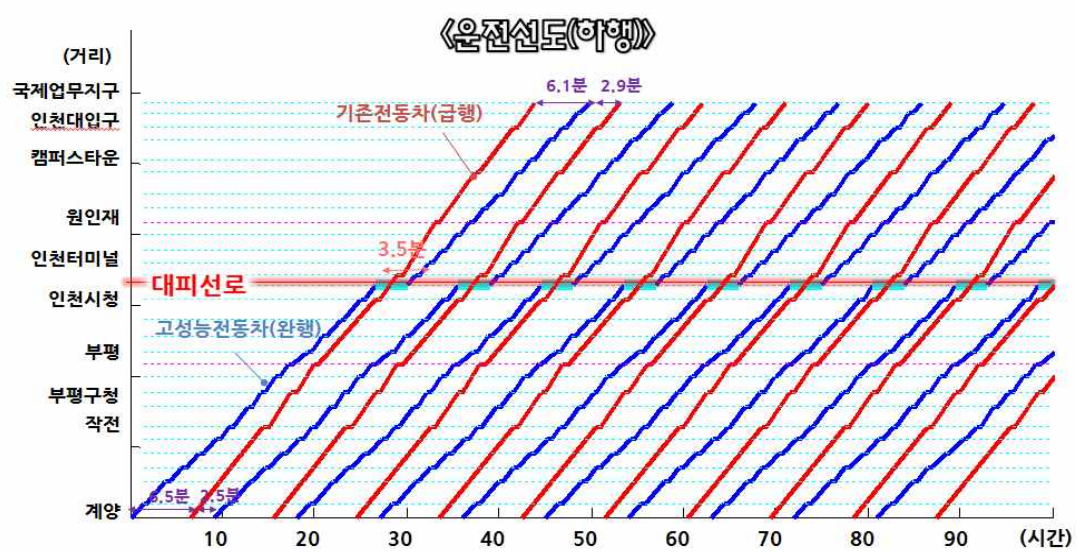
*** 방안 1 : 기존전동차를 급행 및 고성능 전동차 완행**
(기존 Y 분기선을 대피선으로 활용)
*** 방안 2 : 기존전동차를 급행 및 고성능 전동차 완행**
(대피역 신설, 기존 Y분기선 활용 및 개량)
*** 방안 3 : 고성능 전동차 급행 및 완행 모두에 투입하는 경우**
(대피역 신설, 기존 Y분기선 활용 및 개량)
*** 방안 4 : 기존 전동차 급행 및 고성능 전동차 완행**
(대피역 신설, 기존 Y분기선 활용 및 개량)
*** 방안 5 : 고성능 전동차 급행 및 완행 모두에 투입하는 경우**
(기존 Y분기선 활용 및 개량)

- 인천 도시철도1호선 Y 분기선 현황을 살펴보면 상행의 경우 작전역에서 경인교대역 입구 사이, 동막역에는 기존 인프라 활용이 가능하며, 하행의 경우 인천시청에서 예술회관 사이에 주박선 활용 가능, 신연수에서 원인재 사이에 Y 분기선을 대피선으로 활용 가능하다.

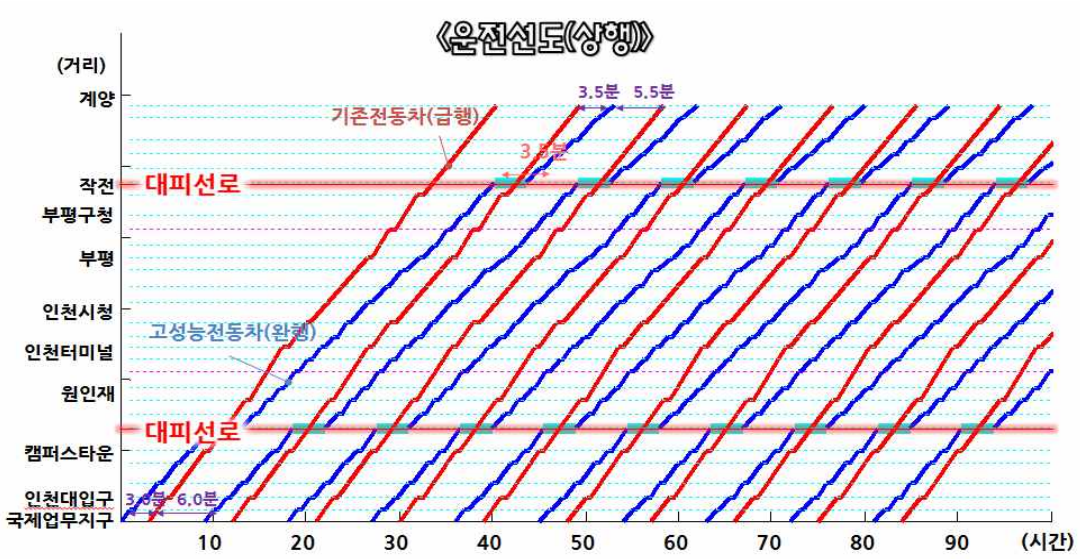


- 방안 1 : 고성능 전동차 완행/기존 전동차 급행 투입

* 급행 31% 단축, 완행 8% 단축 (하행)
* 급행 37.5분, 완행 49.9분소요 (기존 54분소요)
* 인천시청~예술회관 주박선 활용

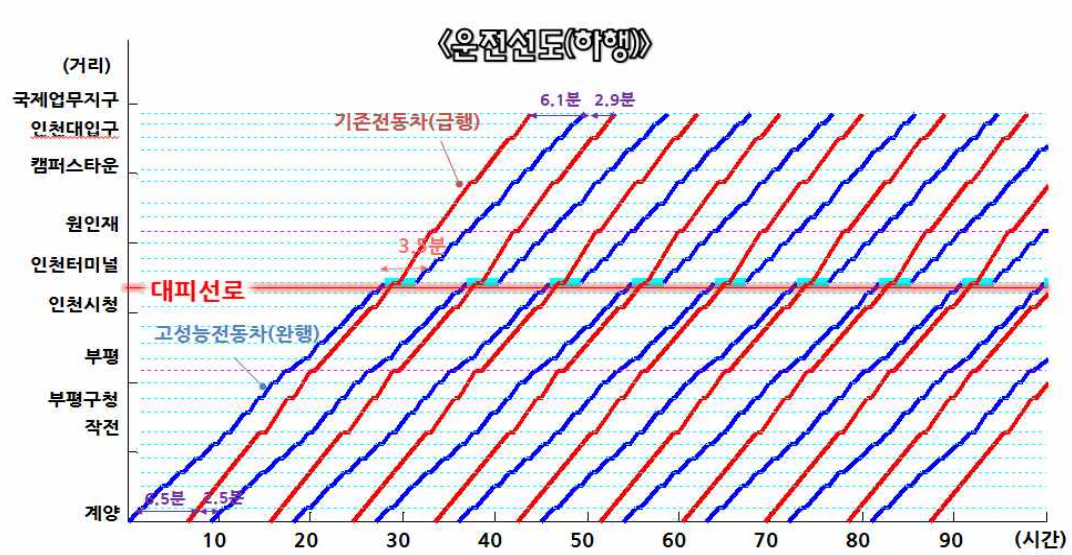


* 급행 31% 단축, 완행 2% 단축 (상행)
* 급행 37.5분, 완행 53분소요 (기존 54분소요)
* 동막역 대피역으로 활용, 작전~경인교대 Y 분기선 활용

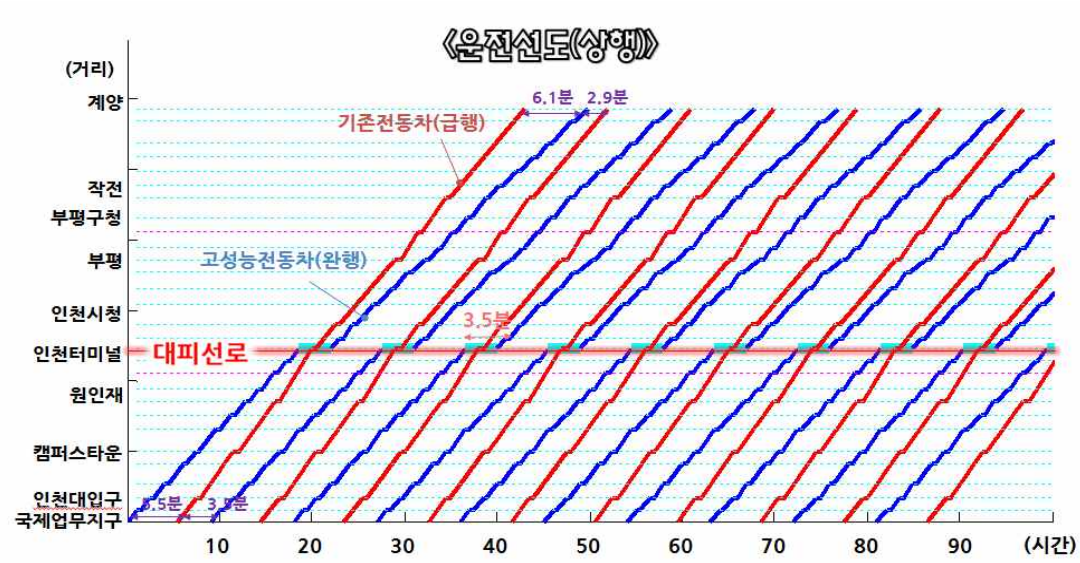


- 방안 2 : 고성능 전동차 완행/기존 전동차 급행 투입

* 급행 31% 단축, 완행 8% 단축(하행)
* 급행 37.5분, 완행 49.9분소요(기존 54분소요)
* 인천터미널 대피선 신설

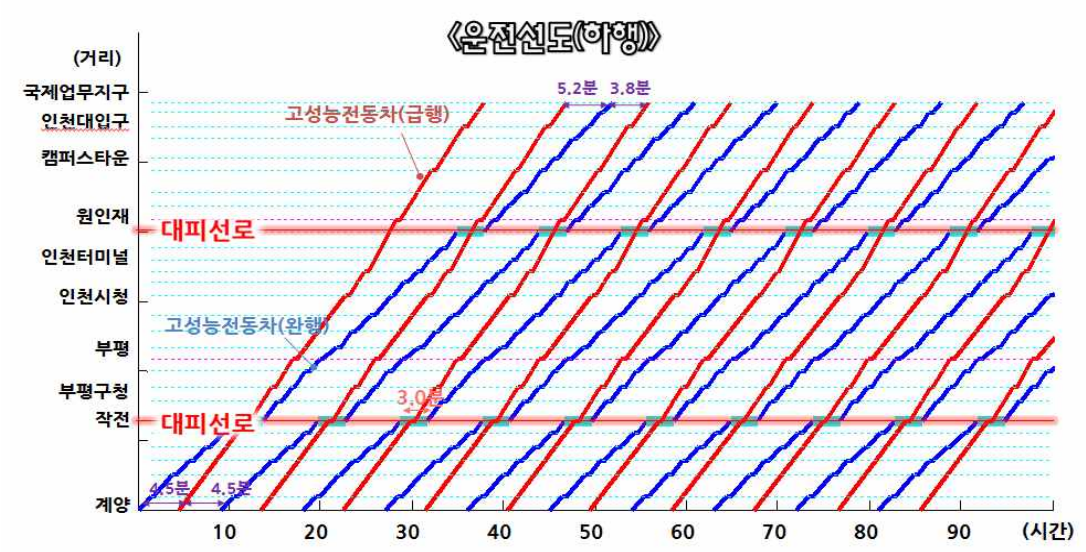


* 급행 31% 단축, 완행 8% 단축(상행)
* 급행 37.5분, 완행 49.9분소요(기존 54분소요)
* 인천터미널 대피선 신설

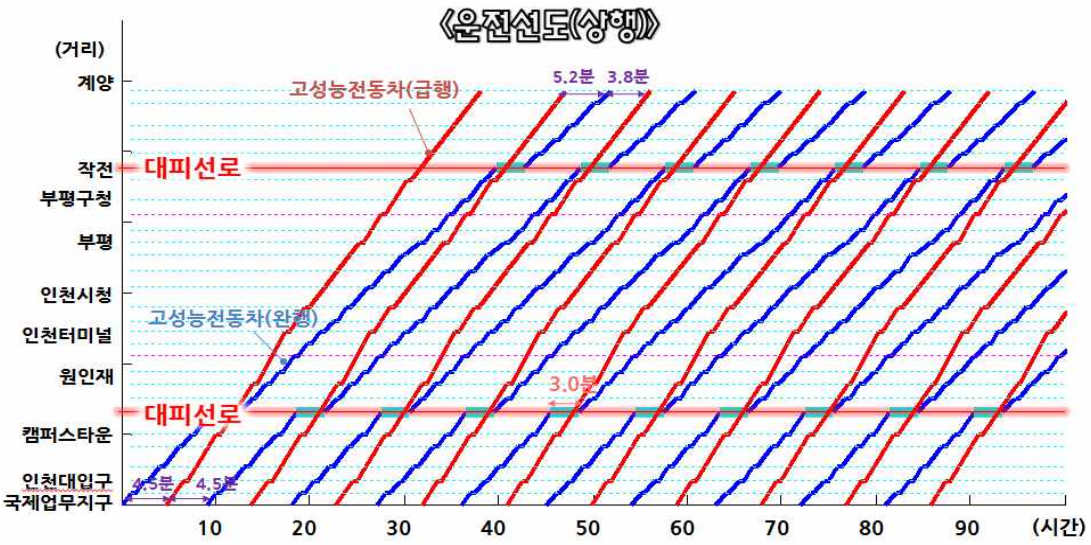


- 방안 3 : 고성능 전동차 완행/급행 투입

* 급행 38% 단축, 완행 4% 단축(하행)
* 급행 33.3분, 완행 52분소요(기존 54분소요)
* 작전~경인교대 Y대피선 개량, 신연수~원인재 Y 대피선 활용

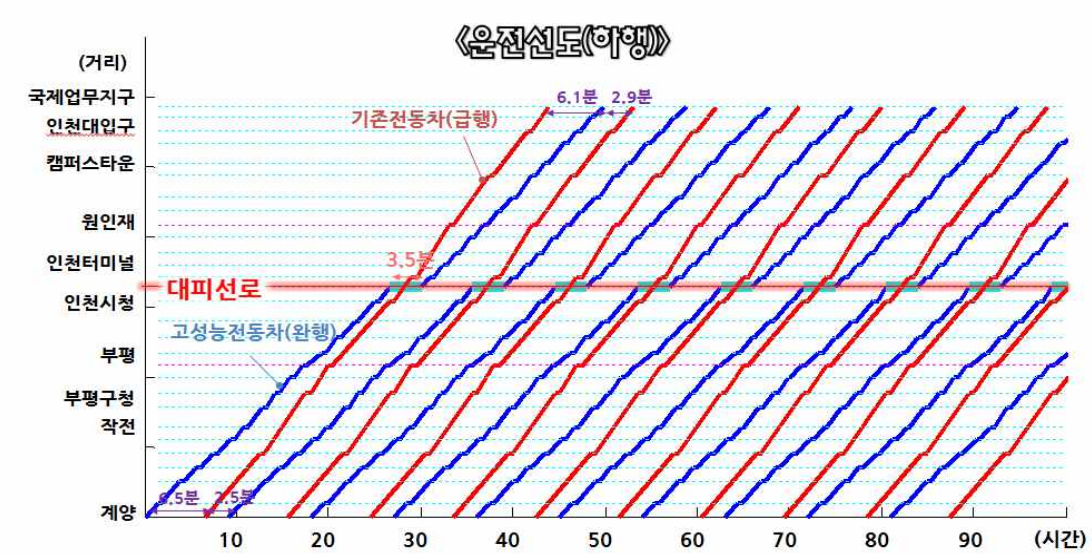


* 급행 38% 단축, 완행 4% 단축(상행)
* 급행 33.3분, 완행 52분소요(기존 54분소요)
* 부평구청 대피역 신설, 동막역 활용

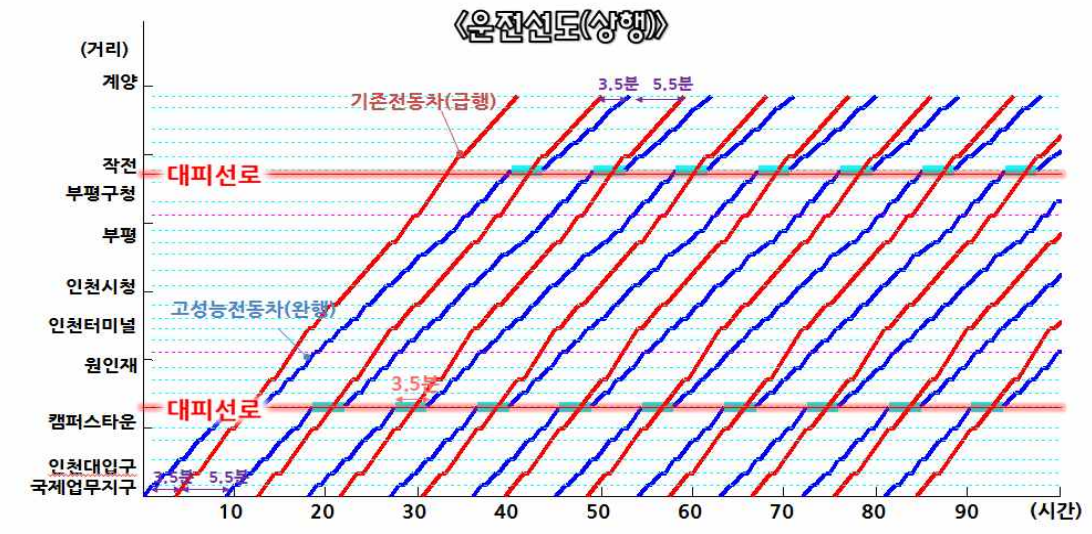


- 방안 4 : 고성능 전동차 완행/기존 전동차 급행 투입

* 급행 31% 단축, 완행 8% 단축(하행)
* 급행 37.5분, 완행 49.9분소요(기존 54분소요),
* 작전대신 계산 정차, 인천시청~예술회관 주박선 활용

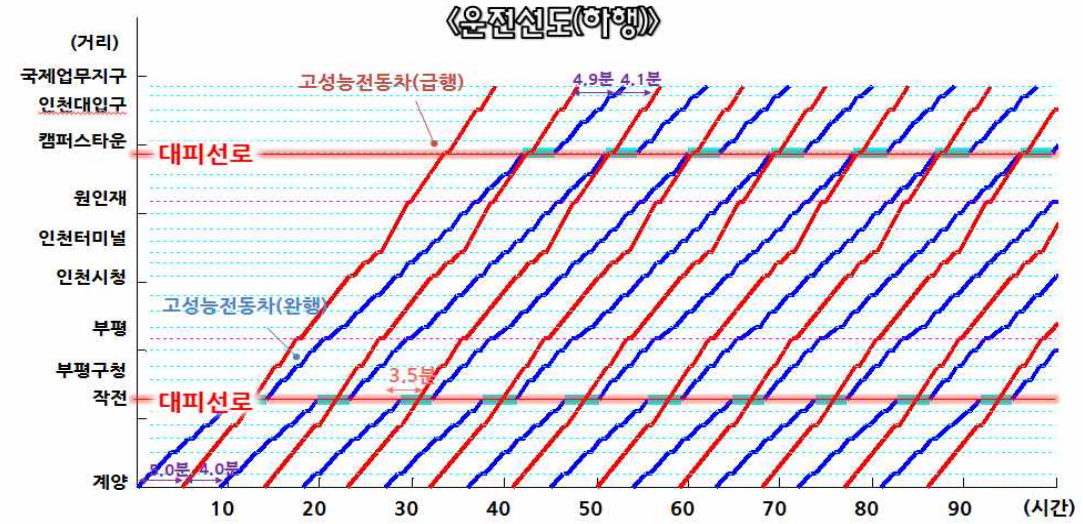


* 급행 31% 단축, 완행 2% 단축(상행)
* 급행 37.5분, 완행 53분소요(기존 54분소요)
* 동막역 활용, 작전~경인교대 Y분기선 활용

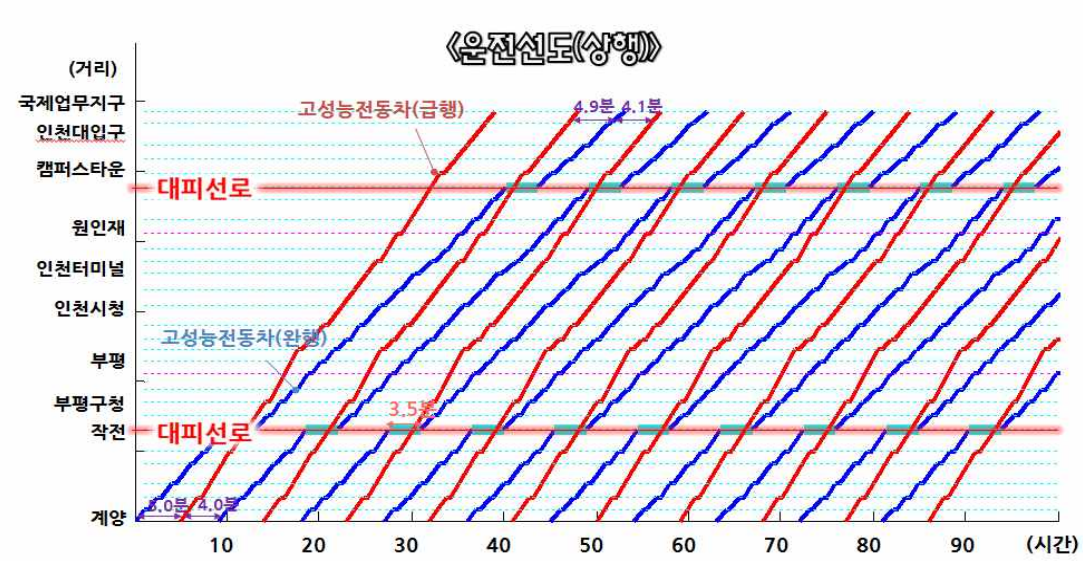


- 방안 5 : 고성능 전동차 급행/급행 투입

* 급행 37% 단축, 완행 2% 단축(하행)
* 급행 34.1분, 완행 53분소요(기존 54분소요)
* 예술회관 급행정차 추가, 경인교대~작전 Y 대피선 개량, 동막역 활용



* 급행 37% 단축, 완행 2% 단축(상행)
* 급행 34.1분, 완행 53분소요(기존 54분소요)
* 예술회관 급행 정차, 작전~경인교대 Y 대피선 활용, 동막역 활용



- 방안별 시간단축 효과를 정리하면 다음 표와 같다.

항목	기존	방안1	방안2	방안3	방안4	방안5
급행 정차역	(29역)	10역				11역
정차 시간	30초	완행 25초 급행 30초				
가감 속도	3.0/3.5 km/h/s	급행 3.0/3.5km/h/s 완행 6/4.86km/h/s		급완행 6/4.86km/h/s	급행 3.0/3.5km/h/s 완행 6/4.86km/h/s	급완행 6/4.86km/h/s
최고 속도	80km/h	급행 80km/h 완행 90km/h		급완행 90km/h	급행 80km/h 완행 90km/h	급완행 90km/h
운행 시간	54분	완행 50분 (8% 단축)	완행 50분 (8% 단축)	완행 52분 (4% 단축)	완행 50분 (8% 단축)	완행 53분 (2% 단축)
		급행 37.5분 (31% 단축)	급행 37.5분 (31% 단축)	급행 33.3분 (38% 단축)	급행 37.5분 (31% 단축)	급행 34.1분 (37% 단축)

- 인천 도시철도 1호선의 방안별 주요 역간 통행시간(절감효과)는 다음과 같다.

구간		시행 전 통행시간	시행 후 통행시간	절감효과
부평구청 - 계양	1안	16.1분	11.5분	4.6분(28.8%)
	2안		11.5분	4.6분(28.8%)
	3안		10.5분	5.6분(34.5%)
	4안		11.5분	4.6분(28.8%)
	5안		10.5분	34.5분(34.5%)
계산 - 부평	1안	11.4분	8.8분	2.6분(23.1%)
	2안		8.8분	2.6분(23.1%)
	3안		11.4분	0분(0%)
	4안		7.5분	3.9분(34.1%)
	5안		12.7분	-1.3분(-11.3%)
부평 - 동춘	1안	20.4분	14.5분	5.9분(28.8%)
	2안		14.5분	5.9분(28.8%)
	3안		12.8분	7.6분(37%)
	4안		14.5분	5.9분(28.8%)
	5안		7.8분	12.6분(61.9%)
국제업무지구 - 부평	1안	34.1분	23.5분	10.6분(31.1%)
	2안		23.5분	10.6분(31.1%)
	3안		20.5분	13.6분(39.9%)
	4안		23.5분	10.6분(31.1%)
	5안		21.3분	12.8분(37.7%)
계산 - 인천터미널	1안	23.1분	17.8분	5.3분(23.2%)
	2안		17.8분	5.3분(23.2%)
	3안		19.2분	3.9분(16.8%)
	4안		16.5분	6.6분(28.6%)
	5안		15.5분	7.6분(33%)
인천시청 - 원인재	1안	9.9분	6.5분	3.4분(34.4%)
	2안		6.5분	3.4분(34.4%)
	3안		5.5분	4.4분(44.5%)
	4안		6.5분	3.4분(34.4%)
	5안		4.8분	5.1분(52.1%)

- 방안 3의 인천시청~원인재구간이 시간절감 효과가 약 44.5%로 가장 크게 분석되었다.

- 인천도시철도 급행/완행 수요 처리를 위한 열차투입회수 산정 결과는 다음과 같다.

구 분		열차정원 (명/편성)	최대 재차인원	투입시간 (첨두 1시간)	시격	혼잡도	소요편성수	
1안	급행	1,280명	5,586명/시	6.67회	9분	65%	25	11
	완행	1,280명	5,806명/시	6.67회	9분	68%		14
2안	급행	1,280명	5,373명/시	6.67회	9분	63%	25	11
	완행	1,280명	5,826명/시	6.67회	9분	68%		14
3안	급행	1,280명	6,372명/시	6.67회	9분	75%	24	10
	완행	1,280명	5,341명/시	6.67회	9분	63%		14
4안	급행	1,280명	5,292명/시	6.67회	9분	62%	25	11
	완행	1,280명	6,521명/시	6.67회	9분	76%		14
5안	급행	1,280명	8,478명/시	6.67회	9분	99%	25	10
	완행	1,280명	7,738명/시	6.67회	9분	91%		25

- 인천 도시철도1호선 방안별 급행/완행 경제성 분석결과는 다음과 같다.

구분	비용			시간절감 편익			B/C	NPV
	공사비	차량비	총 비용	지역간편익		총 편익		
1안	-	1,670	1,670	인천→서울	282	3,675	2.2	2,005
				인천↔인천	2,710			
				인천→경기	274			
				그 외	409			
2안	1,200	1,792	2,992	인천→서울	343	4,194	1.4	1,202
				인천↔인천	3037			
				인천→경기	307			
				그 외	507			
3안	1,360	3,072	4,432	인천→서울	282	4,854	1.1	422
				인천↔인천	3,601			
				인천→경기	281			
				그 외	690			
4안	-	1,792	1,952	인천→서울	289	3,744	2.2	1,792
				인천↔인천	2,872			
				인천→경기	279			
				그 외	460			
5안	160	3,200	3,360	인천→서울	261	5,376	1.6	2,016
				인천↔인천	5,799			
				인천→경기	342			
				그 외	1,400			

2) 고성능 전동차 기술개발

가) 차량 시스템 설계 및 제작

■ 핵심장치 설계 및 제작
- 고성능 견인전동기 설계 및 제작
- 시스템 인터페이스 검토
- 경량화 설계 기술 개발
- 냉각성능 향상 기술개발
- 4M편성 시제품 제작 및 시험
■ 정밀 추진제어 시스템 최적화
- 0km/h까지 전기 제동 적용 최적화
- PMSM 제어 신뢰성 향상
- PMSM 4set 제어용 추진 제어장치 크기 최적화
■ 주행 장치 성능 개선
- 개조차량용 대차 제작
- 기존 대차 재사용을 위한 정비 및 보수
- 탈선 시험

나) 차량 시스템 개조

■ 개조 설계 및 제작
- 기존 시스템 기술검토
- 개조범위 검토
- 개조장치 설계/제작
- 기능/성능시험

다) 열차 성능시험

■ 완성차 및 본선 시험/시운전
- 단위 Unit 기능/성능시험
- 편성차량 기능/성능시험
○ 고성능 전동차 기술개발 검토
- 현재 국가 R&D로 기 개발되어 내구성 시험 중인 차세대 전동차(3M3T)를 4M의 고성능전동차로 개량하고 핵심 부품기술을 개발하여

성능시험을 수행할 수 있다. 차세대전동차의 현재 편성내용과 개발사양은 다음과 같다.

< 차세대 전동차 개발사양 >

항목	개발목표 사양
차량 형식	도시철도용 직교류 전동차
차량 편성	6량 1편성
설계최고속도	130km/h
가/감속도	가속도 : 3.3km/h/s, 감속도 : 상용 3/5km/h/s, 비상 : 4.5km/h/s
접전 방식	Single Arm Pantograph
전원 전압	AC 25kV/DC 1,500V
속도제어방식	개별제어(1C1M), VVVF 인버터. 벡터제어
제동 방식	완전전기제동(M-car), 공기제동(T-car)
져크 한계	0.8m/s^3
신호 방식	통신기반 신호방식(CBTC)



< 차세대 전동차 편성내용 >

- 3M3T 차세대 전동차를 4M(Mc1-M-M-Mc2)으로 개조 시 검토사항은 다음과 같다.



< 고성능 전동차 편성내용 >

- AC/DC 겸용으로 되어있는 차세대전동차는 DDM구동방식을 적용하고 있어 4M으로 개조하기 위해서는 기기배치 및 공간을 고려하여 DC 개조가 유리함
- 4M으로 개조하기 위한 DDM 4set 제작
- DDM은 차축장가방식으로 un-sprung mass가 커지므로 궤도 부담력에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 횡압측정용 윤축 1set 및 DDM 1세트 추가 제작이 필요함
- T차량을 M 차량으로 개조하기 위하여 T대차를 M 대차로 개조
- 고정밀 정위치 정차제어를 구현하기 위한 1C1M 방식 적용
- 자연냉각방식으로 기기배치 구성이 어려운 경우 차세대 전동차에서 적용하지 않은 강제냉각방식 기기 적용 검토
- 대차를 제외한 하부기기 측면에 스커트 장착 불필요

제 2 장 국내외 동향 및 환경 분석

가. 국내외 정책동향

1) 국내 정책 동향

가) 출퇴근시간 단축 정책

■ 수도권 및 대도시권 광역 도시화로 장거리 출퇴근 시간 지속 증가
■ 현재 광역 및 도시 철도는 노선 우회 및 역간 거리가 짧아 타 교통수단 대비 속도 경쟁력이 떨어짐
■ 광역 도시철도의 수송 분담률을 높여 혼잡한 도로교통을 완화하고, 출퇴근 시간 단축을 통해 국민 행복을 높이기 위한 개발이 시급
■ 국가철도망 구축계획 (2011-2020) (2011.4. 국토해양부, 광역철도의 운영체계를 급행위주로 재편)
■ 국토교통부 대통령 업무보고(2013.4.4., 대도시권 도시철도 구축을 통해 출퇴근 불편해소)
■ 따라서 출퇴근 시간 단축에 대한 연구가 필요하며, 기존 광역도시철도 노선의 시간단축을 위해서는 급행화 방안 필요

나) 광역철도망 현황

■ 2020년 수도권 광역도시계획('09.4. 변경사항 반영) 보고서에 따르면, 서울특별시 제 1기 및 제 2기 지하철, 인천광역시 지하철, 수도권 전철 운행구간의 총 구간거리는 2004년 12월 현재 493.8km, 정차장수는 총 390개이고, 광역전철의 경우 경인선(구로~인천) 복복선 전철화 사업(구로~부평 간 복복선 전철화 1998년 완공)과 경의선, 경원선, 경춘선 복선전철사업과 분당선 연장, 신분당선, 신안선선 건설이 추진중에 있다.
■ 수도권 광역도시철도망은 선진외국의 주요도시와 비교하여 볼 때 시설연장이 매우 부족한 실정이고 수송 분담률 또한 낮으며, 광역철도망이 체계적으로 정비되어 있지 않아 수단간 연계, 노선 간 환승, 운행효율성(간선과 지선 운행, 완행과 급행 운행 등) 측면에서 경쟁력이 떨어지고 있다.

다) 국내 광역도시철도 노선연장 계획

■ 국내 광역도시철도 노선연장 계획은 다음과 같다.

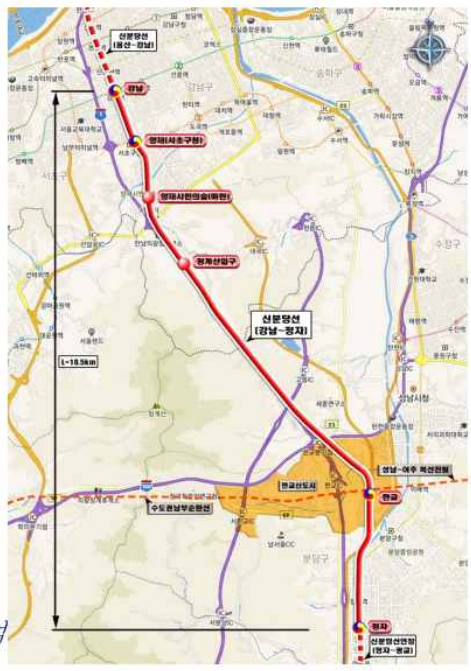
□ 5호선 연장건설

- *구　　간 : 5호선 상일역~미사역~시청역~검단역*
- *규　　모 : 연장 8.0km, 정거장 5개소*
- *사 업 비 : 1조 1,331억원*
- *사 업 기 간 : '11.5 ~'19.*
- *추 진 현 황 : 사업비 분담 협의중*



□ 신분당선

- *1단계 구간 : 분당(정자역) ~ 판교 ~ 양재 ~ 강남*
- *규　　모 : 연장 18.5km (서울시계 8.8km),*
  정거장 6개소
- *사 업 비 : 1조 5,808억원 (1단계)*
  - *국고 1,913억원, 지방비 638억원,*
    판교이익금 4,850억원, 민자 8,407억원
- *사 업 방 식 : 민자사업 (신분당선㈜)*
  두산건설 등 7개사
- *추 진 경 위 :*
  - *'04.04 : 광역철도 5개년 기본계획에 반영*
  - *'05.07 : 1단계 착공*
  - *'11.12 : 완료 예정*
- *2단계 구간 : 강남역 ~ 논현 ~ 용산역(7.49km)*
  - *'11.1 ~'16.12*
  - *총사업비 : 9,773억원(재정부담요구액 4,378억*
    시분담금 1,095억원





■ 급행/완행 혼용운행을 위해서는 완행 대피를 위한 시설이 필요하며, 노선 연장 시 급행/완행 운행을 위한 대피선을 설치를 하면 기존 노선에 대피선을 설치하는 것보다 인프라 비용이 적게 든다. 따라서 시간단축을 위한 급행/완행 운행을 보다 효율적으로 하기 위해서는 노선 연장에 대한 급행/완행 운행방안을 기본계획서부터 반영하는 것이 필요.

2) 국외 정책동향

■ 일본 지하철의 경우 건설 시부터 대피선을 설치하여 급행/완행을 운행하고 있는 사례가 많음

■ 프랑스 RER의 경우 도심 외곽지역에서는 대피선 없이 스킵-스탑 방식으로 속도향상을 하고 있음

■ 기존 운행 중인 노선에 가감속도가 우수한 전동차를 완행, 기존 전동차를 급행으로 운행하기 위한 정책 및 완행 대피를 위한 인프라 개조를 하는 계획은 현재로서는 없음

나. 국내외 시장현황 및 전망

1) 국내 시장현황

가) 국내 광역 도시철도 표정속도 현황

■ 국내 광역 도시철도는 아래 표에서 보는 바와 같이 표정속도가 낮고 소요시간이 길어 시민들의 이용에 한계가 있다.

구 분	역수	노선연장 (km)	평균역간거리 (Km)	소요시간 (분)	표정속도 (km/h)
서울시 2호선	43	48.8	1.2	67	43.7
서울시 3호선	43	57.4	1.4	93	37.0
서울시 4호선	48	71.5	1.5	114	37.6
서울시 5호선(마천)	46	47.6	1.1	87	32.8
서울시 5호선(상일동)	44	45.2	1.1	83	32.7
서울시 6호선(역촌-봉화산)	38	34	0.9	69	29.6
서울시 7호선	51	57.1	1.1	100	34.3
서울시 8호선	17	17.7	1.1	31	34.3
인천시 1호선	29	29.4	1.1	54	32.7
부산시 1호선	34	32.4	1.0	62	31.4
부산시 2호선	42	45.3	1.1	85	32.0
부산시 3호선	17	18.1	1.1	34	31.9
대구시 1호선	30	25.9	0.9	50	31.1
대구시 2호선	29	31.3	1.1	55	34.1
광주시 1호선	20	20.5	1.1	37	33.2
대전시 1호선	22	20.5	1.0	40	30.8

나) 국내 급행화 사례

■ 경인선 용산~동인천 급행 사례

○ 용산~동인천간 경인선은 구간연장 33.6 km, 정차역 25개, 통행시간 58분이 소요되나, 지상구간 복복선 선로를 이용한 급행열차를 도입

14개 역에 정차하여 통행시간을 44분으로 줄여 24%를 단축함

○ 하루 213회 운행 중이며, 서울 도심에서 거리가 먼 동인천~구로구간 대해서는 19개 역사 중 8개 역사에만 정차를 하나 도심에 가까운 구로~용산 구간에 대해서는 전역 정차 중

○ 급행화를 통해 동인천~용산 구간의 33.6km를 45분에 주파하는 등 (표정속도 약 45km/h) 도시철도만의 속도는 증가하였으나 버스 등 타 대중교통과 환승하는데 수 분 이상이 걸려 전체 출퇴근 시간 단축에 개선 여지가 있음. 다음 그림의 부개역의 경우 역사 옆에 도로가 있으나 환승을 위해서는 역사 중앙으로 이동하고 계단을 이용해야 하는 등 시간이 많이 소요됨



< 부개역 역사 현황 >

■ 경부선 용산~천안 급행 사례

○ 용산~천안 간 경부선은 지상구간 구간연장 93.4 km, 정차역 33개, 통행시간 111분이 소요되나, 하루 24회 17개 역사에만 정차하는 급행을 도입 통행시간을 88분으로 줄여 약 21%를 단축함

■ 9호선 급행 사례

○ 개화~신논현 간 9호선 1단계는 영업연장 25.5 km, 정차역 25개, 표정속도 31.9 km/h로 통행시간이 51분 소요되나, 계획단계부터 고려된 대피선을 이용한 급행의 경우 9개 역에만 정차하여 표정속도 45.1km/h, 통행시간 31분으로 운행 중임(운전시간 38% 단축)

○ 대피선은 6곳에 설치되어 있으나, 완·급행 환승이 가능한 급행이 정차하는 대피선 설치 역사는 가양역과 동작역 2 곳뿐임

○ 급행에 대한 인기가 높아 급행 혼잡도가 200% 이상 되며 수송수요

지속 증가

○ 2단계로 12정거장에 대한 노선연장을 하고 있으며 그중 3개의 대피역사를 건설 중에 있어 추후 지속적인 급행/완행을 운행할 계획임

다) 전동차 내구연한 현황

■ 본 기획연구의 주요 내용은 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차를 완행으로, 기존 전동차를 급행으로 운행하는 방안으로서 급행 정차역을 많이 하게 되면 완행 대피 없이 급행/완행 운행이 가능함. 이런 방안은 인프라 개조 없이 고성능 전동차만 투입되면 바로 급행/완행 운행이 가능하므로 고성능 전동차 구매에 따른 국내 전동차의 내구현황에 대한 조사가 필요함

○ 철도안전법 시행규칙 제 71조에 따라 전동차는 25년을 내구연한으로 규정하고 있으며 내구연한 만기 시 5년 주기의 정밀진단 결과에 따라 최장 15년을 연장 사용 가능함.

○ 서울메트로는 89년 도입 142량(1호선 64량, 2호선 78량)에 대한 정밀진단 결과에 따라 빠르면 2015년부터, 늦으면 2030년부터 전동차 교체시기가 도래함 (1974년~1985년 도입된 차량 760량은 25년 내구연한 만기 후 1998년부터 2010년까지 순차적으로 신조차로 교체됨)

○ 부산교통공사의 경우 85년 제작분 84량이 1차 정밀진단 통과로 2015년까지 운행되므로 바르면 2016년, 늦으면 2026년부터 전동차 교체시기가 도래함

< 서울메트로 차량 보유 현황 >

구분	도입년도	합 계	사용연수	도입량	1호선	2호선	3호선	4호선	비 고 (내구연한)
합 계		1,954		1,954	160	834	490	470	
증차	1989	142	23	142	64	78			2014
	1990	268	22	126		67	59		2015
	1991	466	21	198		175	23		2016
	1992	600	20	134		80	54		2017
	1993	802	19	202		60	14	128	2018
	1994	1,112	18	310		20		290	2019
	1995	1,184	17	72		20		52	2020
대폐차	1998 ~2010	1,944	2~14	760	96	334	330		'74~85 도입 대폐차용
증차	2010	1,954	2	10			10		연장구간 증 차 용

< 서울도시철도공사 차량 보유 현황 >

구분	5호선		6호선	7,8호선	
	1차	2차		1차	2차
수량	368량 (46편성)	240량 (30편성)	328량 (41편성)	227량 (32편성)	398량 (52편성)
도입년도	1995	1996	2000	1997	2000
사용 내구연한	2020	2021	2025	2022	2025
사용연수	17	16	12	15	12

< 부산교통공사 차량 보유 현황 >

구분	1호선							2호선			3호선	4호선
	1차	2차	3차	4차	5차	6차	7차	1차	2차	3차		
수량	84	48	54	30	36	48	60	168	96	72	80	102
도입년도	1985	1987	1988	1991	1994	1994	1997	1999	2001	2002	2005	2011
사용 내구연한	2010	2012	2013	2016	2019	2019	2022	2024	2026	2027	2030	2035
사용연수	27	25	24	21	17	17	15	13	11	10	7	1

< 기타 운영기관 차량 보유 현황 >

구 분	대구도시철도		인천 교통공사	광주도시철도		대전 도시철도	인천 국제공항	서울 9호선	의정부 경전철
	1호선	2호선	1차	1차	2차				
수량	204량 (34편성)	180량 (30편성)	200량 (35편성)	52량 (13편성)	40량 (10편성)	84량 (21편성)	72량 (9편성)	96량 (32편성)	30량 (15편성)
도입년도	1997	2005	1999	2004	2008	2006	2009	2009	2012
사용 내구연한	2022	2030	2024	2029	2033	2031	2034	2034	2037
사용연수	15	7	13	8	4	6	3	3	1

< 서울메트로 교체연도별 교체현황 - '98~'10년 기간중 760량 >

구 분	합계	'98	'99	'02	'05	'07	'08	'09	'10
합 계	760량	20	40	36	54	70	210	270	60
1호선	96량	20	40	36					
2호선	334량				54	70	210		
3호선	330량							270	60

※ 교체근거 : 정밀진단 결과 연장사용 불가 판정으로 내구연한 도래기준 교체

○ 서울메트로에서 전동차 정밀진단 결과에 따라 신조전동차 도입 시기를 검토한 결과, 내구연한 도래기준으로 5년 이내 600량 교체가 필요함.
- 도래차량 : 600량(1호선 64량, 2호선 400량, 3호선 136량)
- 도래시기 : 2014～2017년('89～'92년 도입)

○ 연장사용 기준으로 5～15년 연장(시범시행결과)할 경우 1호선 15년, 2,3호선 5~6년 연장사용 가능함.

○ 연장사용 관련 정밀진단 추진현황

- 1호선 전동차 정밀진단 - '74 ~ '78년 도입 96량 대상
  * 관련근거 : 법정내구연한 미 제정('96.11.7 제정)
  * 대상차량 : 96량('74년 60량, '77~'78년 36량)
  * 진단기간 : '94.12 ~ '95.10월 / 대우중공업(철도차량연구소)
  * 진단결과 : 경제적 사용수명 24년으로 연장사용 불가

- 1~3호선 전동차 정밀진단
  * 1차 : '82 ~ '86년 도입 664량 대상
    대상차량 : 664량('80년 54량, '82~'86년 280량, '84~'85년 330량)
    진단기간 : '05.3～10월 / 한국철도기술연구원(국토부 지정)
    진단결과 : 내구연한 25년 이상 연장사용 불가
  * 2차 : '89 ~ '90년 도입 268량 대상 _시행중 - 시행중
    대상차량 : 268량('89년 142량, '90년 126량)
    진단기간 : '11.8 ~ '13.12월 / 한국철도기술연구원
    시범진단 : 32량('11.8～'12.1월)

- 진단결과 : 1호선 15년, 2호선 일본형 5년, 영국형 6년 연장

※ 제작사 당시 15년 이상의 제작기술로 차량 설계능력 및 구조건전성 향상

* 확대진단 : 236량('12.3～'13.12월) 시행중

< 서울메트로 연도별 도입 및 사용연수 현황(단위 : 량) >

구분	도입년도	합 계	사용연수	도입량	1호선	2호선	3호선	4호선	비 고 (내구연한)
합 계		1,954		1,184	160	834	150	470	
증차	'89	142	23	142	64	78			2014
	'90	268	22	126		67	59		2015
	'91	466	21	198		175	23		2016
	'92	600	20	134		80	54		2017
	'93	802	19	202		60	14	128	2018
	'94	1,112	18	310		20		290	2019
	'95	1,184 (1,944)	17	72		20		52	2020

2) 국외 시장현황

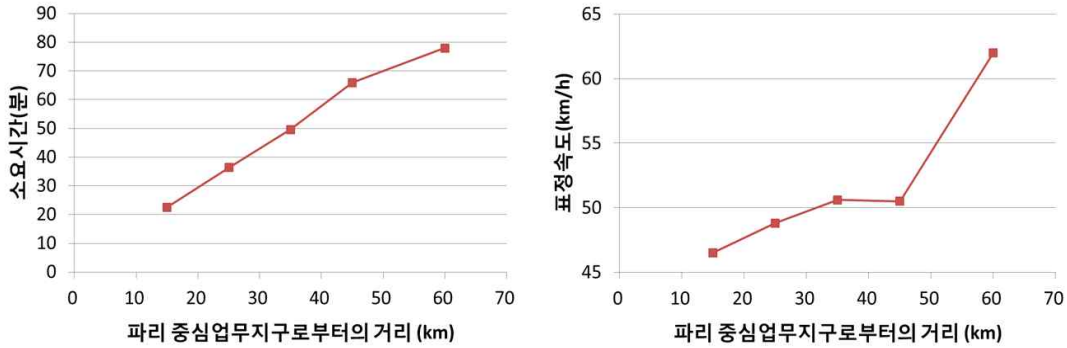
가) 국외 급행화 사례

■ 프랑스 파리 광역급행철도(RER)

○ 파리시와 주변 5개 신도시를 연결하기 위해 광역급행철도(RER)을 건설하여 A~E의 5개 노선에 257개 역사 총연장 587 km를 운행하고 있으며, 파리지하철 14개 노선과 노면전차 4개 노선등과 연계하여 파리시와 외곽 거점을 연결하는 주요 교통수단의 역할을 수행

○ RER차량의 좌석은 횡렬방식으로 상당수 노선에서 2층 차량을 운행하여 수송능력을 강화하였고 규모는 8량 편성에 1,600석이상의 좌석을 제공하며, 1량 당 좌석 수는 204석으로 서울지하철 54석의 약 4배임

○ 역간거리를 파리 중심에서는 짧게, 중심에서 멀어질수록 길게 하고, 노선의 직선화와 전용 선로 및 승강장을 사용하여 운행횟수 및 표정속도를 높임



< 프랑스 광역급행철도 RER의 운행현황 >

< 프랑스 RER와 타 교통수단 현황 비교 >

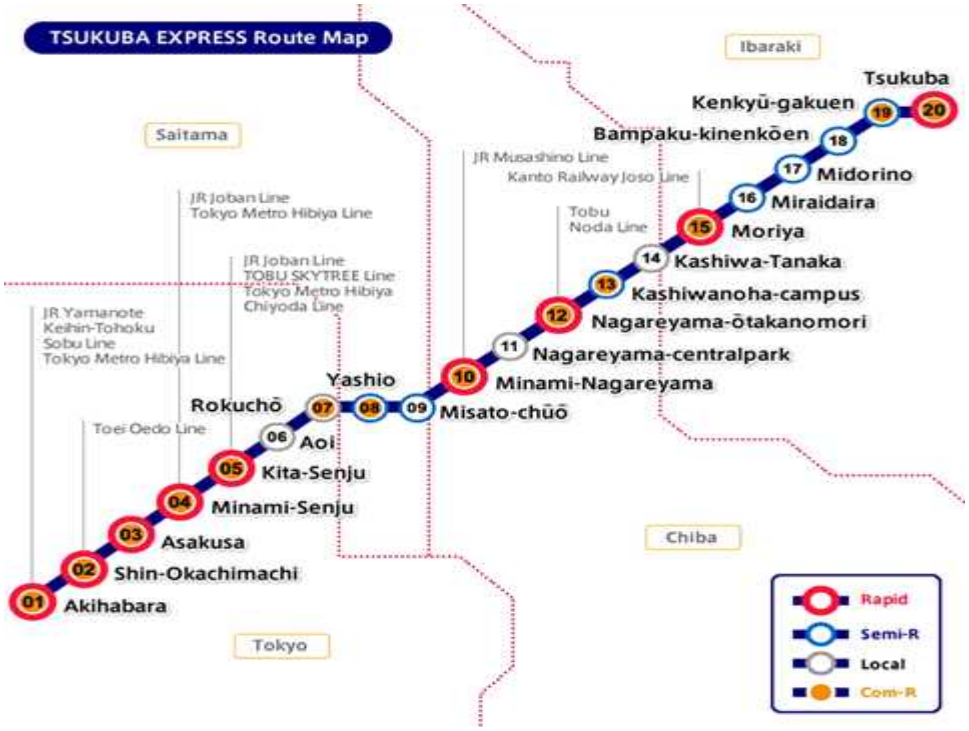
구분	노선수(개)	연장(km)	역(개)	역간간격(km)	표정속도(km/h)
버스	1311	22650	28950	0.8	15~20
지하철	14	213	300	0.7	30
트램	3	31.4	56	0.6	20~24
RER	5	586.4	257	2.2	55.4

○ 유기적 연계를 위해 17개 정부기관과 17개 지방정부로 구성된 STIF(일드프랑스 교통공단)를 구성하여 운영주체가 다른 간선철도와 도시철도를 통합적으로 운영

■ 일본 쯔꾸바 익스프레스

○ 동경 아키하바라와 과학 신도시 쯔꾸바를 잇는 연장 58.3 km, 20개 역사, 최고운전속도 130 km/h의 노선으로 2005년 개통하였으며 일평균 27만 명을 수송함

○ 완행, 준급행, 급행의 세 가지 노선으로 운행 중이며, 아키하바라~쯔꾸바간의 운행소요시간은 각각 45분, 52분, 57분으로 급행의 경우 표정속도가 77 km/h에 이르며 완행의 표정속도도 60 km/h를 상회함



■ 일본 케이오 철도

○ 동경 신쥬쿠와 케이오하치오지 간을 중심으로 연계되어있는 4개의 노선에 37.9 km의 케이오 노선을 설치하여 특급, 준 특급, 급행/쾌속, 완행으로 운행 중임

○ 도심에서 먼 곳에 있는 역들을 대상으로는 각 역을 모두 정차하지만 도심과 가까운 곳에서는 준 특급과 같은 형태로 운영되는 통근 쾌속을 운행

○ 전역정차의 경우 소요시간은 50분이나 특급은 34분으로 특급의 운행시간은 전역정차에 비해 32% 빠르며 특급의 표정속도는 67 km/h에 이름

■ 일본 신주쿠선

○ 동경 신주쿠와 모토야와타 간을 잇는 연장 23.5 km, 21개 역사의 노선으로 표정속도의 경우 완행은 35 km/h, 급행은 49 km/h로 운행 중임

○ 급행의 경우 8개 역사만 정차하며 이와모토쵸, 히가시오시마, 미주에에서 지하대피선을 활용하여 운전 중이며 급행이 완행에 비해 약 29% 빠름

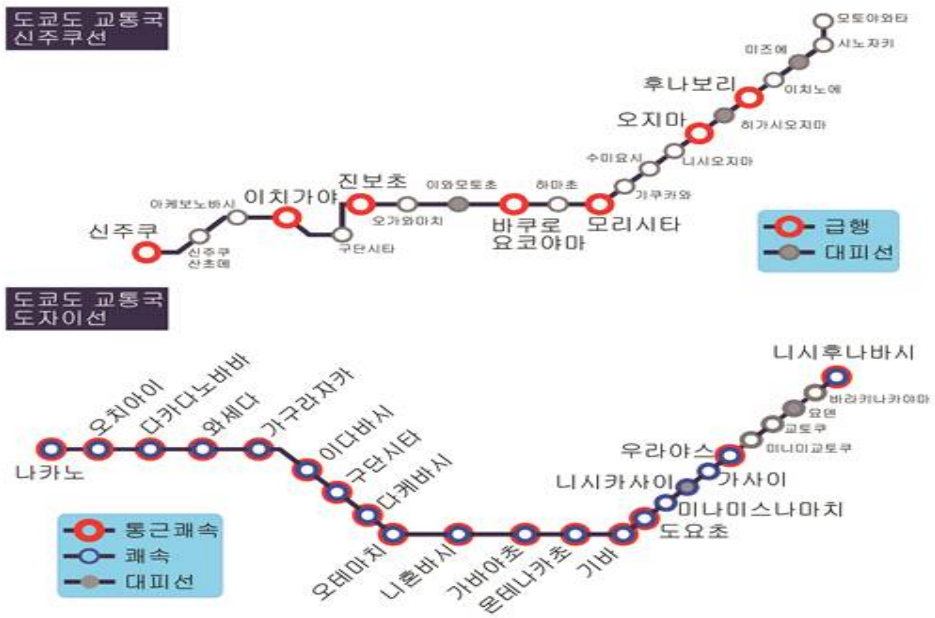


< 미주에역 지하대피선 >

■ 일본 도자이선

○ 도쿄 나가노와 니시후나바시 간을 잇는 연장 30.8 km, 23개 역사의 노선으로 표정속도의 경우 통근쾌속은 37 km/h, 쾌속은 43 km/h로 운행 중임

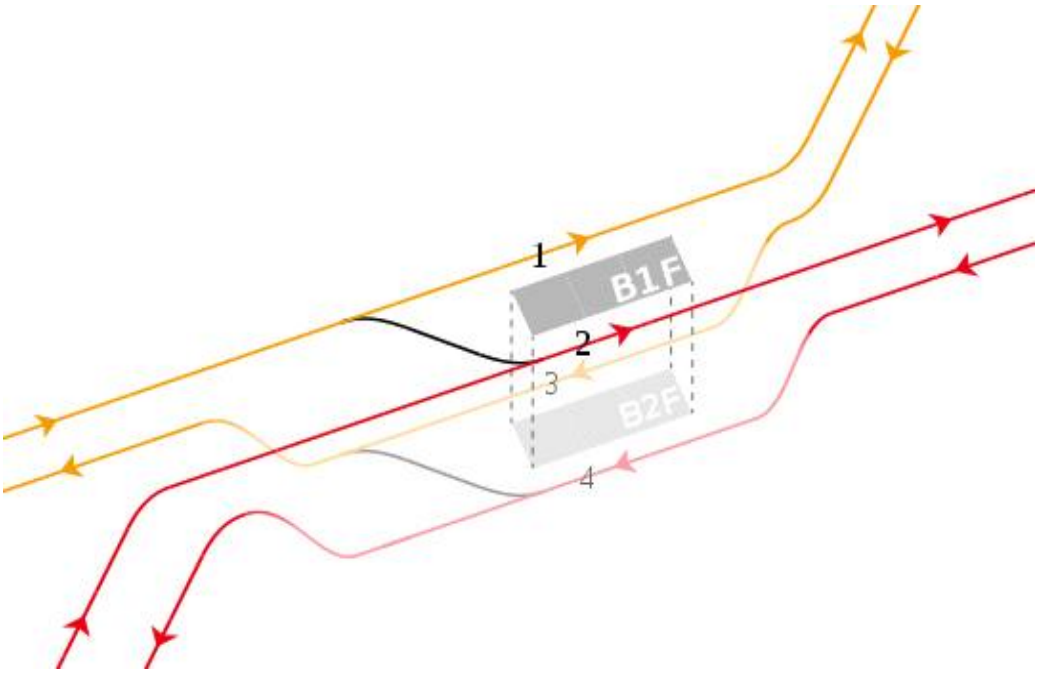
○ 10 km 이상의 고가구간을 가지고 있기 때문에 니시카사이역과 묘덴역에 대피선을 설치 통근쾌속과 쾌속으로 운행 중이며 쾌속이 통근쾌속에 비해 약 14% 빠름



< 신주쿠선과 도자이선 노선도 >

■ 일본 마루노우치선

○ 아카사카미츠케역에서 긴자선과 노선이 만나는데 다음과 같이 평면 환승이 가능하도록 건설됨.



< 아카사카미츠케역 환승도 >

다. 기술동향 분석

1) 관련 기술개발 동향

가) 급행화 연구 현황

■ 1990년대 후반 서울시 지하철 구간을 대상으로 추가 시설 없이 운행 방식 변경 을 통한 급행화 연구가 진행되었으며, 2000년대 들어서 연구의 범위가 지하철 전 구간으로 확대되고 대피선 및 추가 노선 설치를 통한 급행화 방안 연구로 확대됨

■ 완·급행 병행 운영 시나리오에 따른 승객의 이용 패턴, 수요 변화, 표정속도변화 등의 미시적 급행 효과 분석이 연구의 주를 이룸 [1,2,3,4,9]

■ 급행화를 위한 차량 및 분기기 개량, 대피선 설치, 전력 추가, 시스템, 신호, 통신 개선 등에 대한 구체적 공학적 접근이 이루어지지 않았으며,

소요비용까지 검토하여 최적화된 급행화 방안을 찾는 연구 사례 없음
■ 급행화와 관련된 특허로서, 전반적인 급행화 시스템 특허보다는 급행화시 수반되는 부수적 시스템 및 운용 장비(게이트, 요금징수, 좌석 등)에 관한 방법 특허가 국내 및 국외에서 출원됨

나) 국내 도시철도차량 가감속도 현황 및 기술개발 동향

■ 현재 국내 전동차 가감속 성능은 3.0/3.5 km/h/s
■ 현재 도시철도의 출입문 폭은 1.3m 규격
■ 출입문 개폐 관련 국내 규정(도시철도용품의 품질인증 요령)에는 열림 동작 제한시간은 2.5±0.5초이며 닫힘 동작 제한시간은 3.0±0.5초임
■ 도시철도용품의 품질인증 요령에 따라 승강장 스크린도어시스템은 개폐시간 4.5초 이하이며 조정 가능하여야 함으로 되어있음
■ 기존 광역·도시철도의 급행화를 현실화하기 위해서는 인프라 개조 비용이 적게 소요되는 연구가 필요하며 이를 위해서는 대피선 수를 최소화하기 위한 가감속 성능이 우수한 고성능전동차 기술개발이 필요함. 국내 중량 전철의 경우 가감속 성능이 3.0/3.5km/h/s으로 요구되어, 이 이상의 성능향상에 대한 개발 요구가 없었음.
■ 국가 R&D로 개발된 차세대 전동차는 3M3T차량으로 DDM(Direct Drive Motor)을 적용하여 완전회생제동이 가능하며 최대가속도는 3.5km/h/s까지 가능한 차량으로 현재 대불 시험선에서 내구성 시험 중임.

< 국외 주요도시별 가감속 성능 >

도시명	캘거리 (캐나다)	워싱턴 D.C (미국)	프랑크프루트 (독일)	뒤셀도르프 (독일)	LA (미국)	새인트루이스 (미국)
가속도 성능 (km/h/s)	4.86	4.5	4.68	4.32	4.86	4.86
감속도 성능 (상시/비상,km/h/s)	4.5/ 5.62	4.68/ 5.15	5.4/ 9.83	5.4/ 9.72	5.58/ 8.39	4.86/ 9.18

주요도시	샌프란시스코(미국)	홍콩	도쿄 (일본)	마드리드 (스페인)	코펜하겐 (덴마크)	파리지하철 (프랑스)
가속도 성능 (km/h/s)	4.82	3.6	3.0~3.3	6.74	4.68	4.86
감속도 성능 (상시/비상,km/h/s)	5.62/ 9.65	3.96 4.86	3.5 5.0	6.48	4.68	4.26 8.28

< 국내 도시철도차량 가감속도 현황 >

항목	차량시스템		
	최대가속도 (km/h/s)	최대감속도 (km/h/s)	최고속도 (km/h)
용인경전철	3.6	3.6	80
밴쿠버스카이트레인 (MKI)	4.4	3.6	90
밴쿠버스카이트레인 (MKII)	3.6	3.6	90
일본표준규격보고서	3.0	3.5	70
고베시해안선	3.0	3.5	70
동경12호선	3.0	3.5	70
파리지하철	4.68	4.68	80
의정부경전철	4.68	4.68	80
국내전동차	3.0	3.5	80

다) 저크제어 기준

■ 도시철도법 제22조의3에 근거한 “도시철도차량의 성능시험에 관한 기준”에서는 가감속시 저크시험을 하도록 되어있으며 통상적으로 0.8m/s^3 이하로 기준을 정하고 있음

라) 정위치 정차 기준 및 기술 동향

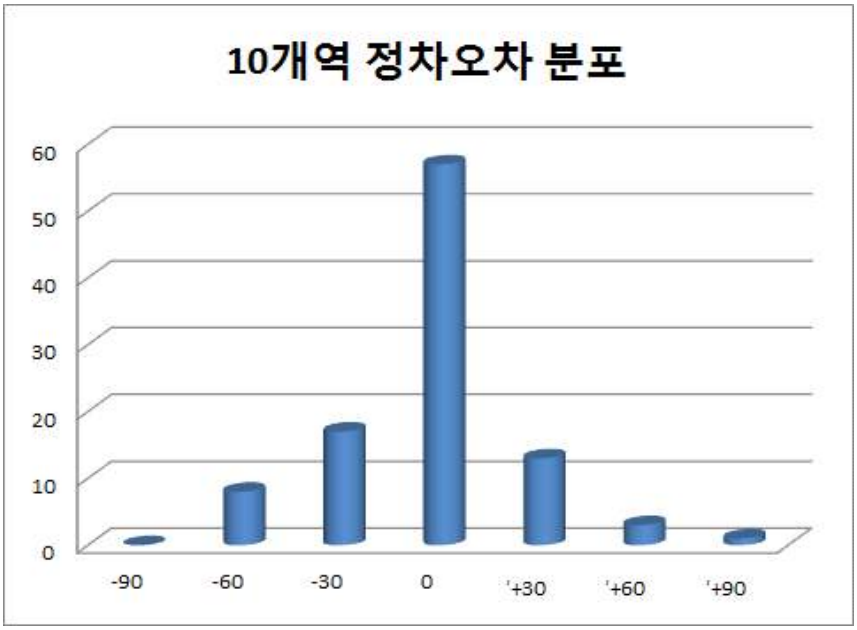
■ 국내 도시철도차량 정위치 정차기준은 “도시철도차량의 성능시험에 관한 기준” 별표26 지상설비와의 연계동작시험에 ±350mm의 범위 내에서 90% 이상의 정위치 정차율을 갖도록 되어있음. 동 규정에 PSD가 설치된 역사의 경우 PSD 폭내에 도어폭이 포함되어야 한다는 규정을 감안하면 국내 대부분의 도시철도역사내에 PSD가 설치되어 있어 100% ±350mm 이내에 정위치 정차 하여야함.

■ 현재 수도권에서 자동으로 정차하는 노선은 도시철도 5678호선과 신분당선이다. 이 중 도시철도 5호선과 7, 8호선에 대하여 정위치 정차 현황을 조사하였다. 참조 문헌에 현재 운영 중인 도시철도 5호선의 주요 10개역에서 측정한 상·하행선 정위치 정차의 오차 분포가 있어 이를 다음 표에 나타내었다.

< 도시철도 5호선 정위치 정차 오차 분포 >

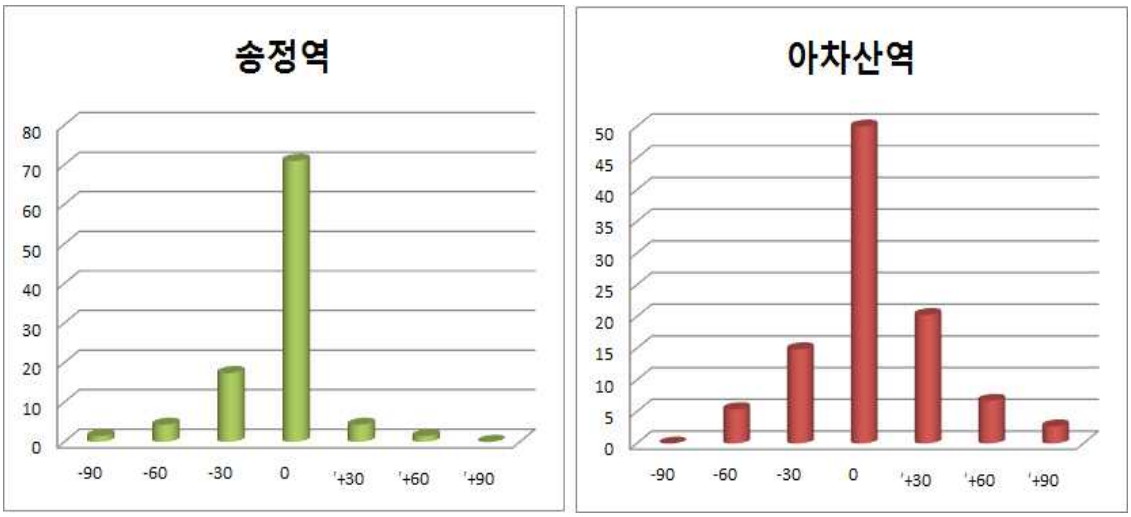
위치오차 초과분(cm)		-90	-60	-30	0	‘+30	‘+60	‘+90	계
까치산	하		1	1	18	10	4	2	36
	상		6	11	15	1	1		34
양평	하		4	9	16	5	2		36
	상		2	4	26	4			36
영등포시장	하	2	7	12	14	1	1		37
	상		3	11	23				37
마포	하		3	7	23	4			37
	상		1	3	25	6	2		37
동대문 역사문화	하		2	7	22	4	1		36
	상		5	14	15	2			36
신금호	하			2	27	6	2		37
	상		9	11	16	1			37
행당	하		1	2	20	12	1		36
	상		3	3	24	5			35
군자	하		1	2	20	12	1		36
	상		3	3	24	5			35
아차산	하			1	19	12	3	2	37
	상		4	10	18	3	2		37
송정	하			5	28	2			35
	상	1	3	7	21	1	1		34
분포개수		3	58	125	414	96	21	4	721
백분율(%)		0	8	17	57	13	3	1	100

■ 위 표에서 위치오차 초과분은 정위치 정차 규격인 ±35cm를 초과한 값이다. 따라서 현재 정차 규격을 만족하는 비율이 60%가 되지 않음을 알 수 있고 정차 오차가 ±95cm를 초과하게 되어 기준치보다도 60cm 나 큰 오차를 나타내는 경우도 12%나 됨을 알 수 있다. 이러한 오차에 대한 분포를 아래 그림에 나타내었다.



< 도시철도 5호선 10개역 정차오차 분포 >

■ 오차 분포는 해당 역의 선로 상태에 따라 차이가 발생하는데 비교적 선로 형태가 좋은 송정역은 정위치 정차 규격을 충족하는 비율이 71%가 되지만 곡선과 구배가 심한 아차산역은 그 비율이 50%로 감소하게 된다. 이는 5호선의 각 역사가 곡선과 구배를 포함하고 있으며 이러한 사항이 정차 패턴 및 제어 알고리즘에 반영되지 못하였기 때문이라 사료된다. 따라서 열차 정차제어에 대하여 오차 원인과 제동 메커니즘, 알고리듬에 대한 심도 있는 연구가 필요하다.



< 송정역과 아차산역의 정차오차 분포 >

■ 도시철도 7호선과 8호선의 주요 역에 대하여 정위치 정차 오차 측정을 수행하였다. 이에 대한 결과를 다음 표에 나타내었다.

< 도시철도 7호선, 8호선 주요 역의 정위치 정차 오차 >

7호선		8호선	
역명	위치오차(cm)	역명	위치오차(cm)
대림	+8	잠실	+4
남구로	+23	석촌	+10
가산디지털단지	+26	송파	+13
철산	+31	가락시장	+12
광명사거리	+38	문정	+21
천왕	+36	장지	+2
온수	+32	복정	+33
까치울	+20	산성	-1
부천종합운동장	+20	남한산성입구	-2
춘의	+22	단대오거리	+18
신중동	+19	신흥	+11
부천시청	+17	수진	+13
상동	+19	모란	+17
삼산체육관	+37	모란	+33
굴포천	+33	수진	+47
부평구청	+18	신흥	-55
보라매	+1	단대오거리	+34
신대방삼거리	+9	남한산성입구	+12
장승배기	+29	산성	+7
상도	-13	복정	+32
숭실대입구	+4	장지	+40
남성	+16	남성	+16
총신대입구(이수)	+7		
내방	+32		
고속터미널	-8		

■ 앞서 측정한 5호전 정위치 정차 오차 현황과 비교해 보면 87%가 규격을 만족함으로써 전반적으로 성능이 향상되었음을 알 수 있다. 또한, 과주에 의해 발생하는 오차의 비중이 미진에 의해 발생하는 오차보다 많다. 결국, 열차를 운행하면서 지속적인 조정을 통해 예전보다는 정위치 정차 오차가 감소하였지만 아직 개선 여지가 남아 있으며 특히 제동 관련된 부분이 개선되어 원하는 시점에 제동이 이루어져야함을 의미한다.



< 상동역 정차 시 출입문과 스크린도어 >

■ 위 그림은 상동역에서 정차 후 개방한 출입문과 스크린도어를 사진으로 보인 것이다. 이때의 정위치 정차 오차는 29cm로 정차 규격을 만족한다. 그러나 스크린도어가 폭이 2,000mm로 정차 오차가 35cm이내가 되어야만 스크린도어와의 간섭을 방지할 수 할 수 있다. 더욱이, 고성능 전동차의 경우 출입문 폭을 1,800mm로 증가시킬 계획이므로 정위치 정차의 오차를 10cm 이내로 만족시켜야 간섭을 방지할 수 있다. 따라서 현재의 정위치 정차 오차 현황을 개선하고 앞으로 높은 수준의 정위차 정차제어를 위해 알고리듬 및 관련 연구가 절실히 필요하다.

■ 기존 연구로써 ATO 동작에 관한 연구, 정위치 정차 알고리즘에 관한 연구가 있으나 점질량 모델의 열차를 사용하였고 추진 및 제동에 관한 부품수준의 고려가 되지 않아서 시뮬레이션과 실제의 차이가 큼
■ 실제 모델을 고려한 연구도 있으나열차 시스템 전반에 대한 고려보다는 일부 부품의 동작을 약간 변경하여 개선효과를 얻는 정도에 그치고 있음.
■ 코펜하겐 메트로, 일본 오다큐선에는 출입문 폭을 1,600 mm로 확장하여 운행하고 있으며 이 경우 출입문이 들어가는 부분에 소형 창문을 내어 메인 창문이 작아지는 단점을 보완하였음.

마) 일본 최대가감속도 차량 (제트카)

■ 한신 철도는 오사카 (우메다)에서 고베 (모토마치)까지 운행하며, 일본의 주요 민간 철도 회사 (약 50km) 중 길이가 가장 짧지만 운행 빈도가 잦음. (낮 시간에 3분 간격)
■ 한신전철 중 메인이 되는 노선인 한신본선의 영업거리는 32.1km이고 역 숫자는 33개이다. 이에 따라 1역당 평균 역간거리가 1km가 채 못 되며, 심각한 경우에는 역간거리가 500m에 불과한 구간이 있을 정도로 역이 극히 고밀도상태로 분포한다.
■ 이에 따라 완행열차의 속도향상에 대한 논의가 필요하였으며, 한신전철은 최고속도의 개선 대신 가감속력의 개선을 통해 속도 향상을 하고자 하였다.
■ 5001형 전동차는 기동가속도 4.5km/h/s, 상용감속도5.0km/h/s로서 철도차량으로서는 지금까지 일본에서 최고의 가감속 성능을 가지는 획기적인 차량이었다. 시운전시에는 기동가속도 6.5km/h/s까지 가속도를 올렸으며, 계획 시에는 최대8.0km/h/s까지 올리는 것도 검토를 하였으나 기동가속도 6.5km/h/s의 경우는 만차 상태에서의 가속은 어렵다고 판단되었으며, 8.0km/h/s의 경우는 전원착석상태가 아니면 불가능하여 최종적으로는 상기와 같은 가감속도로 설정되었다.
■ 5500계는 저속으로의 주행 성능을 거의 유지하면서 승차감을 크게 개선하고 또한 중·고속의 주행 성능을 큰 폭으로 향상한 획기적인 차량이다. 한신 5500계의 경우 초기 기동가속도는 4.0km/h/s로 기존 5001형에 비해 약간 하향 조정되긴 하였으나 전동기출력은 기존 5001형보다 오히려 증가한 110kw로 향상되었다. (5001형의 전동기 출력은

90kw) 이에 따라 0km-80km간 가속시간을 21초까지 단축시킬 수 있었다. 5550계는 기동가속도를 유지하는 정가속도영역을 종래의 약 35km/h에서 65km/h를 조금 넘도록 올렸으며, 기동에서 80km/h까지 21초, 영업최고속도인 91km/h까지 25초라는 경이적인 성능을 가지고 있으며, 승차감도 유지되고 있다. 물론 성능을 발휘하기 위해 4량/편성으로 5500계는 전량M차, 5550계는 3M1T로 구성되어 있다.

■ 제트카로 분류되는 고가감속차량은 케이한전기철도의 2000계(슈퍼카), 킨키일본철도의 6800계(라핏트카)등이 존재하지만, 모두 노선주변의 인구증가에 차량증비가 따라가지 못해, 일반 가감속도를 가지는 차량과 중련되거나 부수차를 연결하여, 고감속도운용을 하지 않는다. 한신전철만 고가감속도 차량이 남은 것은 원래부터 노선이 오래되었으며 노선주변의 인구증가가 둔감한 것과 보통열차의 운용 횟수가 적어 보통전용차량의 유지가 쉬웠던 것, 본선의 평균역간거리가 짧은 것이 이유이다.



< 한신 5500계 >

바) 터널 개량 기술 현황

■ 이미 완공된 NATM터널을 개량한 사례는 세계적으로 드물며, 산악도로터널을 부분 폐쇄 후 개량 한 사례는 있으나, 빈번하게 사용되는 도시철도 터널을 운영 중에 개량한 사례는 없음.

■ 세계적으로 교통 수요 증대 및 안정성 확보를 위해 기존의 노후된 터널을 개량하고자 하는 수요로 인해 다양한 프로텍터 개발이 진행 중임.

■ 국내의 경우 남산2호터널 개수공사, 화악터널 확폭 등 기존 도로 터널을 개량을 통해 일정 기술을 확보하였으나, 운영 중에 이루어진 터널

개량공사는 아니었음.

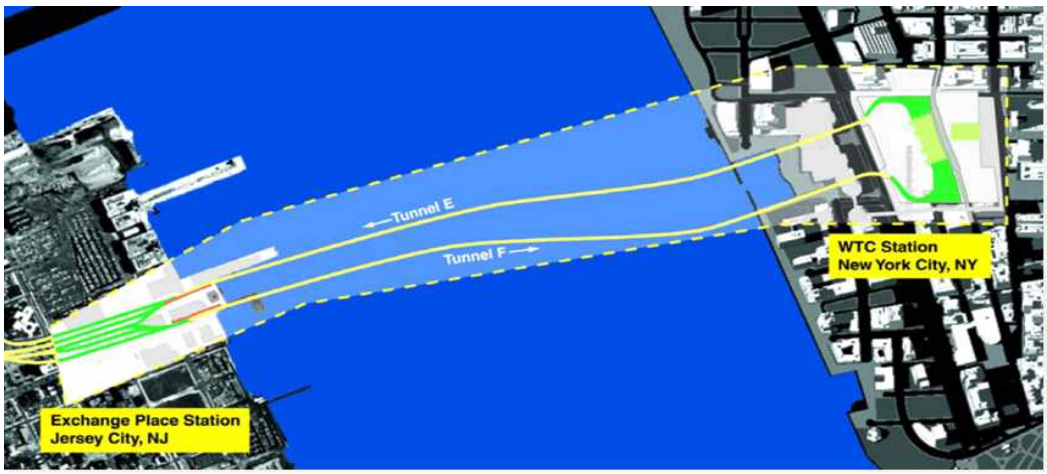
■ 이탈리아에서 Nazzano tunnel 확장시 장비를 개발하여 도로터널을 확장한 사례가 있으며, 현재 독일 Herrenknecht에서 Enlarging Tunnel Machine을 개발 중임.

- 해외 터널 개량 사례 (뉴욕 Exchange Place Improvement Project)

■ 911 테러로 인해 World Trade Center (WTC)가 파괴되고, 뉴저지 Exchange place와 WTC를 잇는 터널이 침수 됨.

■ 복구 프로젝트의 일환으로 Exchange place 하저에 존재하는 기존 지하철 터널을 개량하여 분기 터널을 시공함. 2001년 당시 공사비용으로 $160M 이 소요됨.

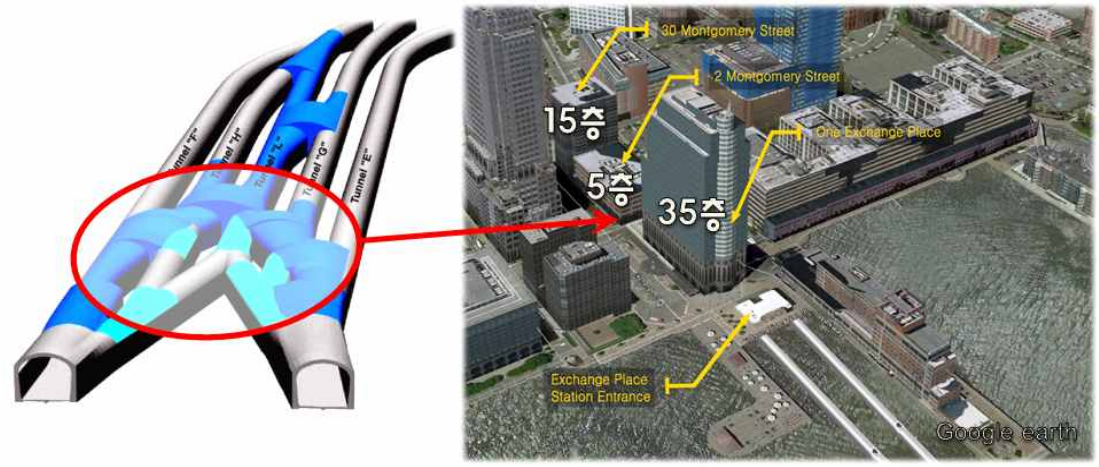
■ 운행을 중단하고 개량 공사 진행



<뉴욕 및 뉴저지 터널 개량 프로젝트 지역 현황>

■ Exchange place 프로젝트의 경우 약 7.6 m의 낮은 토피고 및 개량공사 인접구간에 빌딩이 존재하여 난공사였음.

■ 지반 조건이 불량한 구간이 존재하고, 진동을 조절해야하는 도심구간으로 발파로 굴착이 불가능 하여 Roadheader로 굴착을 진행하였음

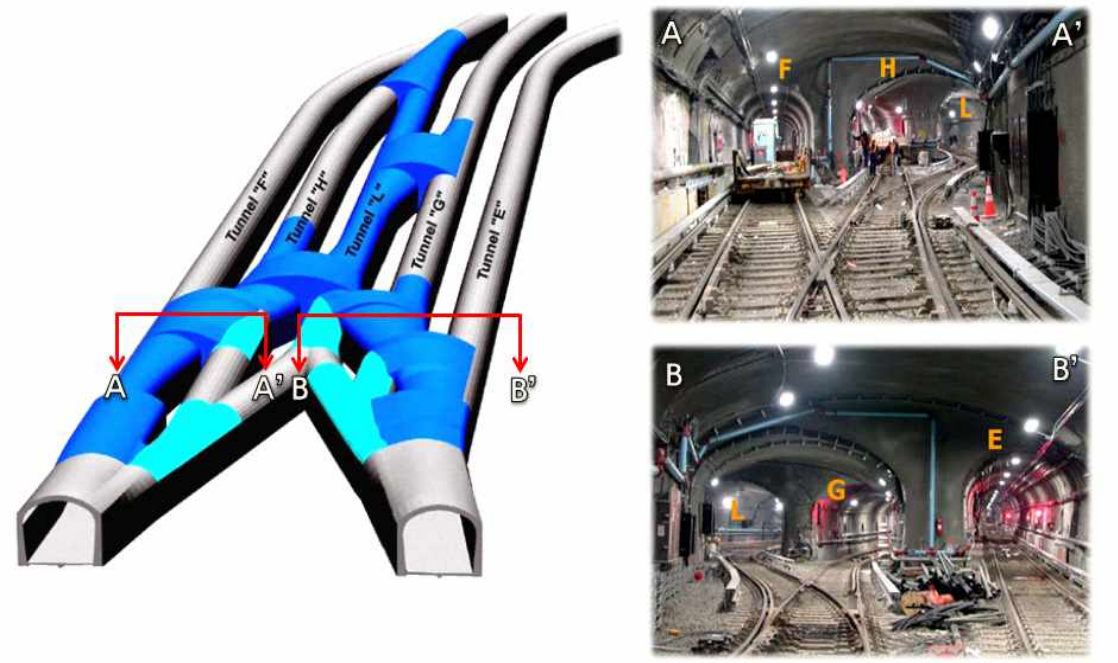


<Exchange place 프로젝트 지중 분기 터널 개요도 및 지상 현황>

■ 단선 병렬터널들을 최대 폭 18.3 m을 굴착하여 분기터널을 형상하였음.



<기존터널 개량을 통한 분기 터널 시공 순서도>



<Exchange Place 분기 터널 개량 후 모습>

사) 국내 기술 및 인프라 기술 현황

■ 운영 기술 현황

○ 서울시 9호선의 경우 설계단계부터 급행운영을 고려 대피선을 설치하여 운행하고 있고, 일부 1호선 지상구간에 복복선을 설치하여 급행을 운영하고 있음. 따라서 인프라가 갖춰진 상태에서 완·급행을 운영하는 기술은 확보되어 있음.

○ 도로 교통 포화 문제의 해결 및 광역·도시철도의 수송분담율 증대를 위한 급행화의 필요성은 인식하고 있으나, 현재 운영 중인 지하구간 도시철도의 급행화를 위한 기술력은 확보되지 않은 상태임. 다양한 방안에 대한 분석 노하우가 축적되지 않음.

○ 인프라가 갖춰져 있을 경우 운영 기술은 확보되어있고 다양한 급행화 방안을 위한 각각의 검토 항목에 대한 기술력은 보유하고 있으나, 시스템적인 접근과 노하우가 부족함.

■ 차량기술개발 현황

○ 현재 국가 R&D로 개발된 차세대 전동차의 경우 DDM을 적용한 3M3T의 차량으로 급행화를 위한 충분한 가감속 성능의 확보를 위해서는 4M이상의 고성능 전동차로 개량하기 위한 기술 검토가 필요할 것으로 판단됨.

○ 차량의 가감속시 발생되는 저크는 승차감에 직접적인 영향을 미치므로 저크 제어 기술 개발이 필수임. 가속도는 견인전동기토크의 함수로 토크제어를 통해 저크 제어가 가능할 것으로 판단됨. 현재 개발된 DDM의 경우 영구자석동기전동기로서 0km/h 까지 회생제동이 가능하여 급작스러운 저크가 발생하는 공기제동을 배제할 수 있음.
○ 현재 가감속도 성능 향상을 위한 각 요소별 기술력은 보유한 상태이고, 일부 요소에 대해서는 바로 적용이 가능한 수준으로 최고기술 수준을 100%로 보았을 때 국내기술 수준은 약 80% 정도로 볼 수 있음.

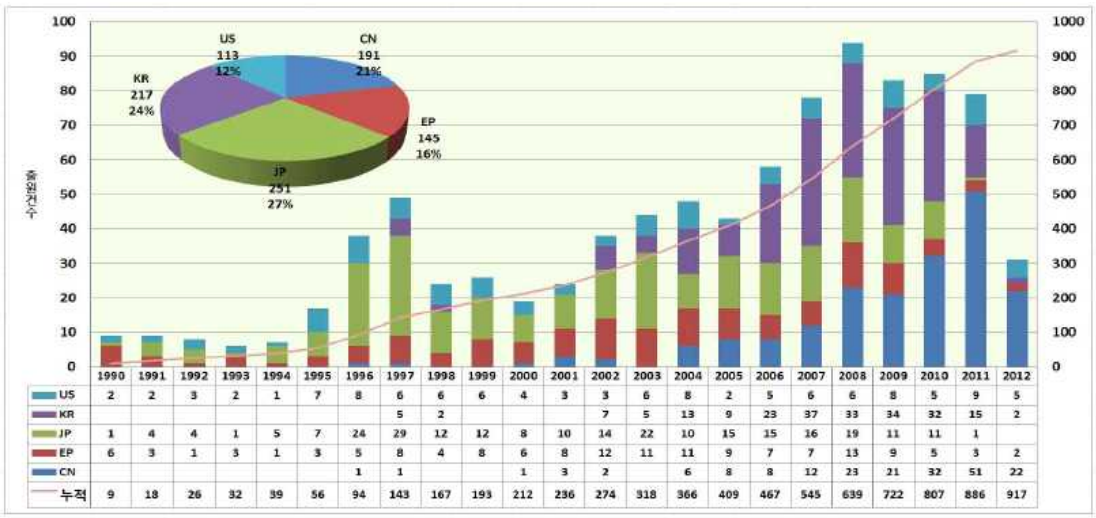
■ 인프라 기술 현황
○ 현재 국내 지중 구조물 건설 기술은 세계 최고 수준이나, 차량의 운행이 빈번한 도시철도를 운영 중에 공사하는 특수한 상황을 위한 기술은 개발 안 됨. 세계 최고 수준의 설계를 위한 전산 시뮬레이션 기술은 확보되어있고, 다양한 지반 조사에 대한 기술도 확보되어 있음. 그러나 운영 중 시공에 따른 적절한 시공방안에 대한 면밀한 분석 검토가 절실함.
○ 세계적으로도 운영 중인 도시철도의 터널을 개량한 사례는 없으나 일본, 독일, 이탈리아 등이 도로터널을 개량한 경험이 있어 이를 세계최고 수준일 할 수 있음, 이에 비해 현재 국내 기술 수준은 대략 50%로 볼 수 있음.

■ 정위치 정차 제어 기술
○ 도시철도의 출입문 폭은 1.3 m로 첨두시 승객의 느린 승하차의 원인이 되므로 확폭 할 경우 도시철도 차량의 정차시간을 줄일 수 있음. 출입문의 폭과 승객의 승하차 시간과의 상관관계에 대한 일부 분석은 되어있음.
○ “도시철도차량의 성능시험에 관한 기준”에 따라 도시철도차량이 허용범위 ±350 mm 범위 내에서 정차하는 기술은 확보 되어있으나, 고성능 전동차의 출입문 확폭에 따른 정거장 스크린도어와의 연동을 위한 허용범위 ±100 mm의 정위치 정차제어 기술의 확보가 필요함.
○ 기존의 정차 알고리즘 및 정차시스템을 개선하여 정위치 정차를 구현을 목표로 하여 그 수준을 100%로 보았을 때 현재의 기술 수준은 대략 60% 정도로 볼 수 있음.

아) 특허동향분석

■ 출원년도 및 국가별 특허출원 동향

○ 광역도시철도 급행화 기술 관련하여 급행화 운영방안 수립(A기술), 급행화 차량기술개발(B기술), 광역도시철도 급행화 인프라 기술(C기술), 고속/도시철도 간 호환 기술개발(D기술)로 분류하여 특허검색을 실시함
○ 광역·도시철도 급행화 및 호환기술 개발 분야의 전체적인 특허동향을 살펴보면, 1990년부터 현재까지 총 917건의 특허가 출원되고 있으며 2008년에 정점을 이루다가 2009부터는 다소 보합세를 이루고 있지만, 매년 국가별 평균 3건 이상의 특허가 꾸준히 출원되고 있음
○ 국가별 출원 현황을 보면 일본출원이 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 한국과 중국의 출원이 그 뒤를 따르며, 유럽, 미국출원이 비슷한 규모를 차지하고 있는 상황임. 1990년대 초반부터 일본과 유럽을 중심으로 활발한 출원이 이루어져 왔으나, 2006년 이후 유럽 출원은 감소하고 있으며 중국에서 출원이 급격히 이루어지고 있음



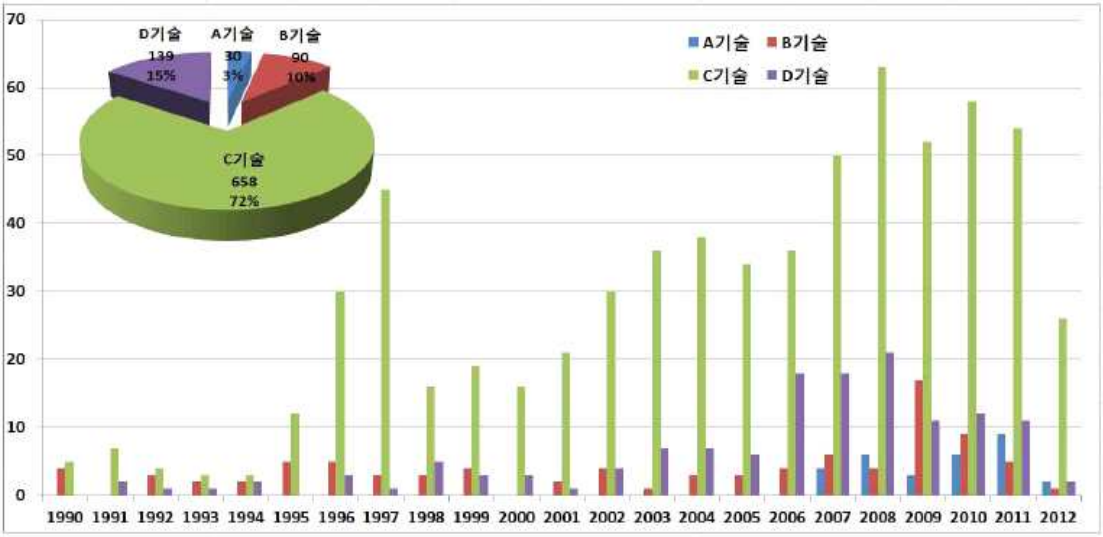
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
US	2	2	3	2	1	7	8	6	6	6	4	3	3	6	8	2	5	6	6	8	5	9	5
KR								5	2				7	5	13	9	23	37	33	34	32	15	2
JP	1	4	4	1	5	7	24	29	12	12	8	10	14	22	10	15	15	16	19	11	11	1	
EP	6	3	1	3	1	3	5	8	4	8	6	8	12	11	11	9	7	7	13	9	5	3	2
CN							1	1			1	3	2		6	8	8	12	23	21	32	51	22
누적	9	18	26	32	39	56	94	143	167	193	212	236	274	318	366	409	467	545	639	722	807	886	917

<출원년도 및 국가별 출원 추이 >

■ 세부기술별 특허출원동향

○ 광역·도시철도 급행화·인프라 기술 분야에 대한 특허가 매년 전체 특허 중 가장 많은 비율(72%)을 차지하고 있으며, 2008년을 정점으로 하여 매년 20건 이상의 특허가 도출되고 있는 등 성장세에 있다고 판단됨
○ 광역·도시철도 급행화 및 호환기술 개발 분야별 검색결과 중복 값이

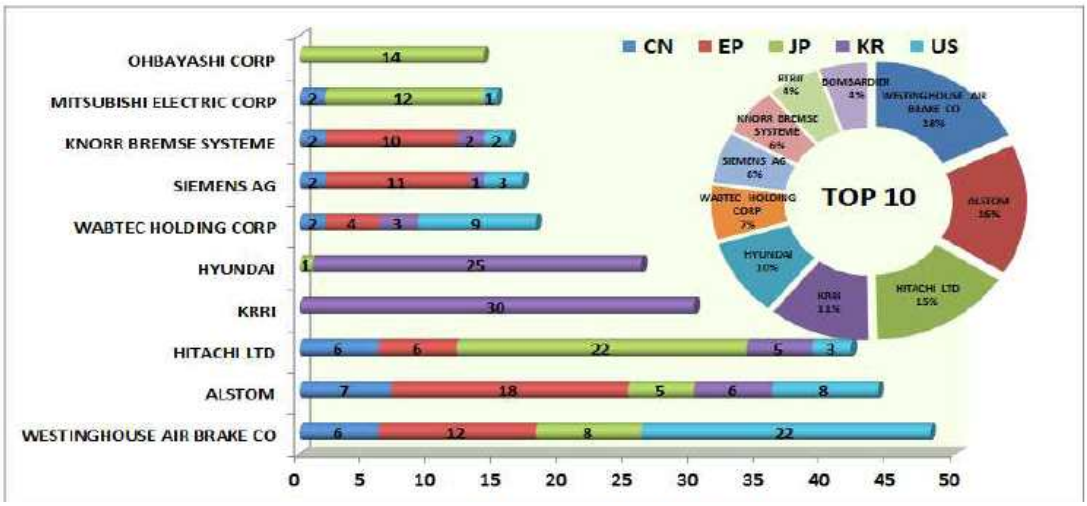
많은 것을 볼 때, 차량·인프라·운영 등에 대한 전반적인 기술을 전체적으로 살펴보는 것이 더욱 타당할 수 있음



<세부기술별 특허출원동향 >

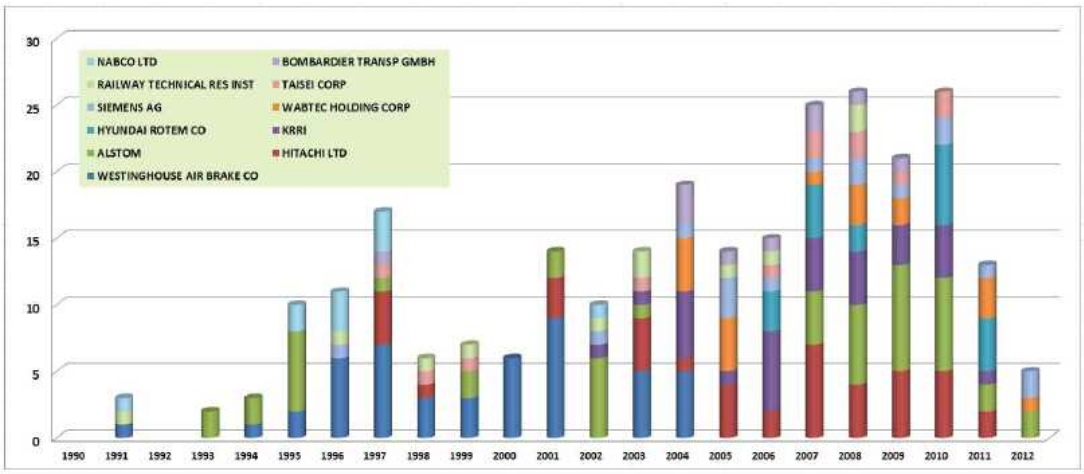
■ 주요출원인 분석

○ 광역·도시철도 급행화 및 호환기술 전반에 걸쳐 많은 특허를 출원한 상위 10개의 출원인을 분석한 결과, WESTINGHOUSE AIR BRAKE CO가 최다 출원인이며, ALSTOM, HITACHI LTD, KRRI, HYUNDAI ROTEM 등이 이 분야 기술을 주도하고 있음. KRRI의 경우 출원 건수는 30건으로 많은 편이지만, 모두 한국 특허로 출원의 다양성이 부족한 상황임



<주요출원인 동향 >

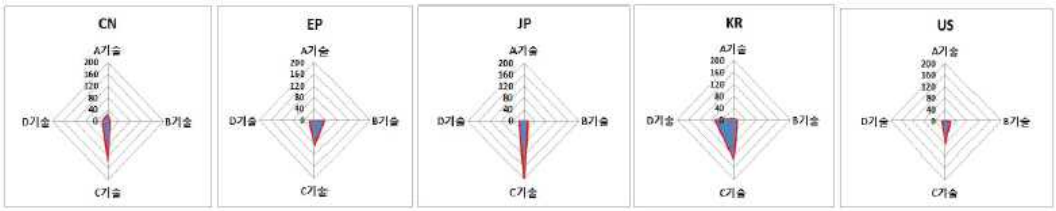
○ 주요 출원인의 연도별 특허분석 결과, 이 분야 최다 출원인 미국 WESTINGHOUSE AIR BRAKE CO는 1994년부터 지속적으로 활발한 출원을 하고 있으며, ALSTOM, HYUNDAI ROTEM 등이 최근에 활발하게 특허를 출원하고 있는 상황임



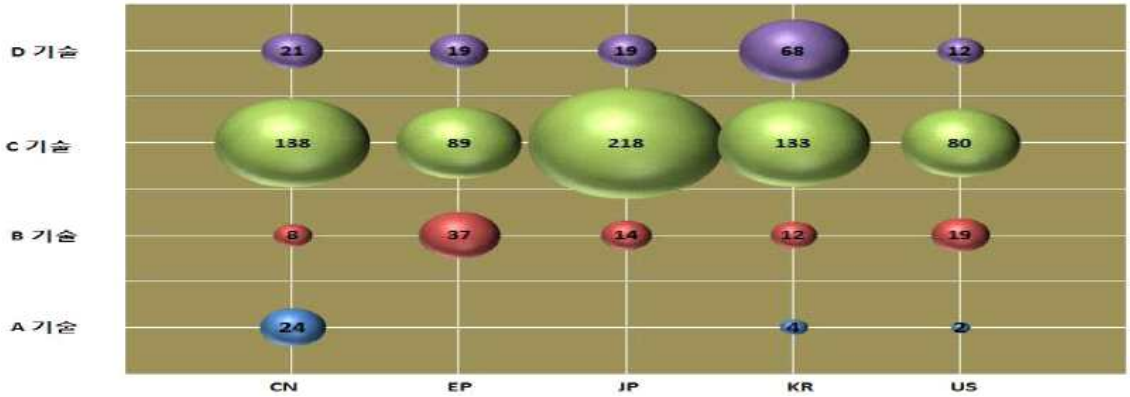
<년도별 주요 출원인 동향 >

■ 국가별 기술 분포

○ 출원국가별 세부기술 특허분포를 살펴본 결과, 미국, 한국, 일본, 중국, 유럽 특허는 모두 공통적으로 광역·도시철도 급행화 인프라기술(C기술)에 집중하고 있으나, 중국은 광역·도시철도 급행화 운영방안 수립(A기술), 한국은 고속/도시철도 간 호환 기술(D기술)에 대한 특허도 상대적으로 많이 확보하고 있는 것으로 나타남. 한국의 경우 고속/도시철도 호환 기술(D기술)에서 상대적 우위를 점유하고 있으나, 향후 상대적으로 기술경쟁이 낮은 A, B 기술 분야에 대한 역량강화가 필요해 보임



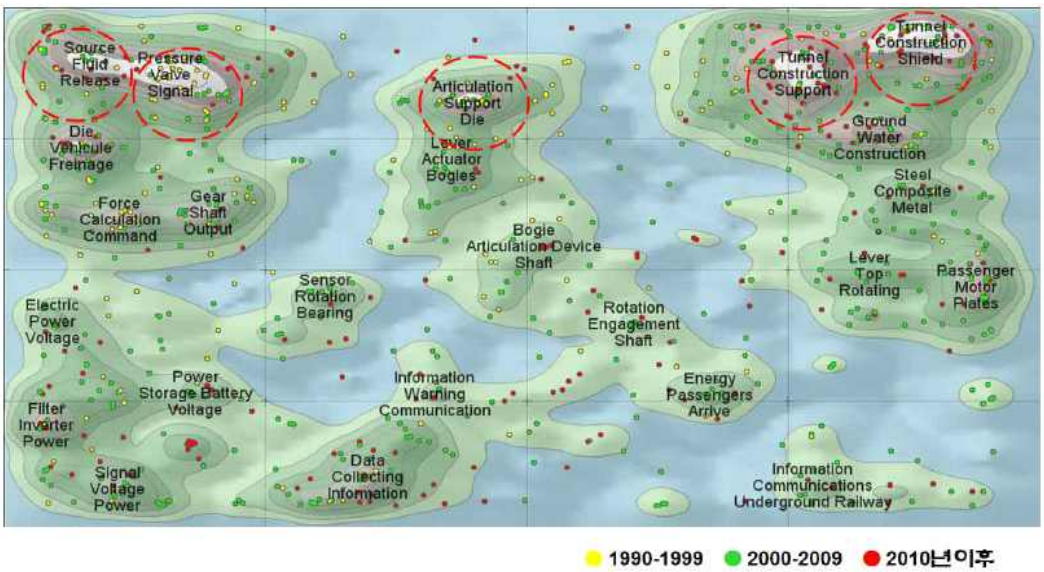
<국가별 기술분포(방사형) >



<기술별/국가별 기술분포(버블형) >

■ 기술 분야 특허 분포도

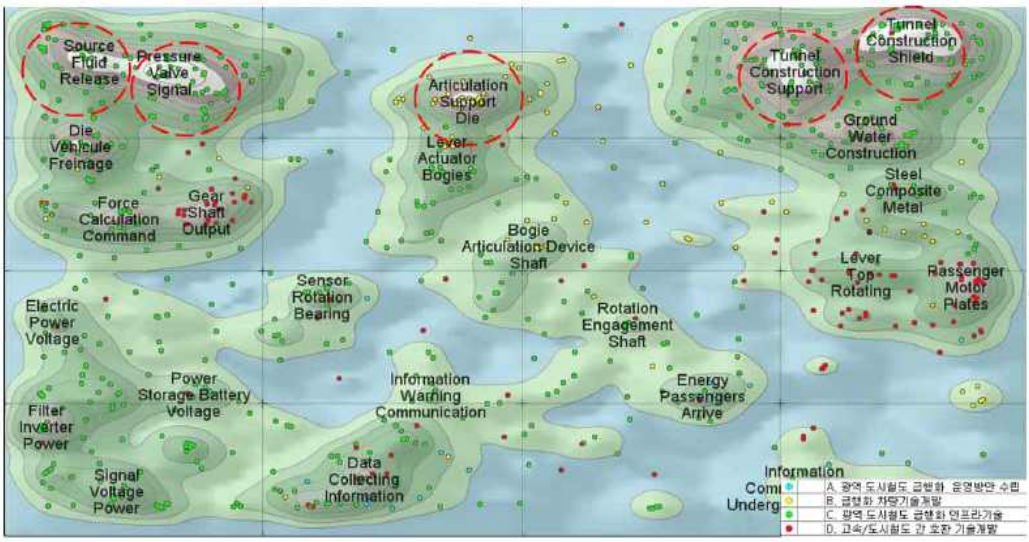
○ Text mining을 통한 특허 분포: 특허검색 결과 2,094건 중 기술 분류 관련 최종 917건의 유효특허가 분포함 등고선 꼭짓점이 높은 Tunnel/Construction/Shield, Tunnel/Construction/Support, Source/Fluid/Release, Articulation/Support/Die, Pressure/Valve/Signal 등 5개 기술에 특허가 많이 분포하고 있어 최근의 기술 집중도가 높은 기술임을 확인할 수 있음



< 특허 등고선 맵 >

○ 핵심 기술(중분류 기준)을 통한 특허 분포: 기술 분류(중분류) 중 등고선 꼭짓점이 높은 부분에 광역·도시철도 급행화 인프라 관련기술의 경쟁이 가장 치열하게 나타나고 있으며, 미국 WESTINGHOUSE AIR

BRAKE (48건), ALSTOM(24건)이 많은 특허를 출원하여 기술을 선도하고 있음. 급행화 차량기술개발 및 고속/도시철도 간 호환 기술개발에서도 등고선 꼭짓점이 높게 나타난 Electric door/Destination Guide 등의 기술 분야가 나타나고 있음



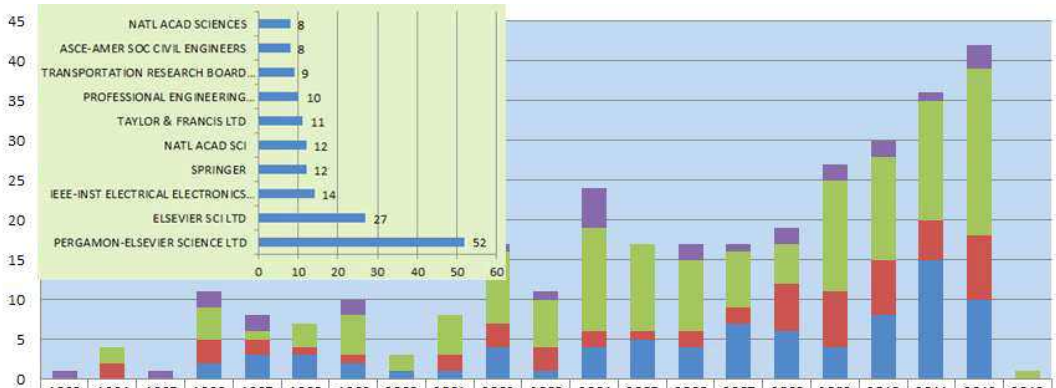
< 세부기술별 특허 등고선 맵 >

자) 논문동향분석

■ 연도별 논문 발표 추이 및 주요등재저널 동향

○ 광역·도시철도 분담률 향상 및 이용 편의성 향상기술 개발 분야의 전체적인 논문동향을 살펴보면, 1993년부터 현재까지 총 311건의 논문이 발표되고 있으며 매년 10건 이상의 논문이 꾸준히 발표되고 있음

○ 저널별 논문현황을 보면 ELSEVIER, IEEE-INST ELECTRICAL ELECTRONICS ENGINEERS INC, SPRINGER, NATL ACAD SCI, TAYLOR & FRANCIS LTD, PROFESSIONAL ENGINEERING PUBLISHING LTD 등 미국과 유럽의 저널에서 많은 논문이 발표되고 있음

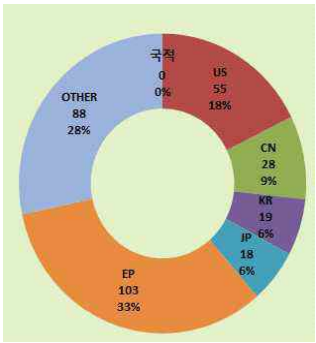


	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
D기술	1		1	2	2		2			1	1	5		2	1	2	2	2	1	3	
C기술		2		4	1	3	5	2	5	9	6	13	11	9	7	5	14	13	15	21	1
B기술		2		3	2	1	1		2	3	3	2	1	2	2	6	7	7	5	8	
A기술				2	3	3	2	1	1	4	1	4	5	4	7	6	4	8	15	10	

<연도별 논문 발표 추이 및 주요 등재 저널 >

■ 국가별, 주요연구기관, 주요저자 분석

○ 광역·도시철도 분담률 향상 및 이용 편의성 향상기술 개발 분야 전반에 걸쳐 많은 논문을 발표한 상위 10개의 저자를 분석한 결과, Shin JH, Lackner R 가 각각 3건, Pichler B, Allegre AL, Ragland DR, Cheng YC, WICKENS AH, Fujii N, Lee H, Gu G, Pichler C가 각각 2건으로 이 분야 기술을 주도하고 있음



< 논문 발표 주요 국가 >



< 논문 발표 주요 저자 >

○ 주요 연구기관별 논문분석 결과, 이 분야 최다 연구기관은 오스트리아의 Vienna Univ Technol 로서 7건을 발표하였으며, 기타 영국의 Univ London Imperial Coll Sci Technol & Med 및 Hong Kong Polytech Univ이 각각 5건 등으로 관련 기술을 선도하고 있음

2) 기존 기술(연구)과의 차별성

■ 급행/완행을 가장 효율적으로 운행하고 있는 서울시 9호선의 경우 운영사가 외국회사로서 급행/완행 운행다이아 분석 기술 등을 국내 기술로 적용하지 못함. 한국철도기술연구원에서 자체적으로 제작한 급행/완행 분석 프로그램은 있지만 운영처에 바로 적용할 급행/완행 운행다이아 분석 프로그램은 없음

■ 대피선이 설치되어 있지 않은 기존 노선의 급행/완행 운행하기 위한 사례는 없음

■ 운행 중인 노선에 대피역 건설을 한 국내외 사례는 없음

■ Y 대피선 및 주박선을 활용하여 급행/완행을 운행한 사례 없음

■ 가감속(6.0/4.86 km/h/s)이 우수한 전동차가 운행 중인 사례는 없음

■ 가감속이 우수한 전동차를 완행으로 투입하고, 기존 전동차(3.0/3.5 km/h/s)를 완행으로 운행한 사례는 없음

■ 정위치 정차제어를 ±100mm로 운행하는 사례는 없음

■ 국내 전동차의 출입문 폭은 모두 1.3m 로서 1.8m의 사례는 없음

■ 완전 전기제동으로 제로속도까지 정차하는 전동차 사례는 없음

3) SWOT 분석

Strength	Weakness
• 다방면 전문 연구 인력의 시너지 효과(융복합, 전기전자, 기계, 토목 등) • 가감속 성능 향상, 져크제어 기술, 터널 확폭 방안 등 각 분야별 핵심기술 보유 • 자체과제 등을 통한 선행 기술 연구 경험 • 타 급행화 방안 대비 소요비용의 획기적 절감을 통한 경제성 우위 확보 검증 완료	• 시스템적 접근 노하우를 갖춘 전담 인력 부족 • 실제 설계 및 제작 경험 부족 • 운행중 노선의 급행화를 위한 구체적 공학적 접근 사례 없음 • 소요비용을 포함한 최적화 급행화 방안 연구 사례 없음

Opportunity	Threat
• 도시 광역화 및 혼잡 증대에 따른 도시철도 급행화 필요성 증대 • 수도권의 도로 건설 포화로 철도 수송분담률 증대 필요 • 환경에 대한 관심 증대로 녹색 교통에 대한 중요성 증대 • 경제성 향상을 위한 인프라 구축 비용의 절감 필요성 증대	• 타 연구기관 및 운영처의 자체 연구 등을 통한 견제 • 차량 성능과 급행화 운영에 관한 복합시스템적 접근이 필수인데 반하여 차량 제작사와 운영처의 소극적인 정보와 기술 공유

대책 및 목표

기 확보된 연구 실적과 경험을 바탕으로
연구원 및 협력 기관과의 시너지를 발휘하여
급행화의 기술과 응용에 전반적인 성과 창출

라. 종합분석

■ 가감속 성능이 우수한 전동차를 완행으로 투입하고 상대적으로 가감속 성능이 낮은 기존 전동차를 급행으로 투입하면 완행이 급행을 신속히 쫓아갈 수 있기 때문에 대피선 수를 최소화 할 수 있으며, 이를 통해 기존 운행 중인 전국 광역 도시철도 노선의 급행/완행 운행이 가능함

■ 이를 위해서는 노선별 여러 가지 급행/완행 운행방안에 대한 연구가 필요함

■ 우선적으로 Y 대피선 및 주박선등 기존 인프라를 활용하면 기존 전동차로 급행/완행 운행이 가능하기 때문에 이에 대한 연구가 우선 진행되어야 함. 이 경우 완행은 대피시간 만큼 기존 운행시간보다 더 늘어남

■ 감가속이 우수한 고성능 전동차는 승차감 확보가 중요하기 때문에 차량 성능시험이 반드시 필요함

■ 고성능 전동차를 완행으로 투입하면 완행의 시간단축 효과도 크기 때문에 급행/완행 방안의 가장 핵심으로서 노선별 차량 내구연한을 검토하여 단계별로 적용하는 방안 필요함

■ 고성능 전동차를 완행으로 투입하게 되면 급행 정차역 수를 늘리면 자주 정차하게 되는 급행을 따라잡을 수 있기 때문에 급행/완행의 운행이 가능함

■ 완행 대피를 위한 대피역 건설은 운행 중에 개량을 하여야 하기 때문에 안전 확보, 비용절감, 특수공법 적용, 사전 분석 등 다양하고 심도 있는 연구가 필요함

제 3 장 연구개발과제 구성 및 추진전략

가. 비전 및 목표

1) 급행화의 정의

■ 기존 광역도시철도노선의 속도향상을 위해서는 급행화가 필요하며, 가감속도 성능이 기존 3.0/3.5km/h/s에서 6.0/4.86km/h/s로 향상시킨 고성능 전동차를 완행으로, 기존 전동차를 급행으로 운행을 하게 되면 완행의 추종속도가 빨라 기존 인프라 활용 및 대피선수를 대폭 줄일 수 있는 급행/완행 운행이 가능하게 된다.

2) 기술개발 비전

■ 국내에서는 급행/완행에 대한 운전다이아 분석 능력이 현저히 부족하다. 급행/완행 운전을 하기 위해서는 운전시격, 급행 정차역, 급행완행 운행 패턴, 정차시간 조정, 첨두시간 및 비 첨두시간 급행완행 운행방안 등 많은 변수들이 존재하며, 노선별 이에 상응하는 급행/완행 운행다이아 분석 기술 및 소프트웨어 개발이 필요하다. 또한 높은 가감속을 내기위한 고성능 전동차에 대한 성능시험을 통해 승차감 및 저크 등에 대한 성능검증이 필요하다. 이를 통하여 최소한의 비용으로 전국 광역도시철도 노선별 최적의 급행/완행 방안을 수립하고 시행하면 출퇴근시간의 획기적인 단축으로 시민들의 행복 및 편의가 향상된다.

3) 기술개발 방향 및 신뢰성 검증방안

■ 기술개발의 효율성을 증진시키기 위하여 1단계로 국가 R&D로 개발완료된 차세대전동차를 DC 전용으로 개조하여 도시철도 운영기관의 차량기지에서 가감속도 및 저크 시험등을 수행하여 성능검증 추진
■ 성능검증을 마친 열차는 도시철도 운영기관의 비첨두시간대에 완행으로, 기존열차는 급행으로 급행/완행 시범운행을 2단계로 수행

4) 기존 광역도시철도 급행화를 위한 정책 및 제도 개선방안

■ 기존 광역도시철도 노선의 급행화를 위해 각 노선별 최적의 운전다

이아를 분석하고 시행방안을 마련하여 국토교통부, 지자체 및 도시철도 운영기관과 협의를 거쳐 관련 정책 및 제도를 개선 추진

나. 기술개발에 따른 미래상

1) 현황 및 미래상

가) 광역도시철도 급행/완행 운행 기술개발

■ 고성능 전동차 핵심기술 연구

○ 현재 전동차 가감속도는 3.0/3.5 km/h/s로서 6.0/4.86 km/h/s의 성능을 내는 전동차 연구는 전혀 없음

○ 현재의 가감속도에서 저크제어는 0.8m/s3 이하로 운행되고 있지만 높은 가감속도에 대한 저크제어 기술에 대한 연구는 전혀 없음

○ 높은 가감속을 내기 위한 차량 요구조건 분석, 인버터 제어방식, 견인전동기의 토크가 가감속도에 미치는 영향, 저크제어를 위한 알고리즘에 대한 연구가 필요함

○ 현재 광역도시철도의 출입문 폭은 1.3m로 되어있으며 1.8m를 갖는 출입문에 대한 연구는 전혀 없음.

○ 승강장 스크린 도어폭은 2.0m로서 정위치 정차를 ±350mm로 운행되고 관리되고 있지만 ±100mm로 정위치 정차를 하기 위한 기술이 없음

○ 완행으로 운행되는 고성능 전동차의 역 정차시간을 기존 30초에서 25초로 줄이기 위해서는 광폭출입문 연구와 고정밀 정위치 정차에 대한 연구가 필요함

■ 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구

○ 아래 그림과 같이 광역도시철도노선에서는 Y 대피선 및 주박선을 본선 중간 중간에 몇 군데 설치를 하였음



○ Y 대피선 및 주박선은 대부분 첫차를 출발시키기 위한 열차를 보관하는 용도로 사용되고 있으며 급행/완행 운행에 의한 대피시설로 활용한 사례는 없음
○ Y 대피선 및 주박선을 활용하여 완행을 대피하면 급행/완행의 효과가 큰 폭으로 상승되어 이를 활용한 급행/완행 운행 분석 연구가 필요함
○ 또한 Y 대피선에 분기선을 추가 설치하여 상행 및 하행 모두 완행열차가 대피하면 급행/완행 효과가 더욱 크게 되므로 이에 따른 인프라 개조방안, 신호시스템 설치, 연동장치 설치, 분기기 설치 등에 대한 연구가 필요함
○ 이런 효과를 반영하여 정확한 경제성 분석을 KDI 표준지침에 의거 수행하는 연구가 필요함

■ 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구
○ 운행 중인 도시철도 노선에 대피선 설치를 한 사례는 없음
○ 정거장은 박스식 아니면 NATM 방식으로 되어있으며, 대피선 설치를 위한 안정성에 대한 연구가 필요함
○ 관련된 전차선 설치, 신호시스템 설치, 연동장치 설치, 분기기 설치 등에 대한 연구가 필요함
○ 안전성 확보와 더불어 공사비 절감방안에 대한 연구가 필요함
○ 대피선 수를 최소화하기 위해 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차를 완행으로 투입한 급행/완행 분석을 통해 최적의 운행다이아 분석연구가 필요하며, 선정된 대피역에 대한 개량 방안에 대한 도출연구가 필요함

나) 고성능전동차 기술개발

■ 차세대전동차 개조
○ 국내 지하철은 열차 구성이 M car와 T car가 1:1로 구성되어 있으며, 모두 M car로 구성된 열차는 없음
○ 높은 가감속을 내기 위해서는 모든 차량이 M car로 되어야 하며 이에 대한 차량 요구조건 분석 연구가 필요함
○ 차세대전동차는 3M3T로 되어있으며 AC/DC 겸용으로 기기배치가 되어있다. 모두 M car로 개조하기 위해서는 AC 차량에 요구되는 컨버터 및 메인 트렌스포머가 기기배치 공간을 협소하게 만들기 때문에

DC 전용으로 개조할 필요가 있음
○ 이를 위해서는 개조를 위한 설계 및 제작이 필요함

■ 핵심 장치 설계 및 제작
○ 차세대전동차는 3M밖에 안되기 때문에 4M으로 만들기 위해서는 1개의 Mcar가 추가로 필요함
○ 고정밀 정위치 정차 및 0속도까지 회생제동을 위해서는 1C1M 방식의 영구자석 동기전동기로 구성되어야 함.
○ 이를 위해서는 추가의 견인전동기 및 인버터가 필요하며 보다 성능이 좋고 경량화 된 제품에 대한 연구 및 제작이 필요함

■ 주행 장치 성능개선
○ 기존 T car용 대차를 M car용 대차로 개량을 하기 위한 연구가 필요함
○ 차세대전동차의 견인전동기는 DDM(Direct Drive Motor)로 되어있는 차축 장가방식으로 언스프렁 질량이 커 궤도부 담력이 높을 수가 있으므로 시험용 윤축 1세트를 추가 제작하여 윤중 및 횡압 측정 등 주행안전성 시험을 할 필요가 있음

■ 성능시험
○ 높은 가감속이 여러 조건에서 나오는지에 대한 성능시험이 필요함
○ 높은 가감속에서 저크제어가 요구되는 조건을 만족하는지 성능시험이 필요함
○ 제로속도까지 회생제동으로 가능한지 성능시험이 필요함

2) 기술개발 전략 및 효과

가) 광역도시철도 급행/완행 운행 기술개발

■ 가감속도를 기존 전동차보다 높게 하여 표정속도를 줄이기 위해서는 M 차량의 수가 늘어날 수밖에 없어 주 전동기의 출력계산, 주 전동기의 최대 토크력 계산, 토크제어방식 연구, 점착력 계산, 인버터의 제어방법 개선, 유지보수 효율성 검토 등을 알고리즘 개발 및 축소형 시뮬레이션을 활용한 성능 검증을 통해 추진할 계획임
■ 가감속도 향상 및 저크제어 기술은 시뮬레이션 및 축소모형 시험을 통해 추진할 것임.

■ 국가 R&D로 기 개발된 차세대전동차를 활용하여 가감속도 향상 및 저크제어 기술에 대한 기초 연구 진행 및 승차감 향상 연구에 활용

■ 광폭 출입문에 의한 승하차시간 단축 연구는 모의 출입문을 설치하여 출입문 폭별, 혼잡도별로 실제 승객을 투입하여 효과를 산출

■ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구

■ 산・학・연 공동연구 참여를 통한 기관 간 역할 분담 및 최적 역량 도출 유도할 예정이며, 열차 다이아 분석 및 기초기술 연구에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며 실용화를 대비하여 외부 전문 인력 활용

■ 본 연구는 도시철도 운영기관의 관심과 참여가 절대적으로 필요하여, 공동연구 형태로 운영기관을 참여시켜 한국철도기술연구원에서 수행하는 급행/완행 운행 열차다이아 분석에 따른 시간단축 효과 및 경제성 분석에 대한 사업화 방안을 도출

■ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

■ Y 분기선 개량이 필요할시 개량 방안 등에서는 외부 설계 엔지니어링사 및 관련 전문가 활용

■ 급행화 효과가 큰 최상의 노선을 선정하여 시범구축이 될수 있도록 기반 마련

■ 연구 성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구 성과 발표 및 전시를 수행할 예정

■ 열차 운행 중에 기존 인프라 개조를 하여야 하는 방안에 대해 안전성 확보가 최우선이므로 관련 기준 정립이 필요하며, 이에 대해서는 주무부처인 국토교통부와 협의를 통해 고시

■ 본 연구는 급행의 시간단축 효과가 크지만 대피역 하나를 건설하는 비용이 크기 때문에 도시철도 운영기관과 관련 지자체와 MOU 협약을 맺어 경제적 효과 및 비용 분담에 상호 역할 분담으로 추진

■ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

■ 가감속도가 높은 고성능 전동차를 완행으로 투입하는 사례로서 각 노선별 차량 내구연한과 연계한 검토가 이루어져야 하므로 내구연한이 오래된 운영기관을 우선 접촉하여 실용화 추진

나) 고성능 전동차 기술개발

■ 요구되는 가감속을 내기 위해서는 모든 차량이 견인전동기를 장착한 M 차량이 필요하며, 국가 R&D로 개발되어 모든 시험이 종료되는 차세대 전동차를 개조하여 시험차로 활용

■ 고정밀 정위치 정차를 위해서는 기존 공기제동을 사용하면 정밀도가 떨어져 0 속도까지 완전 전기제동을 사용하여야 하므로 차량을 M car로 개조하여 추진

■ 차세대전동차는 1C1M 방식으로 되어있어 인버터수가 기존 전동차에 비해 많고 AC/DC 겸용차로 각종 기기들이 많아 기기배치를 위해서는 DC 전용으로 개조 추진

■ DC 구간 시험은 서울도시철도공사에서 운영 중인 도봉 차량 기지내에서 성능시험 수행

■ 차세대전동차 성능시험에서 수행하지 못한 주행안정성 및 언스프렁매스를 측정하여 차축 장가방식의 궤도부담력에 대한 성능시험 추진

■ 차세대전동차 개발에 참여하였던 현대 로템이 개조작업 및 성능시험 수행

다. 연구개발과제 구성

연 구 목 표	상 세 연 구 내 용
광역도시철도 급행/완행 운행 기술개발 동향 분석	• 국내/외 급행완행 시스템 기술 현황 조사 및 분석 • 노선별 최적의 급행/완행 운행다이아 분석 • 시장동향 및 SWOT 분석 • 고성능 전동차에 필요한 핵심장치 기술개발 방향 및 신뢰성 검증 방안 정립
광역도시철도 급행/완행을 위한 전략수립	• 고성능 전동차 시스템 정의, 적용 방안 설정 및 분석 • 급행/완행 적용을 위한 정책 및 제도 개선방안 제시 • 급행/완행 운행에 필요한 인프라 및 차량 핵심기술 개발 방안 및 전략수립 • 후보과제에 대한 우선순위 도출(기술개발 중요도·시급성·성공가능성 등) • 과제 연구수행 형태(사업단, 연구단, 일반과제 등) 제시
연구 목표 및 범위 설정	• 본 과제의 최종 목표 및 범위 설정 • 본 과제의 최종 및 연차별 성과물/산출물 제시 • 세부과제별 성과목표(정량적, 정성적)와 성과지표 설정 및 성과맵 제시 • 연구과제별 및 세부과제별 기술개발 로드맵 작성
연구목표 달성을 위한 추진전략 및 추진체계 수립	• 기존 기술.인프라 등의 활용 및 연계 방안 수립 • 컨소시엄 형태 등 최적 연구추진체계 제안

성과물에 대한 활용 방안 및 실용화 추진방안 제시	• 성과분석 및 검증방안 제시 • 개발 시제품의 실용화 방안 제시
인력투입 계획 및 소요예산 산정	• 소요예상 인력 추정(연구내용별, 연차별 등) • 소요예상 예산 산출(총예산, 과제별) • 소요예산 확보 방안(정부, 민간) • 기술료 산출 및 징수 방안
연구개발 사전 타당성 조사	• 정책적 타당성 검토: 국가 전략적 중요성, 상위계획과의 부합성, 관련 부처 및 기관 협조 의지, 연구개발 추진상의 위험요인과 대응방안 등에 대한 검토 • 기술적 타당성 검토: 기존 연구개발과의 중복성, 기술개발 계획의 우수성, 기술 수준 및 개발 성공 가능성, 특수사항 등에 대한 검토 • 경제적 타당성 검토: 경제성 분석, 경제.사회적 파급효과, 과학기술적 파급효과 등에 대한 검토
과제공모를 위한 RFP 작성 및 평가기준 설정	• 연구목표와 내용, 추진전략 등을 바탕으로 본 과제를 공모하기 위한 RFP 작성 • 연차별 평가를 위한 성과목표.지표.마일스톤의 설정, 평가방법 및 기준 설정

연 구 목 표	상 세 연 구 내 용
광역도시철도 급행/완행 운행 기술개발	▪ 고성능 전동차 핵심기술 연구 ▪ 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구 ▪ 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구
고성능 전동차 기술개발	▪ 차세대전동차 개조연구 ▪ 핵심장치 설계 및 제작 ▪ 정밀 추진제어시스템 최적화 연구 ▪ 열차 성능시험

라. 세부과제별 주요내용 및 추진전략

1) 세부 과제별 주요 내용

가) 세부과제 구성 및 연구내용

■ 세부과제 구성

○ 기존 광역도시철도 급행화 시스템 기술개발을 위한 기획연구의 범위는 크게 2 가지, 즉 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발과 고성능 전동차 기술개발로 분류할 수 있으므로 2개의 세부과제로 추진하는 것이 바람직하다.

나) 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발

연 구 목 표	연 구 내 용
고성능 전동차 핵심기술 연구	○ **가감속도 성능향상 연구** - 최대 가속도 6.0km/h/s를 내기 위한 열차 편성 방안 분석 - 최대 가속도 6.0km/h/s를 내기 위한 핵심 부품 요구조건 분석 - 전동기 요구 토크량 산출 및 최대 토크를 내기 위한 전동기 기본설계 - 최대 가속도시 승객 관성 및 승차감 연구 - 가감속도가 높은 대중 버스 승객 관성 및 승차감 측정 비교 - 최대 가속도 6.0km/h/s에서의 진동저감 방안 연구 - 최대 감속도 4.86km/h/s를 내기위한 요구조건 분석 - 완전 전기제동으로 요구 감속도를 내기위한 수치 해석 - 요구 감속도를 내기위한 제동 보완 방안 연구 ○ **가속도 향상에 따른 저크제어 연구** - 열차 출발시점, 타행시점, 타행 후 제동시점, 정지시점에서 저크 제어 알고리즘 연구 - 전동차 용량대비 축소형 전동기 활용한 저크시험 - 차량 개조 후 고성능 전동차 저크시험 - 열차 편성에 따른 모든 차량 일정 제동력 유지 방안 연구 - 열차 출발 시 최대가속도에 의한 저크 제어 알고리즘 연구 - Flywheel 관성체를 통한 가감속도 변화 시험 - 가속도 3.0/6.0 을 통한 저크시험 (시험모드 : 가속, 타행, 감속 시) ○ **고정밀 정위치 정차제어 연구(±350mm→±100mm)** - 국내외 광역·도시철도차량 정위치 정차 현황 조사 - 국내외 광역·도시철도차량 스크린 도어 현황 조사 - 저크제어에 의한 정위치 정차 제어 영향 연구 - 공기제동 응답속도 개선방안 연구 - 기존 정위치 정차를 위해 일정거리별로 배치된 PSM (Precision Stop Marker) 개선방안 연구 - 편성(M, T, TC 등의 배치)에 따른 정위치 정차 제어 영향 연구 - 객체지향모델링 등 열차 상세 모델링 형성에 대한 연구 - 신호시스템과 제동 시스템과의 인터페이스 연구 - 역별 구배 차이, 시간별 승객 하중 차이 등 외란에 강인한 제

	어 방법 연구 - 제동기 노후화에 따른 제동력 저하에 강인한 제어 방법 연구 - 하이브리드 제어기법을 적용한 실시간 상태제어 알고리즘 연구 **ㅇ 출입문 확폭방안 연구** - 국내외 광역·도시철도차량 피크시간대 혼잡도 조사 분석 - 국내외 광역·도시철도차량 역사 내 정차시간 조사 분석 - 국내외 광역·도시철도차량 혼잡도에 따른 정차시간 분석 - 출입문 확폭(1.3m→1.8m)에 따른 차체 구조해석 - 출입문 확폭 및 승객 혼잡도에 따른 승하차시간 모의시험 및 분석(출입문 폭 1.3m, 1.5m, 1.6m, 1.7m, 1.8m 및 승객혼잡도 100%, 150%, 200%) - 출입문 확폭에 따른 도어시스템 기본설계(포켓방식, 플러그 방식, 아웃사이드 슬라이딩 방식 등) - 출입문 확폭에 따른 도어시스템 개폐시간 단축을 위한 연구 **ㅇ 고성능 전동차 요구조건 연구** - 최대 가감속도를 내기위한 열차편성별 기기배치 작성 - 차량별 비슷한 중량분포를 위한 기기별 요구조건 연구 - 주요 전장품 경량화 방안 연구 - 최대 가감속도에 따른 승객 안전을 위한 객실 좌석 배치 및 손잡이 위치 등 기본 설계
기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구	**ㅇ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구** - 전국 광역도시철도 노선별 Y 분기선 및 주박선 현황 조사 - Y 분기선과 본선과 연결하기 위한 시설물 개량방안 연구 - Y 분기선 개량시 시설물 개량 공사비 및 공사기간 산출 - Y 분기선 개량시 연동장치 개량방안 연구 - Y 분기선 개량시 지상신호 설치방안 연구 - Y 분기선 개량시 관제실과 통합시스템 구축방안 연구 - Y 분기선 및 주박선 대피선 활용에 따른 열차운행방안 연구 - 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피방안 연구 - 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피 시 열차 운영방안 연구 - 주박선 특성(상행 또는 하행 한곳)에 따른 상·하행 급행/완행 운행다이아 차이 해소방안 연구 - 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 활용한 급/완행(상행, 하행) 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)

	· 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 · 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 · 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완, 급/완/완/완) 운행다이아 분석 · 시간단축에 따른 시간단축 효과 분석 · 수요변화에 따른 혼잡도 분석 · 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정 · 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정 · 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정 · 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거) - 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 급행, 고성능 전동차(가감속도 6.0km/h/s, 4.86 km/h/s)를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도) · 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 · 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 · 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완, 급/완/완/완) 운행다이아 분석 · 시간단축에 따른 시간단축 효과 분석 · 수요변화에 따른 혼잡도 분석 · 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정 · 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정 · 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정 · 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거) **ㅇ 기존 부본선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구** - 쌍섬식 부본선을 활용한 급행/완행 운행방안 연구 - 반 쌍섬식 부본선을 활용한 급행/완행 운행방안 연구 · 열차 상행 및 하행이 동일한 선로에 대피방안 연구 · 승객 혼란 방지를 위한 방안 검토 - 부본선 활용에 따른 열차운행계획 연구
대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안	**ㅇ 여유승강장을 활용을 통한 대피선 설치를 위한 특수 분기기 개발연구** - 차량과의 I/F를 고려한 해석 기술 개발

연구	- 선로전환기 I/F 해석 기술 개발 - 특수형 분기기 선형설계 - 내마모성 향상기술 - 진동 저감 기술 - 포인트부 제작기술 개발 - 특수강 크로싱 개발 - 분기기내장형 전철기 개발 - 탄성 체결 장치 제작기술 개발 - 분기기 시제품 성능 평가 - 현장부설공법 개발 - 분기기 운영, 관리기법 개발 **ㅇ NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안 연구** - 도심지 지반정보 획득을 위한 장비 및 자료 분석 기술 개발 - 기존 구조물을 활용한 대피선 설치 방안 연구 - 운영 중 터널의 합리적인 확폭 굴착 방안 연구 - 시공성, 안정성 유지 관리 향상을 위한 개선사항 연구 - 연구개발성과의 유효성 검토 - 급행/완행 운행을 위한 대피선 건설기술의 패키지 개발 - 부본선에 지상신호시스템 및 연동장치 설치방안 연구 - 기존 신호설비 인터페이스 및 로직 개량 방안 연구 - 부본선에 분기기 설치방안 연구 **ㅇ 기존 전동차(가감속도 3.0km/h/s, 3.5km/h/s)를 급행, 고성능 전동차(가감속도 6.0km/h/s, 4.86 km/h/s)를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)** - 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 - 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석 - 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완, 급/완/완/완) 운행다이아 분석 - 시간단축에 따른 시간단축 효과 분석 - 수요변화에 따른 혼잡도 분석 - 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정 - 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정 - 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정 - 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)

다관절 열차 핵심 장치 기술개발	**ㅇ 다관절 열차 요구조건 분석** - 다관절 열차 차량 제원 및 설계 검토 - 차량 시스템 표준사양 연구 **ㅇ 급곡선 주행을 위한 관절대차 및 차량 간 연결시스템 설계 기술개발** - R15m 급곡선 주행용 일축 관절대차 최적설계 - 주행안전성 향상방안 연구 - 차량간 갱웨이 및 연결기 기본 설계 연구 - 일축 관절대차 축소모형 제작 및 성능평가

나) 고성능 전동차 기술개발

연 구 목 표	연 구 내 용
차량시스템 설계 및 제작	**ㅇ 핵심장치 설계 및 제작** · 고성능 견인전동기 설계 및 제작 · 시스템 인터페이스 검토 · 경량화 설계 기술 개발 · 냉각성능 향상 기술개발 · 4M편성 시제품 제작 및 시험(차세대 전동차 3M3T->4M 개조) **ㅇ 정밀 추진제어 시스템 최적화** · 0km/h까지 전기 제동 적용 최적화 · PMSM 제어 신뢰성 향상 · PMSM 4set 제어용 추진제어 장치 크기 최적화 **ㅇ 주행 장치 성능 개선** · 개조차량용 대차 제작 · 기존 대차 재사용을 위한 정비 및 보수 · 탈선 시험
차량시스템 개조	**ㅇ 개조 설계 및 제작** · 기존 시스템 기술검토(차세대 전동차 대상으로 검토) · 개조범위 검토 · 개조장치 설계/제작 · 기능/성능시험
성능시험	**ㅇ 완성차 및 본선 시험/시운전** · 단위 Unit 기능/성능시험 · 편성차량 기능/성능시험

2) 세부 과제별 추진 전략

가) 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발

■ 고성능전동차 핵심기술 연구

○ 가감속도를 기존 전동차보다 높게 하여 표정속도를 줄이기 위해서는 M 차량의 수가 늘어날 수밖에 없어 주 전동기의 출력계산, 주 전동기의 최대 토크력 계산, 토크제어방식 연구, 점착력 계산, 인버터의 제어방법 개선, 유지보수 효율성 검토 등을 알고리즘 개발 및 축소형 시뮬레이션을 활용한 성능 검증을 통해 추진할 계획임
○ 가감속도 향상 및 저크제어 기술은 시뮬레이션 및 축소모형 시험을 통해 추진할 것임.
○ 또한 국가 R&D로 기 개발된 차세대전동차를 활용하여 가감속도 향상 및 저크제어 기술에 대한 기초 연구 진행 및 승차감 향상 연구에 활용
○ 광폭 출입문에 의한 승하차시간 단축 연구는 모의 출입문을 설치하여 출입문 폭별, 혼잡도별로 실제 승객을 투입하여 효과를 산출
○ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구
○ 주요 전장품 경량화 방안은 한국철도기술연구원에서 추진 중인 철도차량시스템 경량화 과제에서 연구하고 있는 관련 기초기술을 활용할 계획임
  - 150kW급 초경량 APU 개발(기존 시스템 대비 45% 경량화 목표) 및 초경량 라인필터 리액터 개발(기존 부품 대비 29.4% 경량화 목표)

■ 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구

○ 산・학・연 공동연구 참여를 통한 기관 간 역할 분담 및 최적 역량 도출 유도할 예정이며, 열차 다이아 분석 및 기초기술 연구에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며 실용화를 대비하여 외부 전문 인력 활용
○ 본 연구는 도시철도 운영기관의 관심과 참여가 절대적으로 필요하여, 공동연구 형태로 운영기관을 참여시켜 한국철도기술연구원에서 수행하는 급행/완행 운행 열차다이아 분석에 따른 시간단축 효과 및 경제성 분석에

대한 사업화 방안을 도출

○ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

○ Y 분기선 개량이 필요할시 개량 방안 등에서는 외부 설계 엔지니어링사 및 관련 전문가 활용

○ 급행화 효과가 큰 최상의 노선을 선정하여 시범구축이 될수 있도록 기반 마련

○ 연구성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구 성과 발표 및 전시를 수행할 예정

○ 열차 운행 중에 기존 인프라 개조를 하여야 하는 방안에 대해 안전성 확보가 최우선이므로 관련 기준 정립이 필요하며, 이에 대해서는 주무부처인 국토교통부와 협의를 통해 고시

○ 토목 인프라 연구

- 광역도시철도 분기선 및 주박선 현황 조사 및 지반조건 조사
- 대피선 개량을 위한 구조물 개량 방안 연구
- 개량 공법의 시공에 따른 안정성 시뮬레이션 검토

■ 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

○ 본 연구는 급행의 시간단축 효과가 크지만 대피역 하나를 건설하는 비용이 크기 때문에 도시철도 운영기관과 관련 지자체와 MOU 협약을 맺어 경제적 효과 및 비용 분담에 상호 역할 분담으로 추진

○ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

○ 대피역으로 NATM 터널을 개량하기 위해서는 터널 전문가들의 공사 안전성에 대한 자문이 필수적임

○ 가감속도가 높은 고성능 전동차를 완행으로 투입하는 사례로서 각 노선별 차량 내구연한과 연계한 검토가 이루어져야 하므로 내구연한이 오래된 운영기관을 우선 접촉하여 실용화 추진

○ 토목 인프라 연구

- 도심지 지반정보 획득을 위한 장비 및 자료 분석 기술 개발
  * 도심지 구간 물리탐사 신뢰성 향상방법 개발
  * 인접구간 지장물 및 지반정보 획득기법 연구
  * 건설관련 기준 체계화

- 기존 구조물을 활용한 대피선 설치 방안 연구
  * 신설터널 시공에 의한 병렬터널 시공계획 연구
  * 기존터널을 활용한 다중아치 시공계획 연구
  * 운영 중인 터널 지보재 내구성 등 장기 안정성 연구
- 운영 중 터널의 합리적인 확폭 굴착 방안 연구
  * 발파 굴착에 의한 운영 중 터널 확폭 굴착방안 연구
  * 터널 확폭 시 지보시스템 적용방안 연구
  * 확폭 터널을 위한 프로텍터 설치 및 시공방안 연구
  * 시공성, 안정성 등을 고려한 기존구조물 철거방안 연구
- 시공성, 안정성 유지 관리 향상을 위한 개선사항 연구
  * 조건별 효율적인 버력처리 방안 연구
  * 숏크리트 리바운드 분진 최소화 방안 연구
  * 시공 중 작업자의 안정성 확보를 위한 연구
  * 비상시 안전대책 수립방안 연구
- 연구개발성과의 유효성 검토
  * 시뮬레이션/실대형 실험 등을 통한 개발공법에 대한 안정성 검증
  * 시공계획별 정량적인 경제성 검토
- 급행/완행 운행을 위한 대피선 건설기술의 패키지 개발
  * 다양한 현장여건에 직접 적용이 가능하도록 설계 및 시공가이드 개발

나) 고성능 전동차 기술개발

■ 국가 R&D로 기 개발되어 내구성 시험 중인 차세대 전동차(3M3T)를 4M으로 개조하여 성능시험 수행



○ 차세대 전동차는 AC/DC 겸용으로 되어있으며 DDM 구동방식으로 되어있어 4M으로 개조하기 위해서는 기기배치 공간을 고려하여 DC로 개조하여야 하며 다음과 같은 고려를 하여야 한다.
- DDM 경량화 방안 연구
- 4M으로 개조하기 위한 DDM 4세트 제작

- DDM은 차축장가방식으로 un-sprung mass가 커 궤도 부담력에 악영향을 미칠 수 있기 때문에 횡압측정용 윤축 1세트 및 DDM 1세트 추가 제작

- T차량을 M차량으로 개조하기 위해 T 대차를 M 대차로 개조

- 고정밀 정위치 정차제어를 구현하기 위한 1C1M 방식 적용

○ 열차 개조작업은 차세대전동차 신뢰성평가시험이 2014년4월에 종료되므로 충분히 개조 작업할 시간적 여유 확보됨

○ 열차 개조작업은 현대 로템 창원공장에서 수행

○ 개조 작업 후 기본적인 성능시험은 현대 로템 창원공장 구내에서 수행

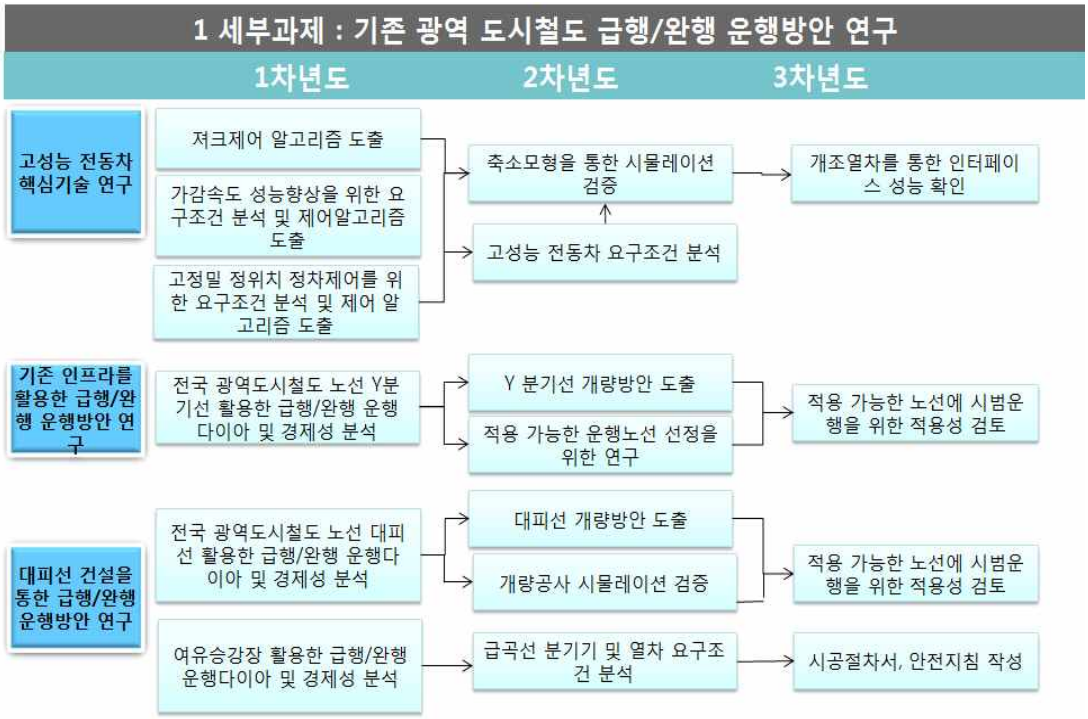
○ DDM 경량화 연구 등 핵심장치 개발관련해서는 신기술, 제품화 등의 가시적 연구 성과 도출 및 특허, 논문 등 확보

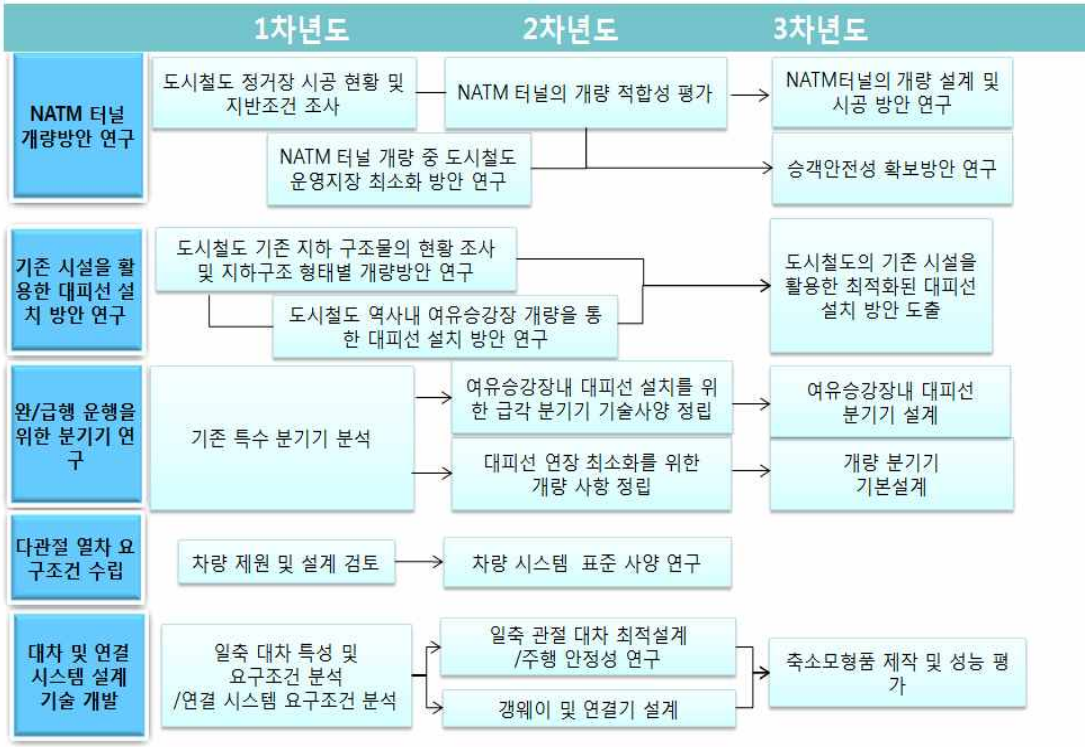
○ DC 전용 4량 1편성으로 개조한 열차에 대해 성능시험을 하기 위해 서울시 6호선 도봉차량기지 구내에서 성능 시험하도록 추진

○ 도봉차량기지에서 가감속도 시험, 저크시험, 승차감시험, 주행안전성 시험 등 수행하여 차량의 성능 및 승객의 거동에 대한 성능 확보

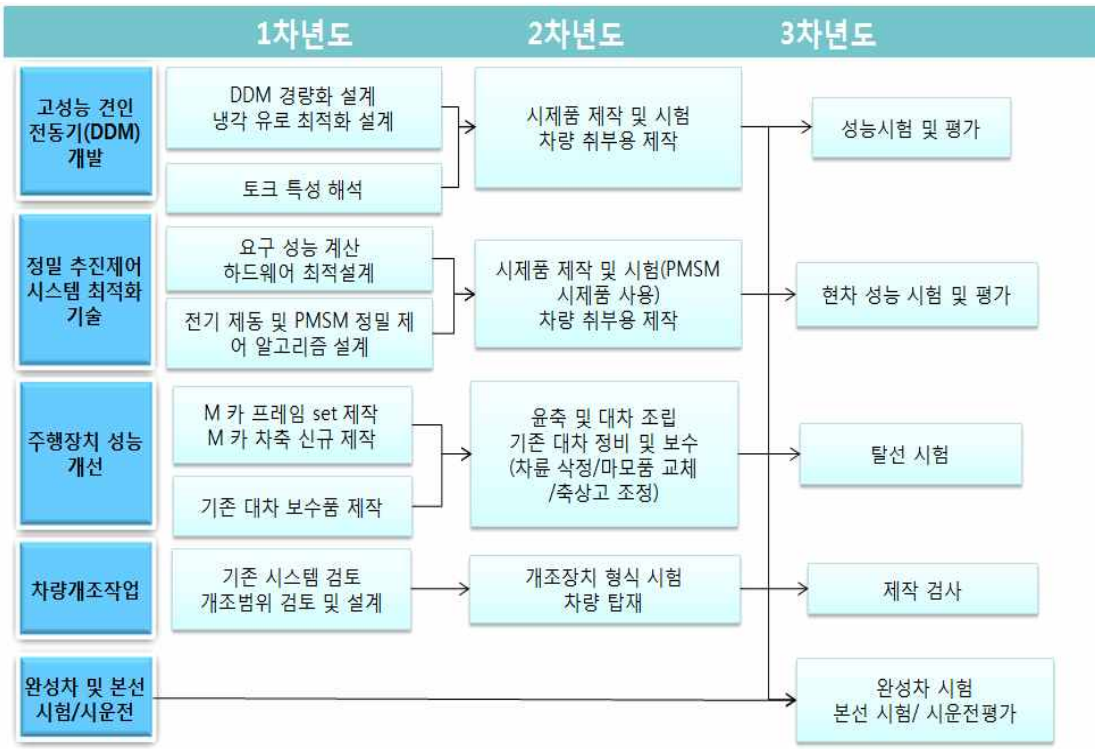
마. 과제별 · 연차별 기술로드맵 및 성과로드맵

1) 광역·도시철도 급행/완행 운행 기술개발





2) 고성능 전동차 기술개발



바. 성과의 활용방안

1) 기존 광역·도시철도 급행/완행 운행방안 연구

가) 고성능전동차 핵심기술 연구

■ 가감속도 성능향상 연구

○ 기존 전동차 가감속도(3.0/3.5 km/h/s)가 최대 6.0/4.86 km/h/s로 높아짐에 따라 전국 광역 도시철도차량의 속도향상에 기여

○ 전국 광역도시철도 차량 내구연한이 도래한 열차를 대체하도록 추진하여 출퇴근 시간 단축 효과 발생

○ 향상된 승차감 기술을 토대로 승객 안전 확보

■ 저크제어 향상 연구

○ 가속 시 토크제어를 보다 선형적으로 제어함으로서 승차감이 향상된 차량시스템 기술 확보

○ 높은 가감속에도 승객 승차감을 고려한 저크제어 기술을 확보함으로써 국민 행복 증진

○ 기존 전동차에 본 저크제어 기술을 적용함으로서 승차감 향상 기대

■ 고정밀 정위치 정차제어 연구

○ 기계 제동을 사용하지 않는 제로 속도까지 완전 전기제동으로 정위치 정차제어 기술을 확보함으로써 ATO 운전을 추진하는 모든 도시철도차량에 활용 가능

○ 기존 ±350mm에서 ±100mm 정위치 정차제어 기술 확보기술로 수출차량에 적용

○ 신선에서 늘 문제되었던 신호시스템과 제동시스템 연계된 정위치 정차시험에 대한 기간 대폭 단축 가능

○ 기계 제동을 사용하지 않음으로써 인체에 유해한 분진 없음

○ 차량 하부에 장착된 공기통 및 공기배관을 없앨 수 있어 차량 시스템 단순화 가능

■ 광폭 출입문에 의한 승하차 시간단축 연구

○ 기존 전동차 출입문 폭(1,300mm)를 1,800mm로 확폭 함으로서 승객 승하차 편의 제공 및 시간단축 가능

○ 정거장의 정차시간을 기존 30초에서 25초로 단축 가능하여 전체 주행시간 단축 효과 발생
○ 출입문 밀폐기술 확보로 객실 내 승객 편의 증진

■ 고성능 전동차 요구조건 연구
○ 전국 광역도시철도 급행화 방안을 활용할 운영 처에서 구매 사양에 활용
○ 광폭 출입문에 의한 차량 구조해석에 활용
○ AC 및 DC 차량 각각의 차량 요구조건 분석

나) 기존 인프라를 활용 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

■ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구
○ 전국 광역도시철도 노선에 기 설치된 Y 분기선을 활용한 급행/완행 운행다이아를 토대로 각 도시철도 운영 처에 급/완행 운행방안 활용
○ 기존 인프라를 대폭 활용하여 대피선 건설비를 최소화한 방안으로 각 도시철도 운영 처에 적용
○ 기존 전동차를 급행 및 완행으로 운행 또는 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차를 완행, 기존전동차를 급행으로 운행하는 방안 선택적으로 운영 처에 적용
○ Y 분기선을 더블Y 분기선으로 개량하는 방안 운영 처에 적용

■ 기존 부본선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구
○ 쌍섬식으로 부본선이 설치된 정거장이 있는 노선 및 반 쌍섬으로 부본선이 설치된 정거장이 있는 노선에 대해 급행/완행 운행방안 활용

다) 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

■ 여유 승강장을 활용한 대피선 설치방안 및 공법개량 방안 연구
○ 분당선과 같이 여유승강장을 활용한 대피선 건설이 가능한 노선에 급행/완행 운행다이아 적용 및 활용

■ NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안 연구
○ 운행 중인 노선의 정거장에 대피선을 설치하는 경우 안정성 확보 연구 및 시공절차서등을 급행/완행을 적용하는 운영 처에 활용
○ 노선별 대피정거장에 대해 안전검증 확인을 위한 기술지원으로 활용

2) 고성능 전동차 기술개발

■ 감가속이 우수한 전동차 기술력 확보로 국내 급행/완행 운행에 따른 고성능 전동차 제작에 활용

■ 감가속이 우수한 전동차에 대한 해외 시장력 확보

■ 완전 회생제동으로 소음이 감소한 기술력 확보로 도시철도차량 제작에 활용

■ 저크제어 기술력 확보로 인한 승차감 향상으로 대 국민 서비스 향상

■ 경량화 설계 및 기술 개발로 도시철도차량 에너지 소비율 저감에 기여

■ 국가 R&D로 기 개발된 차세대 전동차를 활용하여 가감속도 향상 및 저크제어 기술에 대한 기초연구 진행 및 승차감 향상 연구에 활용

■ 가감속도 향상, 저크제어 향상, 정위치 정차제어 향상 등을 통한 기술력 및 알고리즘은 향후 수출차량에 적용하여 해외 시장경쟁력 확보에 활용

사. 연구수행체계 제안

1) 연구개발 추진체계(제1세부 및 제2세부)




과제명 : 고성능 전동차 기술개발
주관 :
[기술개발 총괄]
공동 : 핵심장치 개발 업체(1)
[핵심장치 협업 설계 및 부품 개발]
공동 : 핵심장치 개발 업체(2)
[경량화 협업 설계 및 부품 개발]
공동 : 차량개조 및 시험 업체
[차량 개조작업 및 시험지원]

제 4 장 사전타당성 검토

가. 정책적 타당성

■ 본 연구는 기존 운행 중인 광역 도시철도 노선에 대한 급행/완행 운행 방안에 대한 연구임

■ 기존 광역도시철도 노선은 역간 거리가 짧고 우회도가 높아 많은 시민들이 보다 편리한 버스를 이용하는 상황임

■ 기존 광역도시철도 급행화를 통한 속도향상으로 출퇴근 시간 단축이 필요함

■ 서울시 9호선의 건설 시부터 급행/완행 운행을 목적으로 6개의 대피역사를 건설하여 현재 급행완행을 운행함으로써 급행의 시간단축효과가 약 34%정도 달해 시민들의 만족도가 대단히 높음

■ 출퇴근 시간 단축을 위해서는 국가 정책적으로 기존 광역도시철도 노선에 대한 급행화가 필요하며, 급행화시 시민들의 행복지수가 증가할 것으로 예상됨

■ 출퇴근 시간을 단축하면 광역도시철도로 유입되는 승객의 수가 상당히 증가될 것으로 예상되어 만년 적자상태인 도시철도운영기관의 제정에 도움을 줄 것으로 예상됨

나. 기술적 타당성

■ 기존 운행 중인 노선에 급행/완행을 운행하기 위해서는 완행이 대피할 수 있는 시설이 필요하며, 기존 전동차의 가감속 성능(3.0/3.5km/h/s)으로는 급행/완행 운행 시 대피역이 많이 필요하게 됨

■ 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차(6.0/4.86km/h/s)를 완행으로, 기존 전동차를 급행으로 하는 급/완행을 운영하게 되면 대피역이 크게 줄어듬

- 가속도 6.0km/h/s, 감속도 4.86km/h/s 조건 최대 기동 견인력 발휘를 위한 구동부분 편성 예측결과
  - · 차량무게 : 359ton
  - · 견인전동기 : 230kW
  - · SIV : 180kW

<1C4M (점착계수 : 0.18)의 경우, 최대 기동 견인력>

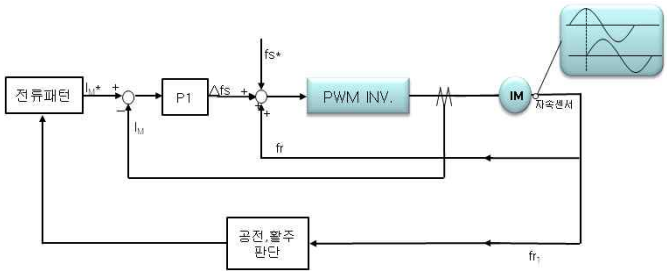
편성	모터수	Fm(kgf)	Fte(kgf)	여유율(%)
5M5T	20	54,587	98,219	
6M4T	24	65,505	101,386	
7M3T	28	76,422	101,900	
8M2T	32	87,339	102,413	
9M1T	36	98,257	102,927	
10M	40	109,174	103,441	5.25

<1C1M (점착계수 : 0.23)의 경우, 최대 기동 견인력>

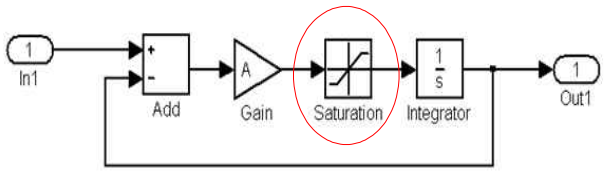
편성	모터수	Fm(kgf)	Fte(kgf)	여유율(%)
5M5T	20	69,750	100,872	
6M4T	24	83,700	101,386	
7M3T	28	97,650	101,900	
8M2T	32	111,600	102,413	8.23
9M1T	**36**	**125,550**	**102,927**	**18.02**
10M	40	139,501	103,441	25.85

■ 높은 가감속에 따른 토크제어 알고리즘 기술로 저크제어를 할 수 있는 기술이 요구됨

- 토크제어를 통한 저크제어 기술은 전동차의 승차감 향상에 활용되어 승객들의 편익 증진에 활용될 수 있음.



<1C1M 재점착 제어 시스템>



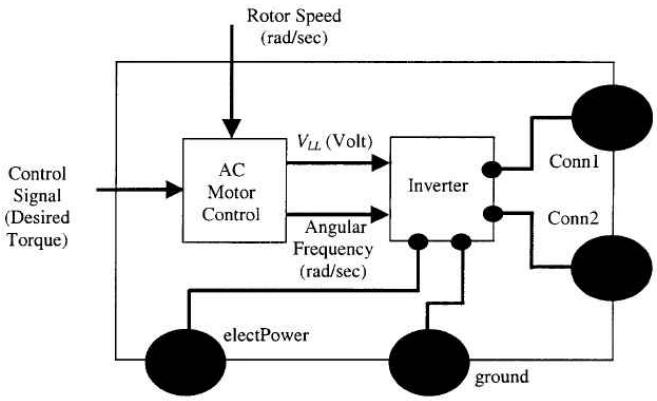
<전동기 토크제어 블록도>

■ 국내에는 외국 운영사에서 운영하는 서울시 9호선을 제외하고는 제대로 된 급행/완행 분석 능력이 부족함

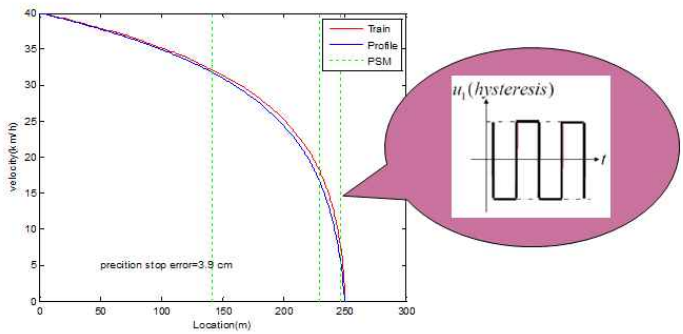
■ 국내 도시철도는 정차시간이 30초로 되어있지만 25초로 줄인 운행다이아 및 운영 경험이 요구됨

■ 국내 도시철도차량의 정위치 정차제어 기술은 ±350mm 로서 ±100mm 고정밀 제어기술력을 확보할 필요가 있음

- 본 연구를 통해 개발되는 차량의 정위치 정차 제어 기술은 급행화와 별도로 기존 시스템에 우선 적용할 수 있으며 현재의 ±350 mm의 정밀도를 향상시켜 스크린도어 연동성의 정확도를 높일 수 있음.



<열차 견인제동기 모듈의 OOM화>

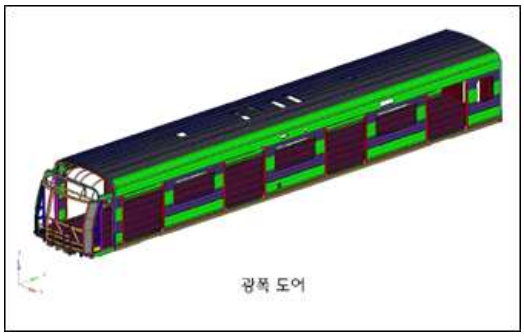


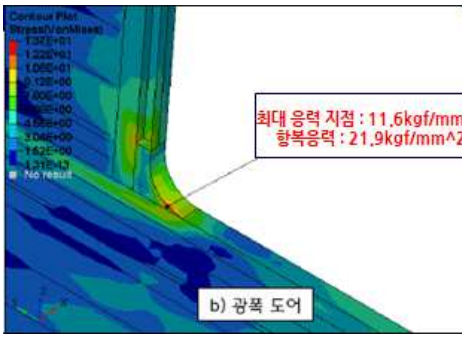
<이산신호 입력 대상 제어평면 유지>

■ 국내 도시철도차량의 경우 출입문 폭이 1,300mm로서 1,800mm에 대

한 제작 기술을 개발하여야 함

- 출입문 확폭 차량에 대한 구조해석 실시 및 취약 부위에 대한 정성적/정량적 예측 수행, 보강 부위 선정 및 확폭 타당성 확보할 수 있음





■ Y 대피선 및 주박선에 완행 전동차를 대피하는 방식의 운행다이아 계획 및 운영 방안을 개발하여야 함

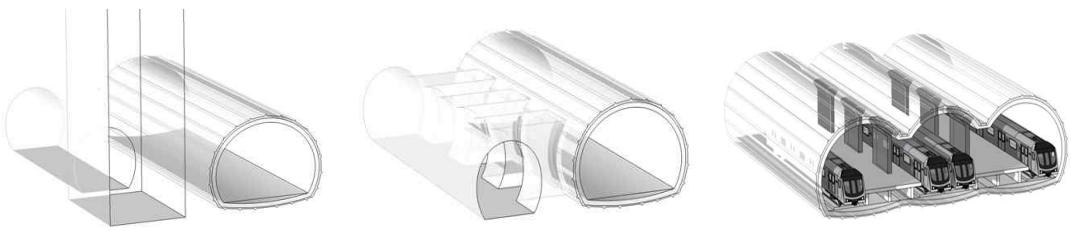
■ 급행/완행 운행에 따른 DC/AC 급전 시뮬레이션 분석 기술 개발 필요

■ 운행 중인 노선에 NATM 터널 및 박스 터널의 대피선 건설 기술 개발 필요

- 운영 중 NATM터널을 개량하는 공사방안 개발 기술은 최고난이도 공사로 기술 확보 시 도시철도 개량 뿐 아니라, 도심지 구간의 지하 공간 개발에 활용이 가능함.

- NATM 터널 개량에 따른 시공방안 도출

운영 중 개량에 따른 승객 편의성 및 안전성 확보와 구조물의 안정성 확보가 필요하며, 공사 중 시간적 공간적 제약을 극복할 방안이 필요함. 따라서 대피선 설치가 계획된 인근 지역에 수직갱을 통해 굴착하여 장비 반입 및 버력 반출을 위한 공간을 확보하고, 기존 구조물에 지장을 주지 않으면서 공사할 수 있는 최소 이격거리를 확보하여 공사 진행 후 횡갱을 시공하여 기존 구조물과 연결시킴. 기존 지중 구조물의 개량방안으로 활용이 가능 함.

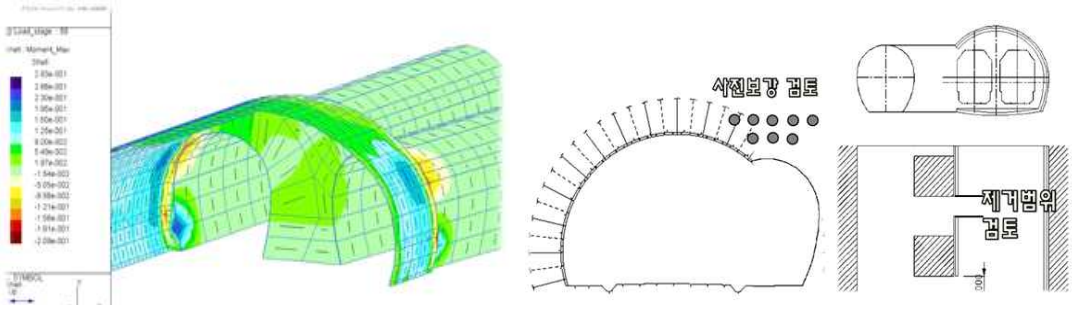


<운영 중 터널 개량을 위한 시공방안>

- 전산 해석을 통한 터널 개량 안정성 분석

전산 시뮬레이션을 통해 지반 및 터널 구조물의 시공 단계별 안정성을

확보할 필요가 있으며, 대피선과 기존 터널의 접속부와 같은 입체구간의 경우 3D 해석을 통한 안정성 확보가 필수임. 또한 사전보강 범위 및 횡갱 굴착 시 기존구조물 및 지보재의 제거 범위를 사전에 검토 공사 중 안정성을 확보함.



<전산 해석을 통한 터널 개량 안정성 분석>

- 공사 중 지반 변형에 따른 인접 구조물의 균열 방지 및 지속성 유지를 위한 기술 분석

도심지 구간의 경우 인접 구조물들이 있는 상황에서 공사를 진행하게 될 경우가 많으며 인접구조물에 피해를 주지 않기 위해 지반의 변형에 대한 제어가 필요함. 실시간 모니터링을 실시, 지반의 건전도 평가를 통해 인접 구조물에 영향을 줄 수 있는 변형을 사전에 감지, 제어하도록 하여 도심지 지하공간개발에 활용이 가능함.

■ 국내 기술로 급행/완행을 운행한 경험이 아직 없어 차량 및 인프라에 대한 시스템적 기술력 확보가 필요함

다. 경제적 타당성

■ 전동차 운행시간 20% 단축으로 전국 도시철도 운영기관 적용 시, 시간비용 약 6,832억원/년 절감편익 발생

■ 근거자료

○「한국개발원, 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 2008년」 통행시간 절감편익 산정, 「통계로 보는 한국철도 2011」 수송인원 및 소요시간 참조

○ 철도분야 평균 시간가치 4,867원/인·시간, 서울 2호선의 경우 일일 수송인원 2,005천명

○ 서울메트로 여객수송 분담률 : 12,730,668,598인·km , 여객 수송량 :

1,475,348,937인, 평균역간거리 : 1.1km/역, 평균 이용역수 : 8개역, 8개역 평균 이용시간 : 0.23시간

○ 절감비용 = 4,867원/인·시간 x 2,005,000인 x 0.23시간 x 365일 x 20% = 1,653억원/년

○ 서울1~9, 부산 1~4, 대구1~2, 인천1, 광주1, 대전 1호선의 경우, 6,832억원/년 절감

구분		평균 시간가치 (원/인·시간)	일일 수송인원 (명)	여객수송 분담률 (인·km)	여객 수송량 (인)	평균 역간 거리 (km)	평균 이용 역수 (역수)	평균역 이용 시간 (시)	운행 일 (일)	절감율 (%)	절감비 (억원)
서울	1호선	4,867	450,000	12,730,668,598	1,475,348,937	0.87	9	0.27	365	20	432
	2호선	4,867	2,005,000			1.06	8	0.23	365	20	1,653
	3호선	4,867	755,000			1.18	7	0.23	365	20	621
	4호선	4,867	832,000			1.22	7	0.24	365	20	703
	5호선	4,867	812,000	7,314,740,201	874,024,623	1.04	8	0.23	365	20	664
	6호선	4,867	487,000			0.94	9	0.28	365	20	478
	7호선	4,867	865,000			1.15	7	0.24	365	20	743
	8호선	4,867	231,000			1.1	8	0.25	365	20	203
	9호선	4,867	96,000	713,504,701	-	1.17	-	-	365	20	-
부산	1호선	4,867	413,000	2,571,505,322	274,818,399	0.98	10	0.30	365	20	446
	2호선	4,867	265,000			1.28	7	0.23	365	20	215
	3호선	4,867	75,000			1.11	8	0.27	365	20	71
	4호선	4,867	-			0.92	10	0.30	365	20	-
대구	1호선	4,867	171,000	932,593,785	115,170,657	0.89	9	0.25	365	20	152
	2호선	4,867	145,000			1.1	7	0.22	365	20	113
인천	1호선	4,867	220,000	748,860,402	80,133,395	1.04	9	0.28	365	20	218
광주	1호선	4,867	47,800	126,242,351	17,442,008	0.85	9	0.29	365	20	48
대전	1호선	4,867	96,000	231,241,316	35,238,968	0.975	7	0.21	365	20	72
합계2											6,832

※ 서울1호선 : 서울역~청량리, 서울2호선 : 성수~성수, 서울3호선 : 지축~오금, 서울4호선 : 당고개~남태령
서울5호선 : 방화~상일동, 서울6호선 : 응암~봉화산, 서울7호선 : 장암~온수, 서울8호선 : 암사~모란,
서울9호선 : 김포공항~방이동
부산1호선 : 신평~노포동, 부산2호선 : 장산~양산, 부산 3호선 : 대저~수영, 부산4호선 : 미남~안평
대구1호선 : 대곡~안심, 대구2호선 : 문양~사월, 인천1호선 : 계양~동막, 광주1호선 : 녹동~평동,
대전1호선 : 판암~반석

라. 기술개발 필요성

■ 국내에는 외국 운영사에서 운영하는 서울시 9호선을 제외하고는 제대로 된 급행/완행 분석 능력이 부족함, 또한 국내 도시철도는 정차시간이 30초로 되어있지만 급행화를 위해서는 25초로 줄인 운행다이아 및 운영기술이 요구됨.

- Y 대피선 및 주박선에 완행 전동차를 대피하는 방식의 운행다이아 계획 및 급행화 운영 방안을 최적화할 수 있는 기술을 개발하여야 함

■ 급행/완행 운행에 따른 DC/AC 급전 시뮬레이션 분석 기술의 개발이 필요함

■ 최대 가속도 6.0km/h/s는 전 세계적으로 현재 운행 중인 노선이 없을 정도로 높은 수치로서 완행의 시간단축 효과를 토대로 대피선 건설을 최소화하기 위해서는 이에 대한 기술력 확보가 필요함

- 한신철도 (고베~오사카 구간) 5500계는 5.0km/h/s까지 가속도로 현재 운행 중임

■ 높은 가감속에 따른 토크제어 알고리즘 기술로 저크제어를 할 수 있는 기술이 요구됨

- 토크제어를 통한 저크제어 기술은 전동차의 승차감 향상에 활용되어 승객들의 편익 증진에 활용될 수 있음. 저크제어(0.8m/s^3 이하)는 승객의 승차감과 매우 밀접한 지수로서 높은 가감속도에서 기준치 이하로 제어하는 알고리즘 개발이 필요함

■ 국내 전동차 출입문은 획일적으로 1,300mm로 되어있으며 승객이 두 줄로 승하차가 가능하지만, 1,800mm로 확폭 시 3줄로 승하차가 가능한 것으로 실제 시험 시 입증되었음, 따라서 출입문 확폭 차량의 제작 가능성을 검토하고 구조적 문제점에 대한 예측을 진행하여 보강할 수 있는 차량 제작 기술개발이 필요함

■ 국내 전동차는 정차 시 약 6km/h시부터 공기제동으로 마지막에 정위치 정차를 하는 시스템으로 공기제동의 응답특성상 정위치 정차 ±350mm를 확보하기 위해서는 본선에서 오랜 기간동한 정위치정차 시험을 해야만 함. 그러나 완전 전기제동으로 정위치 정차 제어시스템을 갖추면 제로속도까지 정밀제어가 가능하여 ±100mm로 정위치 정차가 가능할 것으로 판단되어 이에 대한 기술력 확보를 위한 연구가 필요함

■ 뉴욕지하철의 경우 911테러 후 물에 잠긴 지하철의 NATM 터널을 운행을 중단하고 개량한 사례는 있지만 전 세계적으로 운행 중인 노선에 NATM 터널을 개량한 사례는 없음. 서울시 2기지하철의 경우 심도가 깊어 NATM 터널로 건설된 본선이 많아 대피역으로 개조를 해야만 할 경우 이에 대한 안전 확보, 공사 시뮬레이션 기술 확보 등 연구개발이 필요함.

- 운영 중 NATM터널을 개량하는 공사방안 개발 기술은 최고난이도 공사로 기술 확보 시 도시철도 개량 뿐 아니라, 도심지 구간의 지하 공간 개발에 활용이 가능함.

마. 정부지원 타당성

■ 외국의 운행기술로 운행되는 서울시 9호선을 제외하고는 국내 도시철도에 급행/완행 운행경험은 전무한 상태임

■ 고성능 전동차를 활용한 급행/완행 운행다이아 분석은 한국철도기술연구원이 국내에서 독보적으로 갖고 있는 기술로 이를 바탕으로 국내 광역 도시철도 전 노선에 대한 급행완행 분석이 필요함

■ 급행/완행에 따른 각 노선별 시간단축 효과로 해당 지자체 및 운영처에 급행화 효과 및 경제성 분석을 본 연구결과를 통해 제시함으로써 전국 대도시권의 출퇴근시간을 획기적으로 줄여 국민 행복을 증진시킬 수 있음

■ 기존 운행 중인 노선에 급행/완행 효과를 배가시키고 대피선 수를 줄이기 위해서는 급가속 성능이 우수한 고성능 전동차에 대한 핵심기술 개발 및 정위치 정차제어, 저크제어 등 이에 대한 기술력 확보가 중요하므로, 국가 R&D로 개발된 차세대 전동차(6량1편성, 3M3T)를 4량1편성(4M)으로 개조하여 그 성능을 입증하는 시험이 병행되어야 함

■ 지하 깊숙이 건설된 NATM 터널을 대피선으로 개량하기 위해서는 사전에 안전성 검토 및 개량공사 절차에 대한 시뮬레이션 분석이 필수적으로 이에 대한 연구개발이 필요함

바. 타당성 검토 종합

■ 기존 광역도시철도 노선의 급행완행 분석은 급·완행 패턴, 운전시격, 기존 인프라 활용한 급행/완행 분석, 대피선을 건설하는 급행/완행 분석, 고성능 전동차를 활용한 급행/완행 분석 등 매우 다양한 방식으로 노선별 분석이 필요하며, 각 노선별 최적의 방안을 도출하여 이에 대한 경제성 분석 결과 및 시간단축 결과를 토대로 해당 지자체 및 운영처가 급행화 방안 도입여부를 판단할 수 있는 추진 방안이 필요함

■ 광역 도시철도의 수송 분담률을 높여 혼잡한 도로교통을 완화하고, 출퇴근 시간 단축을 통해 국민 행복을 높이는 방안은 “국가철도망 구축계획(2011-2020)(2011.4. 국토해양부, 광역철도의 운영체계를 급행위주로 재편)과 국토교통부 대통령 업무보고(2013. 4. 4, 대도시권 도시철도 구축을 통해 출퇴근 불편해소)에서 볼 수 있듯이 정부 시책과 밀접한 관련이 있는 연구개발 과제임

■ 관계법령의 제/개정 사항 정립

- 광역 도시철도의 급행화 방안에 필요한 건설규칙, 차량 기준, 터널 개량과 관련된 시공기준 등 관련 기준들이 일부 개정 또는 제정되어야 함.

제 5 장 소요예산 산정

가. 전체사업 소요예산

예산 산정은 광역철도 속도향상 기술개발을 위해 도출된 세부 과제별로 산정하였다. 즉, '가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발'과 '광역철도 급행화를 위한 선로개량 방안 연구' 및 '가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술개발'로 구분하였다. 또한, 각 세부과제에서 도출된 기술 분야별로도 예산을 산정하였다.

구분		1차년		2차년		3차년		합계	
		정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
총괄									
1세부		2,880,000	-	5,400,000	-	3,720,000	-	12,000,000	-
	고성능전동차핵심기술연구	1,000,000	-	2,500,000	-	1,400,000	-	4,900,000	-
	급행/완행 운행방안 연구	1,000,000	-	1,500,000	-	1,000,000	-	3,500,000	-
	단거리대 피선활용 다관절열차 개발	880,000	-	1,400,000	-	1,320,000	-	3,600,000	-
2세부		1,700,000	600,000	4,000,000	1,000,000	2,300,000	1,060,000	8,000,000	2,660,000
	Y분기선 개량연구	550,000	200,000	1,400,000	300,000	800,000	330,000	2,750,000	830,000
	NATM 개량연구	550,000	200,000	1,400,000	300,000	800,000	330,000	2,750,000	830,000
	급곡선분기기연구	600,000	200,000	1,200,000	400,000	700,000	400,000	2,500,000	1,000,000
3세부		1,200,000	400,000	5,000,000	1,660,000	1,800,000	600,000	8,000,000	2,660,000
	차량시스템 설계 및 제작	400,000	200,000	4,000,000	1,100,000	400,000	100,000	4,800,000	1,400,000
	차량 시스템 개조	800,000	200,000	1,000,000	560,000	400,000	400,000	2,200,000	860,000
	열차 성능 시험	-	-	-	-	1,000,000	400,000	1,000,000	400,000

나. 세부과제별 소요예산

세부과제별 소요예산은 각각 아래 표와 같다.

1세부 (가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발)

예산항목	세부항목	예산항목						비율(%)
		단가(연급여)	연평균인원/참여율	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
인비	책임연구원	75,000	11/100%	495,000	765,000	540,000	1,800,000	15%
	연구원	65,000	11/100%	429,000	780,000	468,000	1,677,000	14%
	연구보조(박사과정)	25,000	8.7/100%	150,000	225,000	165,000	540,000	5%
	연구보조(석사과정)	25,000	8.7/100%	132,000	198,000	145,200	475,200	4%
	소계			1,206,000	1,968,000	1,318,200	4,492,200	37%
직접비	연구장비 재료비			220,000	340,000	220,000	780,000	4%
	연구활동비			580,064	1,495,520	1,099,376	3,174,960	29%
	연구수당			241,200	393,600	263,640	898,440	7%
	소 계			1,041,264	2,229,120	1,583,016	4,853,400	40%
위탁연구개발비				36,000	84,000	48,000	168,000	2%
간접비				596,736	1,118,880	770,784	2,486,400	21%
합 계				2,880,000	5,400,000	3,720,000	12,000,000	100%

1세부 주요 예산 계획	비목	금액(천원)
다관절열차 1축대차 시제품 제작비	연구장비재료비	500,000
급행완행 축소 모형 제작비	연구장비재료비	100,000
광폭 출입문 시제품 개발비	연구장비재료비	100,000
도시철도 운영기관 적용을 위한 급행완행 운영프로그램 개발비용	연구활동비	2,500,000
공청회(2회) 및 세미나 개최비	연구활동비	50,000
가감속 향상에 따른 휠/레일 점착특성 연구	위탁연구개발비	30,000
노선별 최적 급완행 운영방안 도출을 위한 분석연구	위탁연구개발비	30,000
차량 승차감 향상을 위한 제어특성 연구	위탁연구개발비	30,000
정위치정차를 위한 상세모델링 및 시뮬레이터 제작비	위탁연구개발비	78,000

2세부 (광역철도 급행화를 위한 인프라개량 방안 연구)

예산항목	세부항목	예산항목						비율(%)
		단가 (연급여)	연평균인원 /참여율	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
인비	책임연구원	75,000	11/100%	225,000	750,000	225,000	1,200,000	11%
	연구원	65,000	11/100%	130,000	585,000	195,000	910,000	9%
	연구보조 (박사과정)	25,000	8.7/100%	50,000	200,000	75,000	325,000	3%
	연구보조 (석사과정)	25,000	8.7/100%	44,000	176,000	66,000	286,000	3%
	소계			449,000	1,711,000	561,000	2,721,000	26%
직접비	연구장비 재료비			200,000	300,000	1,000,000	1,500,000	14%
	연구활동비			1,130,000	1,179,000	1,089,700	3,398,700	31%
	연구수당			89,800	342,200	112,000	544,000	5%
	소 계			1,419,800	1,821,200	2,201,700	5,442,700	51%
위탁연구개발비				100,000	100,000	100,000	300,000	3%
간접비				331,200	1,367,800	497,300	2,196,300	21%
합 계				2,300,000	5,000,000	3,360,000	10,660,000	100%

2세부 주요 예산 계획	비목	금액(천원)
급곡선(R15m) 분기기 시제품 제작비	연구장비재료비	1,500,000
NATM개량 상세설계 및 안전기준서 도출	연구활동비	1,500,000
공청회(2회) 및 세미나 개최비	연구활동비	50,000
Y분기선 개량 설계	연구활동비	1,500,000
지하대피역 건설에 필요한 보강기법 검토 및 전산시뮬레이션 해석 연구	위탁연구개발비	300,000

3세부 (가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술개발)

예산항목	세부항목	예산항목						비율(%)
		단가 (연급여)	연평균인원 /참여율	1차년도	2차년도	3차년도	소계	
인비	책임연구원	75,000	11/100%	225,000	750,000	225,000	1,200,000	11%
	연구원	65,000	11/100%	130,000	585,000	195,000	910,000	9%
	연구보조 (박사과정)	25,000	8.7/100%	50,000	200,000	75,000	325,000	3%
	연구보조 (석사과정)	25,000	8.7/100%	44,000	176,000	66,000	286,000	3%
	소계			449,000	1,711,000	561,000	2,721,000	26%
직접비	연구장비 재료비			600,000	2,639,000	1,000,000	4,239,000	39%
	연구활동비			130,000	600,000	229,700	959,700	9%
	연구수당			89,800	342,200	112,000	544,000	5%
	소 계			819,800	3,581,200	1,341,700	5,742,700	54%
위탁연구개발비							0	0%
간접비				331,200	1,367,800	497,300	2,196,300	21%
합 계				1,600,000	6,660,000	2,400,000	10,660,000	100%

3세부 주요 예산 계획	비목	금액(천원)
고성능 견인전동기 제작비 (성능시험용 1set, M car용 4set)	연구장비재료비	900,000
정밀추진제어 시스템 제작비 (성능시험용 1set, M car용 4set)	연구장비재료비	200,000
대차 및 휠셋 제작비 (M car용 프레임 2set, 휠셋 5set(주행안전성 시험용 1세트 포함), 윤축 및 대차 조립 2set	연구장비재료비	1,200,000
차세대전동차 개량비 (3M3T-->4M)	연구장비재료비	1,939,000

제 6 장 과제 제안요구서

가. 과제 제안요구서(RFP)

1) 가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발

연구과제명	가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발
1. 연구개발 목표	
기존 광역·도시철도의 급행/완행 운행을 통해 출퇴근 시간을 단축시켜 국민 행복을 증진을 위한 노선별 최적의 운행다이아 분석, 고성능 전동차의 요소기술 연구개발	
2. 연구개발 필요성	
○ 수도권은 주택 200만호 건설계획에 따른 신도시 건설 등 상주인주 증가에 따른 택지개발사업을 지속적으로 추진해 옴에 따라 수도권 광역화 가속 ○ 수도권 및 대도시권 광역화로 출퇴근 시간이 60분 이상 소요되는 인구비율이 증가하였으며 이는 95년 대비 약 76% 증가. ○ 우리나라 출퇴근 소요시간은 OECD 국가 중 최상위에 속하며, 철도분담률은 세계 주요대도시에 비해 현저히 떨어짐 ○ 현재 광역 및 도시철도는 노선우회 및 역간거리가 짧아 타 교통수단 대비하여 속도 경쟁력이 떨어짐 ○ 출퇴근시간을 단축하고, 철도분담률을 높이는 방법이 지속가능한 녹색교통시스템 구축을 위해 기존 광역· 도시철도의 급행/완행 운영 연구는 필수적인 요소임	
3. 연구개발내용	
■ 가감속성능 향상 기술 개발 ○ 가감속도 성능향상 연구 - 최대가속도 향상을 위한 요구조건 분석 - 전동기 요구 토크량 산출 및 최대 토크를 내기 위한 전동기 기본설계 - 최대 가속도시 승객 관성 및 승차감 연구 - 가감속도가 높은 대중 버스 승객 관성 및 승차감 측정 비교 - 최대 감속도 향상을 위한 요구조건 분석 - 완전 전기제동으로 요구감 속도를 내기위한 수치 해석	

○ 가속도 향상에 따른 저크제어 연구
- 열차 출발시점, 타행시점, 타행 후 제동시점, 정지시점에서 저크 제어 알고리즘 연구
- 전동차 용량대비 축소형 전동기 활용한 저크시험
- 차량 개조 후 고성능 전동차 저크시험

■ 고정밀 정위치 정차제어 기술개발
○ 고정밀 정위치 정차제어 연구
○ 정위치정차제어 알고리듬 및 열차제어시스템 개량 연구
- 모델링 충실화, 현차 시험을 통한 핵심 모델링 파라미터 도출
- 알고리듬 적합성 및 튜닝 요소 도출
- 제어시스템 연산 성능 및 통신 속도 향상 연구
○ 운행 프로파일 최적화 연구
- 역간 이동 시간 단축
- 향상된 가감속 성능 반영
- 저크제어를 통한 승차감 향상 고려
○ 브레이킹 패드 성능 향상 연구
- 제동 성능 향상
- 소재 기술의 발전 추세 반영
- 경량화 및 내구성 강화
○ 무게 검지 시간 단축화 연구
- 효율적인 가속 프로파일 추종과 저크 저감을 위한 신속 무게 검지(기존 15초 이상)
- 이미지 처리, 스프링 진동 특성 해석 등 기존 기술과 차별화된 첨단 연구기술 적용
○ 제동제어장치 성능향상 연구
- 처리속도 및 처리시간단위(현재 1초) 향상 연구
- 주제어장치와의 인터페이스 성능 향상 연구(유선->무선)
- 공기제동 지연시간 단축 연구
- 공기제동 제동압 단계 향상 연구
○ 정위치 정차제어 시험 및 검증 방안 연구
- 다양한 조건(공차/만차, 기상환경 등)하에서의 현차 시험(차세대전동차 개량)
- 국내외 광역·도시철도차량 정위치 정차 현황 조사
- 국내외 광역·도시철도차량 스크린 도어 현황 조사
- 공기제동 응답속도 개선방안 연구

- 기존 정위치 정차를 위해 일정거리별로 배치된 PSM (Precision Stop Marker) 개선방안 연구
- 신호시스템과 제동 시스템과의 인터페이스 연구
- 열차별 승객하중 변동에 따른 제어 방법 연구
- 디지털 제어기법을 적용한 실시간 상태제어 알고리즘 연구

■ 고성능 전동차 주요 요구조건 연구

○ 고성능 전동차 요구조건 연구
- 최대 가감속도를 내기위한 열차편성별 기기배치 작성 (AC/DC, 편성별)
- 공기저항 감소를 위한 차량 전두부 형상 연구
- 최대 가감속도에 따른 승객 안전을 위한 객실 좌석 배치 및 손잡이 위치 등 기본 설계

○ 출입문 확폭 방안 연구(정차시간 최대 20% 단축)
- 국내외 광역·도시철도차량 피크시간대 혼잡도 조사 분석
- 국내외 광역·도시철도차량 역사 내 정차시간 조사 분석
- 국내외 광역·도시철도차량 혼잡도에 따른 정차시간 분석 (환승거리 및 승강장 폭 고려)
- 출입문 확폭에 따른 차체 구조해석
- 출입문 확폭 및 승객 혼잡도에 따른 승하차시간 모의시험 및 분석
- 출입문 확폭에 따른 도어시스템 기본설계(포켓방식, 플러그 방식, 아웃사이드 슬라이딩 방식 등)
- 출입문 확폭에 따른 도어시스템 개폐시간 단축을 위한 연구

■ 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구

○ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 활용한 급행/완행 운행방안 연구
- 전국 광역도시철도 노선별 Y 분기선 및 주박선 현황 조사
- Y 분기선 및 주박선 대피선 활용에 따른 열차운행방안 연구
- 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피방안 연구
- 열차 역행에 의한 Y 분기선 대피 시 열차 운영방안 연구
- 주박선 특성(상행 또는 하행 한곳)에 따른 상·하행 급행/완행 운행다이아 차이 해소방안 연구
- 기존 전동차를 활용한 급/완행(상행, 하행) 운행다이아 분석 (전국 광역도시철도)

• 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
• 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
• 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완) 운행다이아 분석
• 시간단축에 따른 사회적 효과 분석
• 수요변화에 따른 혼잡도 분석
• 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정
• 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정
• 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정
• 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)

- 기존 전동차를 급행, 고성능 전동차를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)
  • 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
  • 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
  • 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완) 운행다이아 분석
  • 시간단축에 따른 사회적 효과 분석
  • 수요변화에 따른 혼잡도 분석
  • 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정
  • 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정
  • 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정
  • 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)
- 운영처에 적용 가능한 급행/완행 운영 프로그램 개발 연구

■ 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구
- 기존 전동차를 급행, 고성능 전동차를 완행(상행, 하행)으로 적용한 운행다이아 분석(전국 광역도시철도)
- 노선별 최대 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
- 노선별 현행 피크타임/비 피크타임 운전시격에 따른 급/완행 운행다이아 분석
- 급/완행 투입별(급/완, 급/완/완) 운행다이아 분석
- 시간단축에 의한 사회적 효과 분석
- 수요변화에 따른 혼잡도 분석
- 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정
- 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정
- 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정

- 노선별 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)

■ 단거리 대피선(여유승강장을 활용) 주행가능한 다관절열차 주행장치 개발 연구

- 다관절 열차 기본 설계
- 다관절 열차 활용방안 연구
- 다관절 열차를 활용한 급행/완행 운영방안 연구(분당선 등)
  - 시간단축에 의한 사회적 효과 분석
  - 수요변화에 따른 혼잡도 분석
  - 혼잡도를 고려한 운용 가능 스케줄 조정
  - 차량 소요 파악 및 급행화 비용 추정
  - 통행시간 및 수요변화에 따른 편익 추정
  - 경제성 분석(KDI 표준지침 근거)
- 다관절열차 주행안전 시뮬레이션 분석
- 다관절 열차용 1축 대차 시제품 제작 및 시험설비를 활용한 주행안전성 시험

4. 연구개발 추진방법

□ 추진전략

○ 가감속도를 기존 전동차보다 높게 하여 표정속도를 줄이기 위해서는 M 차량의 수가 늘어날 수밖에 없어 주 전동기의 출력계산, 주 전동기의 최대 토크력 계산, 토크제어방식 연구, 점착력 계산, 인버터의 제어방법 개선, 유지보수 효율성 검토 등을 알고리즘 개발 및 축소형 시뮬레이션을 활용한 성능 검증을 통해 추진할 계획임

○ 가감속도 향상 및 저크제어 기술은 시뮬레이션 및 축소모형 시험을 통해 추진할 것임.

○ 국가 R&D로 기 개발된 차세대전동차를 활용하여 가감속도 향상 및 저크제어 기술에 대한 기초 연구 진행 및 승차감 향상 연구에 활용

○ 광폭 출입문에 의한 승하차시간 단축 연구는 모의 출입문을 설치하여 출입문 폭별, 혼잡도별로 실제 승객을 투입하여 효과를 산출

○ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구

○ 산・학・연 공동연구 참여를 통한 기관 간 역할 분담 및 최적 역량 도출 유도할 예정이며, 열차 다이아 분석 및 기초기

술 연구에 대하여 연구원 내부 인력이 주도적으로 연구업무를 진행하며 실용화를 대비하여 외부 전문 인력 활용

○ 본 연구는 도시철도 운영기관의 관심과 참여가 절대적으로 필요하여, 공동연구 형태로 운영기관을 참여시켜 한국철도기술연구원에서 수행하는 급행/완행 운행 열차다이아 분석에 따른 시간단축 효과 및 경제성 분석에 대한 사업화 방안을 도출

○ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

○ 급행화 효과가 큰 최상의 노선을 선정하여 시범구축이 될 수 있도록 기반 마련

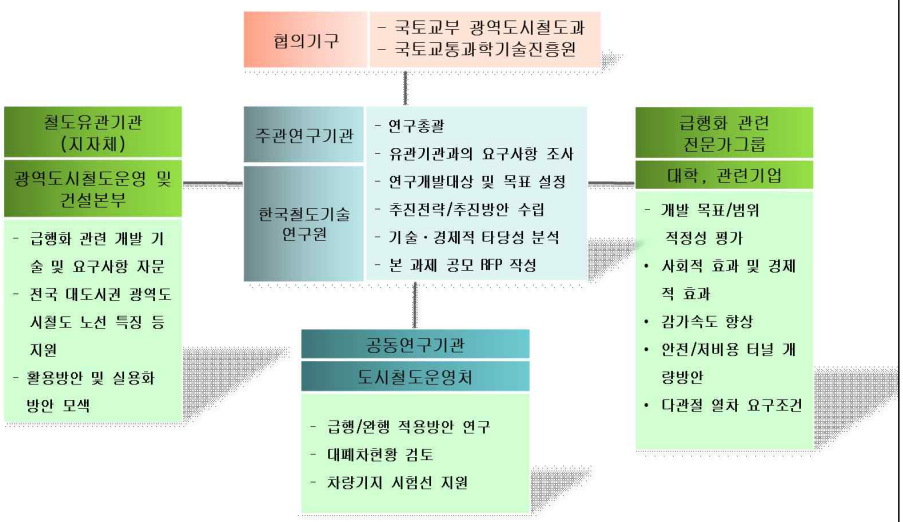
○ 연구 성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구 성과 발표 및 전시를 수행할 예정

○ 본 연구는 급행의 시간단축 효과가 크지만 대피역 하나를 건설하는 비용이 크기 때문에 도시철도 운영기관과 관련 지자체와 MOU 협약을 맺어 경제적 효과 및 비용 분담에 상호 역할 분담으로 추진

○ 각 노선별 운행다이아 분석 후 해당 지자체 및 운영기관과 급행화 효과에 대한 협의를 거쳐 구체적인 적용방안 도출

○ 가감속도가 높은 고성능 전동차를 완행으로 투입하는 사례로서 각 노선별 차량 내구연한과 연계한 검토가 이루어져야 하므로 내구연한이 오래된 운영기관을 우선 접촉하여 실용화 추진

□ 추진체계



5. 최종성과물

	○ 고성능 전동차 표준규격 ○ 가감속도 향상을 위한 제어알고리즘 ○ 가감속도 향상에 따른 저크제어 알고리즘 ○ 고정밀 정위치 정차제어 알고리즘 ○ Y 분기선 및 주박선을 대피선으로 한 전국 광역·도시철도 노선별 최적의 급행/완행 운행다이아 및 시간단축 효과 ○ 대피선 건설을 통한 전국 광역·도시철도 노선별 최적의 급행/완행 운행다이아 및 시간단축 효과
6. 기대효과 및 파급효과	○ 노선별 최적의 급행/완행 운행다이아, 시간단축 효과, 경제성 효과 등에 대한 내용을 각 노선별 해당 지자체 및 도시철도 운영처에서 바로 적용 가능 ○ 급행/완행 운용에 따른 시간단축 효과로 도시철도 이용자 급증 예상 ○ 급행/완행 운용으로 출퇴근 시간단축 효과에 의해 국민 행복 증진 및 경제적 효과 상승 ○ 고성능 전동차 구매 시 연구된 표준규격 활용 ○ 가감속도 향상, 저크제어 향상, 정위치 정차제어 향상 등을 통한 기술력 및 알고리즘은 향후 수출차량에 적용
7. 사업기간 및 소요예산	• 사업기간 : 2014년~ 2016년 (3년) - 1차년도 사업기간 : 2014년(12개월) • 사업예산 - 당해 연도 정부출연금 : 2,880 백만원 - 총 정부출연금 : 12,000 백만원

2) 광역철도 급행화를 위한 인프라개량 방안 연구

연구과제명	광역철도 급행화를 위한 인프라개량 방안 연구
1. 연구개발 목표	
기존 광역·도시철도의 급행/완행 운행을 현실화하기 위해서는 인프라 개조비용이 적게 소요되는 연구가 필요하며 이를 위해서 터널 개량 공법 연구 및 Y분기선 인프라 개조 연구가 필요함	
2. 연구개발 필요성	
○ 대피선 건설 최소화를 위한 Y 대피선 및 주박선을 활용한 대피선 건설 기술 개발이 필요함 ○ 운영 중 개량에 따른 승객 편의성 및 안전성 확보와 구조물의 안정성 확보가 필요하며, 공사 중 시간적 공간적 제약을 극복할 방안이 필요함. ○ 대피선 건설시 변전, 신호, 전차선 및 궤도 등 철로 설비 개조 방안 개발이 필요함 ○ 급행/완행 운행에 따른 DC/AC 급전 시뮬레이션 분석 기술의 개발이 필요함	
3. 연구개발내용	
■ Y 분기선 및 주박선 개량 연구 ○ Y 분기선 및 주박선의 대피선 개조 방안 - 전국 광역도시철도 노선별 Y 분기선 및 주박선 현황 조사 - Y 분기선과 본선과 연결하기 위한 시설물 개량방안 연구 - Y 분기선 개량 시 시설물 개량 공사비 및 공사기간 산출 - Y 분기선 개량 시 연동장치 개량방안 연구 - Y 분기선 개량 시 지상신호 설치방안 연구 - Y 분기선 개량 시 관제실과 통합시스템 구축방안 연구 ■ NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안 연구 - 도심지 지반정보 획득을 위한 장비 및 자료 분석 기술 개발 · 도심지 구간 물리탐사 신뢰성 향상방법 개발 · 인접구간 지장물 및 지반정보 획득기법 연구 · 건설관련 기준 체계화 - 기존 구조물을 활용한 대피선 설치 방안 연구	

· 신설터널 시공에 의한 병렬터널 시공계획 연구
· 기존터널을 활용한 다중아치 시공계획 연구
· 운영 중인 터널 지보재 내구성 등 장기 안정성 연구
- 운영 중 터널의 합리적인 확폭 굴착 방안 연구
· 발파 굴착에 의한 운영 중 터널 확폭 굴착방안 연구
· 터널 확폭 시 지보시스템 적용방안 연구
· 확폭 터널을 위한 프로텍터 설치 및 시공방안 연구
· 시공성, 안정성 등을 고려한 기존구조물 철거방안 연구
- 시공성, 안정성 유지 관리 향상을 위한 개선사항 연구
· 조건별 효율적인 버력처리 방안 연구
· 숏크리트 리바운드 분진 최소화 방안 연구
· 시공 중 작업자의 안정성 확보를 위한 연구
· 비상시 안전대책 수립방안 연구
- 연구개발성과의 유효성 검토
· 시뮬레이션/실대형 실험 등을 통한 개발공법에 대한 안정성 검증
· 시공계획별 정량적인 경제성 검토
- 급행/완행 운행을 위한 대피선 건설기술의 패키지 개발
· 다양한 현장여건에 직접 적용이 가능하도록 설계 및 시공가이드 개발
- 부 본선에 전철 전력설비 설치방안 연구
- 부 본선에 지상신호시스템 및 연동장치 설치방안 연구
- 기존 신호설비 인터페이스 및 로직 개량 방안 연구
- 부 본선에 분기기 설치방안 연구
- NATM 터널 토질정보 기반 터널공사 개량비 및 개량기간 산정을 위한 프로그램 개발
- 급행화 운행을 위한 대피선 건설기술의 기준 연구

■ 인프라 개량에 따른 신호, 전력, 전차선, 궤도 인터페이스 연구
- Y대피선 개량에 따른 연동장치 추가 및 지상신호 설치등에 따른 기존 신호시스템과 인터페이스 연구
- 국산 신호시스템 적용방안 연구
- 고성능 전동차 투입에 따른 노선별 변전시스템 용량 시물레이션 분석 연구
- 분기선에 전차선 설치 검토

- 고성능 전동차 주행속도 향상(최고속도 90km/h)에 따른 노선별 궤도 부담력 및 선형 검토 연구

■ 여유승강장의 활용을 통한 대피선 설치를 위한 특수 분기기 개발 연구

- 차량과의 I/F를 고려한 해석 기술 개발
  · 분기기 성능향상을 위한 설계변수 해석 및 설계 기술 개발
- 선로전환기 I/F 해석 기술 개발
  · 분기기 내장형 선로전환기 성능 요구사항 도출
  · 전환력 전달 메카니즘 해석 및 설계 기술 개발
- 특수형 분기기 선형설계
  · 특수형 포인트 및 가동 크로싱 설계 기술 개발
- 내마모성 향상기술 개발
  · 분기기 텅레일, 노즈레일 단면 성능향상을 위한 설계변수 해석 및 설계 기술 개발
- 진동 저감 기술
  · 분기기 하부강성 해석 및 설계기술 개발
- 포인트 부 제작기술 개발
  · 마모, 내구성 향상 제작기술 개발
- 특수강 크로싱 개발
  · 특수강 소재 개발 및 마모, 내구성 향상 기술 개발
- 분기기내장형 전철기 개발
  · 분기기 내장형 선로전환기 제작 기술 개발
- 탄성 체결 장치 제작기술 개발
  · 하부강성 및 처짐을 고려한 탄성 체결 장치 최적화
- 분기기 시제품 성능 평가
  · 국내외 규정에 따른 특수 분기기 성능평가 절차서 정립
  · 시제품 조립체 성능평가 기준 정립, 평가
  · 시제품 현장부설계획(Test bed) 및 설치 성능평가
- 현장부설공법 개발
  · 현장조건별 분기기 도상설계 및 부설공법 개발
- 분기기 운영, 관리기법 개발
  · 분기기 유지, 보수, 관리기준 정립

4. 연구개발 추진방법	

□ 추진전략 ○ 지하 깊숙이 건설된 NATM 터널을 대피선으로 개량하기 위해

서는 사전에 안전성 검토 및 개량공사 절차에 대한 시뮬레이션 분석을 추진함

○ 기술습득이나 Bench Marking이 가능한 국제 학술대회 및 전시회 등에 적극 참여하여 연구 추진방향에서 오류가 발생하지 않도록 만전 추구

○ Y 분기선 개량이 필요할시 개량 방안 등에서는 외부 설계 엔지니어링사 및 관련 전문가 활용

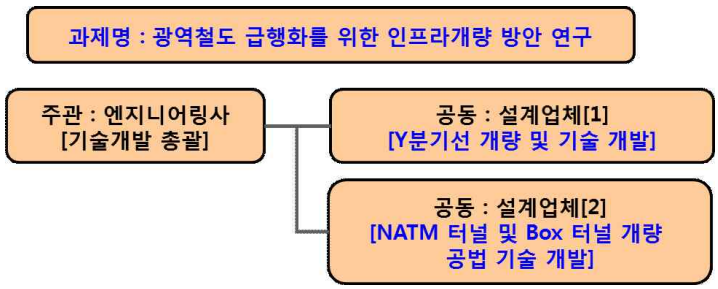
○ 노선별 인프라 개량에 따른 소요 비용 산출하여 급행/완행 운영계획 수립에 반영

○ 급행화 효과가 큰 최상의 노선을 선정하여 시범구축이 될 수 있도록 기반 마련

○ 연구 성과에 대한 홍보 및 기술교류를 위한 다양한 국제 학술대회 및 전시회에 참가 및 연구 성과 발표 및 전시를 수행할 예정

○ 열차 운행 중에 기존 인프라 개조를 하여야 하는 방안에 대해 안전성 확보가 최우선이므로 관련 기준 정립이 필요하며, 이에 대해서는 주무부처인 국토교통부와 협의를 통해 고시

□ 추진체계



5. 최종성과물

○ Y분기선 개량을 통한 대피선 설치 기술력 확보

○ NATM 터널 개량을 위한 안전시공 절차서

○ 신호시스템 개량방안, 전차선 설치 방안, 변전 설비 용량 계산 등 도출

6. 기대효과 및 파급효과

○ 기존 인프라 설비 개조를 통하여 대피선을 확보함으로써 급행화 운영방안 경제성 확보

○ 운영중 터널을 개량하는 고난이도 기술 확보를 통한 국가 경쟁력 증대 및 수출확대 기여

○ 운영 중 NATM터널을 개량하는 공사방안 개발 기술은 최고난이도 공사로 기술 확보 시 도시철도 개량 뿐 아니라, 도심지 구간의 지하 공간 개발에 활용이 가능함

○ 급행/완행 운용에 따른 시간단축 효과로 도시철도 이용자 급증 예상

○ 급행/완행 운용으로 출퇴근 시간단축 효과에 의해 국민 행복 증진 및 경제적 효과 상승

7. 사업기간 및 소요예산	

- 사업기간 : 2014년~ 2016년 (3년)
  - 1차년도 사업기간 : 2014년(12개월)
- 사업예산
  - 당해 연도 정부출연금 : 1,700 백만원
  - 총 정부출연금 : 8,000 백만원

3) 가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술개발

연구과제명	가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술개발
1. 연구개발 목표	
기존 광역·도시철도의 급행/완행 운행을 현실화하기 위해서는 인프라 개조비용이 적게 소요되는 연구가 필요하며 이를 위해서 대피선 수를 최소화하기 위한 가감속 성능이 우수한 고성능 전동차 성능시험이 필요하며, 이에 대해 기존 국가 R&D로 기 개발된 차세대 전동차를 개조하여 성능시험을 하기 위한 연구	
2. 연구개발 필요성	
○ 기존 전동차는 가감속이 3.0/3.5 km/h/s로 역간 거리가 1km 내외인 국내 도시철도 노선에서는 표정속도가 상당히 낮은 주 요인임 ○ 가감속 성능을 높여 역간 소요시간을 줄임으로써 완행의 추종성을 높여 대피선 수를 최소화하는 현차 시험이 필요함 ○ 높은 가감속 성능에 승객의 승차감 확보를 위한 저크제어에 대한 연구가 필요하며 정차시간을 기존 30초에서 최대 20% 단축하기 위한 출입문 확폭에 따른 정위치 정차에 대한 시험이 필요함 ○ 국가 R&D로 개발되어 내구성 시험 중인 차세대 전동차가 2015년 4월에 종료되므로 현재 6량1편성(3M3T)로 되어있는 열차를 기존 전동차보다 높은 가감속 성능을 내기 위해 4M으로 개조하여 성능시험을 할 필요가 있음 ○ 차세대전동차에 장착되어있는 DDM(Direct Drive Motor)은 중량이 많이 나가 경량화한 DDM 모터 개발이 필요함. 4M편성을 위해 Tp를 M으로 개조하여, 경량화한 DDM을 장착하여 기존 대비 주행안전성 및 스프링 하질량 시험 및 궤도 부담력에 미치는 영향을 연구할 필요가 있음	
3. 연구개발내용	
■ 차량 시스템 핵심장치 개발 연구 ○ 인버터 성능향상 연구 - 인버터 제어 정확성 향상 및 반응시간 단축 연구 - 인버터 냉각장치 성능향상 연구	

- 회생제동 능력 향상 및 반응시간 단축 연구
- 0km/h까지 전기 제동 적용 최적화 방안 연구
- PMSM 제어 신뢰성 향상 연구
- 추진 제어장치 소형화 및 경량화 연구

○ 직접구동전동기(DDM) 경량화 개발 연구
- 직접구동전동기 경량화 연구(15% 이상)
- 유지보수 비용 저감방안 연구

■ 차세대 전동차 개조를 위한 설계 및 제작
- 차세대 전동차 개량을 위한 기술검토(3M3T→4M)
  • 기기배치 설계 및 시스템 인터페이스 검토(DC 전용)
  • 스케마틱 다이아그램 설계 및 전기분야 검토(DC 전용)
  • 개조를 위한 상세설계
- 견인전동기 설계 및 제작
  * M car 1량용 4set + 주행안전성시험용 2set
- 추진인버터 설계 및 제작(4 set)
- 신규 M car용 대차 제작(2 set)
- 주행안전성 시험용 휠/액슬 1 set 제작
- 차세대전동차 기존 대차 재사용을 위한 정비 및 보수
- 차세대 전동차 개조 작업 및 기본 성능 시험
  • 4량 1편성 신규편성에 따른 공장내 완성차 시험 수행
  • 종합제어장치 시험, SIV 시험, 집전장치 시험 등 주요 전장품 성능확인 시험

■ 고성능 전동차 성능시험(4M)
- 단위 Unit 기능/성능시험
- 편성차량 기능/성능시험
- 주행저항 시험
- 주행안전성 시험(탈선시험, 스프링 하질량 측정 시험)
- 가감속도 시험
- 승차감 시험
- 최고속도 시험
- 제동 시험

4. 연구개발 추진방법	

□ 추진전략 ○ 요구되는 가감속을 내기 위해서는 모든 차량이 견인전동기를

장착한 M 차량이 필요하며, 국가 R&D로 개발되어 모든 시험이 종료되는 차세대 전동차를 개조하여 시험차로 활용

○ 고정밀 정위치 정차를 위해서는 0 속도까지 정밀제어가 가능한 영구자석 동기전동기를 장착한 열차로 개조가 필요함

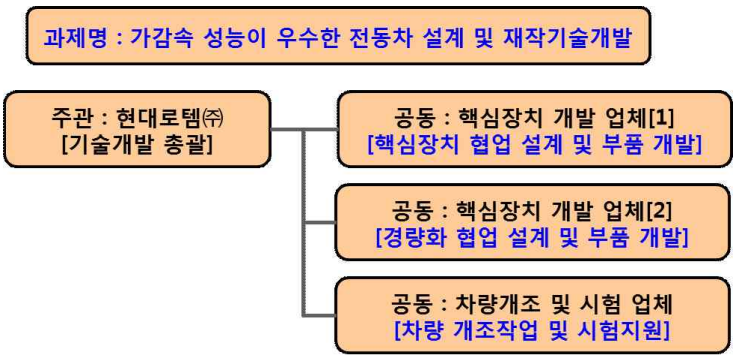
○ 차세대 전동차는 1C1M 방식으로 되어있어 인버터수가 기존 전동차에 비해 많고 AC/DC 겸용차로 각종 기기들이 많아 기기배치를 위해서는 DC 전용으로 개조 추진

○ DC 구간 시험은 서울도시철도공사에서 운영 중인 도봉 차량기지 내에서 성능시험 수행

○ 차세대전동차 성능시험에서 수행하지 못한 주행안정성 및 스프링 하질량을 측정하여 차축 장가방식의 궤도 부담력에 대한 성능시험 추진(DDM 경량화에 따른 비교 데이터 확보 가능)

○ 차세대전동차 개발에 참여하였던 현대 로템이 개조작업 및 성능시험 수행

□ 추진체계



5. 최종성과물

○ 고성능 전동차(4M 1편성)

○ 경량 DDM 5세트(1세트는 주행안전성 시험용)

○ 경량 추진제어장치 4 세트

○ 주행안전성 시험을 위한 윤축 1세트

6. 기대효과 및 파급효과

○ 고성능 전동차를 급행/완행 운영 시 완행으로 투입함으로써 인프라 개조비용 대폭 절감(대피역수 최소화 가능)

○ 가감속 성능이 우수하면서 승차감을 확보한 전동차 기술력을 확보함으로써 향후 급행/완행 운행을 계획하는 국내 지자체에

	활용 및 해외수출 기대 ○ 경량화 된 DDM을 개발함으로써 에너지 절감 및 궤도 부담력이 작아 유지보수가 향상되어 차세대전동차 국내에 적용 기대됨 ○ 고정밀 정위치 정차가 실제 성능시험을 통해 입증함으로써 정위치 정차제어를 위해 개통시 많은 시간이 소요되었던 기간 단축 가능
7. 사업기간 및 소요예산	• 사업기간 : 2014년~ 2016년 (3년) - 1차년도 사업기간 : 2014년(12개월) • 사업예산 - 당해 연도 정부출연금 : 1,200백만원 - 총 정부출연금 : 8,000백만원

나. 평가기준 설정

1) 1차년도

- 1세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발	고성능 전동차 핵심기술	가감속, 져크제어, 정차제어 알고리즘 도출	1건		
	기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안	전국 광역도시철도 Y분기선 현황 분석 및 대피방안 도출	1건		
	대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안	전국 광역도시철도 대피선 활용 대피 방안 도출	1건		
	단거리 대피선 주행 다관절열차 개발	차량 제원 및 설계 검토, 여유승강장 활용 운행다이아 및 경제성 분석	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 광역철도 급행화를 위한 인프라 개량 방안 연구	Y분기선 및 주박선 개량 연구	지하 구조물 현황 조사 및 형태별 개량방안 도출	1건		
	NATM 터널 개량방안	도시철도 정거장 시공현황 및 지반조건 조사	1건		
	신호,전력,전차선등 인프라 개량 연구	기존 시스템 현황 분석	1건		
	여유승강장 활용 특수	기존 특수 분기기 분석	1건		

	분기기 개발				
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 3세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술 개발	인버터 및 직접구동전동기 개발	인버터 제어 정확성 방안 도출, DDM경량화 설계 및 토크 특성 해석	1건		
	차세대 전동차 개조작업	M카 프레임셋 및 차축 제작, 기존대차 보수품 제작	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

2) 2차년도

- 1세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발	고성능 전동차 핵심기술	고성능전동차 요구조건 분석 및 축소모형을 통한 시물레이션 검증	1건		
	기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안	급행/완행 운행다이어 및 경제성 분석, 운행노선 선정	1건		
	대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안	급행/완행 운행다이어 및 경제성 분석, 운행노선 선정	1건		

	단거리 대피선 주행 다관절열차 개발	다관절열차 주행안전 시뮬레이션 분석, 시제품 제작	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 광역철도 급행화를 위한 인프라 개량 방안 연구	Y분기선 및 주박선 개량 연구	연동장치, 지상신호등 인터페이스 방안 도출	1건		
	NATM 터널 개량방안	개량 적합성 평가	1건		
	신호,전력,전차선등 인프라 개량 연구	인프라 개량시 시뮬레이션 결과 도출	1건		
	여유승강장 활용 특수 분기기 개발	열차 요구조건 분석, 급각 분기기 적용 시뮬레이션 결과 도출	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 3세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술 개발	인버터 및 직접구동전동기 개발	시제품 제작 및 시험 차량 취부용 제작	1건		
	차세대 전동차 개조작업	개조장치 형식 시험, 차량 탑재	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		

	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

3) 3차년도

- 1세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 핵심기술 개발	고성능 전동차 핵심기술	개조열차를 통한 인터페이스 성능 확인	1건		
	기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안	적용가능한 노선 시범운행을 위한 적용성 검토	1건		
	대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안	적용가능한 노선 시범운행을 위한 적용성 검토	1건		
	단거리 대피선 주행 다관절열차 개발	성능 평가	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 2세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 광역철도 급행화를 위한 인프라 개량 방안 연구	Y분기선 및 주박선 개량 연구	시공절차서/안전지침서 작성	1건		
	NATM 터널 개량방안	NATM 터널 개량 설계 및 시공방안 연구	1건		
	신호,전력,전차선등 인프라 개량 연구	시설별 개량 및 적용방안 도출	1건		
	여유승강장 활용 특수	급각 분기기 기술사양	1건		

	분기기 개발	정립			
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

- 3세부과제

성과목표	성과지표	측정방법	목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정 근거
가감속 성능이 우수한 전동차 설계 및 제작기술 개발	인버터 및 직접구동전동기 개발	성능시험 및 평가	1건		
	차세대 전동차 개조작업	본선 시험 및 시운전 평가	1건		
	논문게재	논문 게재 건수	5건		
	논문발표	논문발표 건수	10건		
	특허출원	특허 출원 건수	10건		
	특허등록, S/W 등록	특허 및 S/W 등록 건수	10건		
	자문회의 개최	자문회의 개최건수	2회 이상		

참고 문헌

[1] 급행 지하철의 시간절감 효과분석 연구, 원제무 외, 대한국토·도시계획학회, 1997, 제32권, 제6호, pp 121-130

[2] 급행지하철 도입에 따른 승객통행시간 절감효과에 관한 연구, 김경철 외, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol 1998, pp 160-171

[3] 수도권 도시철도 급행열차 운영 효과 분석, 김경철 외, 서울도시연구, 2002, 제3권 제1호, pp 69-80

[4] 대중교통 급행화 전략 효과 분석, 신용은, 대한토목학회논문집, 2003, 제23권 제6D호 pp 745-751

[5] 도시철도의 급행운전 시행방안 연구, 후지타 다카요시 외, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol 2004, pp 144-149

[6] 도시철도의 급행운전 기본방안 연구, 후지타 다카요시 외, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol 2004, pp 165-170

[7] 급행열차 도입을 통한 최적운행방안 수립에 관한 연구 (수도권 광역 도시철도를 중심으로), 박정수 외, 대한토목학회논문집, 2006, 제26권 제4D호, pp 679-686

[8] 영업 및 운전 중심의 서울 지하철 9호선 개선 방안 연구, 박정수 외, 한국철도학회논문집, 2008, 제11권, 제5호,pp 482-488

[9] 국내외 수도권 광역급행열차 운영에 관한 사례연구, 최영진 외, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol 2009, No. 5, pp 1886-1894

[10]도시철도 급행열차 운행방안 검토, 정수영 외, 한국철도학회 학술발표대회논문집, Vol. 2010, No. 7, pp 98-103

[11]프랑스 광역급행철도(RER) 위상 및 효과에 대한 시사점, 오윤식 외, 한국철도기술, 2012, Vol. 44, pp 56-62

[12]급행광역철도의 기능 정립 및 효과분석, 정책연구 2010-39 경기개발연구원, 김채만, 제2장 선진 대도시권 사례검토, 제3절 동경 대도시권

[13](특허) 도시 통근 철도 시스템의 급행 및 완행열차 동기화
(SYNCHRONIZED EXPRESS AND LOCAL TRAINS FOR URBAN COMMUTER RAIL SYSTEMS)
출원번호/일자 : 10-2012-7012821 (2010-10-19)

[14](특허)급행열차의 게이트 운용 시스템 및 운용 방법
(A Gate Operating System of an Express Train and Operating Method)
출원번호/일자 : 10-2008-0044133 (2008-05-13)

등록번호/일자 : 10-0966644-0000 (2010-06-21)

[15](특허)급행열차 요금징수 시스템 및 그 방법

(A Fare Collect System of an Express Train and Method Thereof)

출원번호/일자 : 10-2008-0044134 (2008-05-13)

[16](특허)급행열차의 즉석 좌석 번호표 배분장치 및 방법

(A Distributing Unit for Seat Number Ticket in an Express Train and Method Thereof)

출원번호/일자 : 10-2008-0044135 (2008-05-13)

등록번호/일자 : 10-0953181-0000 (2010-04-08)

부 록

목 차

가. 전동차 사양 기술 현황 ····· 1
나. 서울메트로 2호선 급행/완행 분석을 위한 자료조사 ····· 22
다. 서울메트로 2호선 급행관련 검토결과 ····· 52
라. 인천교통공사 자료 ····· 54
마. 인천교통공사 열차표정속도향상방안 연구 ····· 64
바. 전문가 자문회의 ····· 131

가. 전동차 사양 기술 현황

1) 서울메트로

수도권 1~4호선을 운영하며, 1,3,4호선은 한국철도공사와 연락운송을 한다. 전동차는 운용은 제어방식에 따라 1호선은 저항제어/VVVF제어 차량을, 2호선은 저항제어/쵸파제어/쵸파제어/VVVF제어 차량을, 3호선은 쵸파제어/VVVF제어 차량을, 4호선은 VVVV제어 차량을 사용한다. 전기방식은 1,4호선은 AC 25kV/DC 1,500V를 겸용으로, 2,3선은 DC 1,500V를 사용한다. 서울메트로에서 운용되는 차량의 주요 제원은 다음과 같다.

< 서울메트로 전동차 보유 현황 >

호선		차 종		보유량(편성수/량수)		비 고
1		현대 VVVF 제어(ADV)		10/100	16/160	5M5T
		저항 제어(ADV)		6/60		6M4T
2	성수지선	한진 저항 제어		1/4	88/834	4M
		로템 VVVF 제어		4/16		2M2T
	지선	대우 저항 제어		4/24		4M2T
	본선	로템 VVVF 제어		34/340		5M5T
		현대 쵸파 제어		22/220		6M4T
		GEC 쵸파 제어		23/230		6M4T
3		GEC 쵸파 제어		15/150	36/360	6M4T
		로템 VVVF 제어		34/340		5M5T
4		VVF 제어(ADV)	현대	13/130	47/470	5M5T
			대우	8/80		5M5T
		VVF 제어(DV)	현대	9/90		5M5T
			대우	17/170		5M5T

< 서울메트로 전동차 주요 제원 >

구 분	1호선		2호선		3호선		4호선, 과천선
제어방식	저항제어	VVVF제어	쵸파제어	VVVF제어	쵸파제어	VVVF제어	VVVF제어
차량 수	6편성/60량	10편성 /100량	88편성/834량		49편성/490량		47편성 /470량
조성 량수	10량	10량	4, 6, 10량		10량		10량
제작년도	1989	1998-2002	1989-2008		1990-2010		1993-1995
전기방식	DC 1,500V/ AC 25,000V		DC 1,500V		DC 1,500V		DC 1,500V/ AC 25,000V
정원 (좌석)	160명 제어차:48 기 타:54	160명 제어차:45 기 타:54	160명 제어차:48 기 타:54	160명 제어차:45 기 타:54	160명 제어차:48 기 타:54	160명 제어차:48 기 타:54	160명 제어차:48 기 타:54
자중	TC:34.2t M:43.0t M1:47.6t T:33.0	TC:33.1t M:41.2t T:26.5t	MC:41.5t M1,2,3:41. 5t T:32.0t	TC:34.4t M1:34.8 M2:35.4 T1:29.2t	TC:33.0t M1:42.21t M2:41.8t T:31.7	TC:34.4 M1:34.8 M2:35.4 T:29.2	TC:33.1t M:41.2 T1:26.5t
차체 재질	Mild Steel	STS 301L	Mild Steel	STS 301L	Mild Steel	STS 301L	STS 301L
차체길이	19.5m	19.5m	19.5m		19.5m		19.5m
지붕높이	3.8m	3.75m	3.75m		3.75m		3.75m
상면높이	1.2m	1.15m	1.15m		1.15m		1.15m
최고속도	110km/h	110km/h	100km/h		100km/h		100km/h
가속도	2.5km/h/s	3.0km/h/s	3.0km/h/s		3.0km/h/s		3.0km/h/s
감속도 (상용)	3.0km/h/s	3.5km/h/s	3.5km/h/s		3.5km/h/s		3.5km/h/s
감속도 (비상)	4.0km/h/s	4.5km/h/s	4.5km/h/s		4.5km/h/s		4.5km/h/s
연결기	밀착연결기 봉연결기	밀착연결기	밀착연결기 봉연결기	밀착연결기	밀착연결기 봉연결기	밀착연결기	밀착연결기
대차구조	코일스프링	공기스프링 볼스타레스	공기스프링	공기스프링 볼스타레스	공기스프링	공기스프링 볼스타레스	공기스프링 볼스타레스

현가 장치		1차 : 코일 2차 : 코일	1차 : Roll rubber, 2차 : 공기 스프링					
속도 제어 방식		저항제어	인버터제어 (가변전압 가변주파수)	쵸파제어	인버터제어 (가변전압 가변주파수)	쵸파제어	인버터제어 (가변전압 가변주파수)	인버터제어 (가변전압 가변주파수)
견인 전동기	출력	120kW	200kW	150kW	210kW	162kW	210kW	200kW
	형식	직류직권 전동기	3상유도 전동기	직류직권 전동기	3상유도 전동기	직류직권 전동기	3상유도 전동기	3상유도 전동기
	정격 전압	DC 375V	AC 3상 1,100V	DC 375V	AC 3상 1,100V	DC 375V	AC 3상 1,100V	AC 3상 1,100V
	정격 전류	360A	130(150)A	440A	136(150)A	480A	136(150)A	130A
	회전 수	1,650rpm	1,945 (1,940) rpm	1,980rpm	2,200 (2,190) rpm	1,900rpm	2,200 (2,190) rpm	1,945rpm
보조 전원 장치	방식	MG	GTO 정지형 인버터	MG/MA	IGBT 인버터	MG	IGBT 인버터	GTO 정지형인버터
	용량	110kVA	180kVA	110kVA	180kVA	110kVA	180kVA	180kVA
	출력 전압	AC3상200V 60Hz	AC3상380V 60Hz	AC3상200V 60Hz	AC3상380V 60Hz	AC3상380V 60Hz	AC3상380V 60Hz	AC3상380V 60Hz
제동 장치		발전제동/ 공기제동	회생제동/ 공기제동	회생제동/ 공기제동		회생제동/ 공기제동		회생제동/ 공기제동
공기 압축기		왕복동식 (1,600l/min)	스크류식 (1,600l/min)	왕복동식/ 스크류식 (1,600l/min)	스크류식 (1,600l/min)	왕복동식/ 스크류식 (1,600l/min)	스크류식 (1,000l/min)	스크류식 (1,600l/min)
축전지		45AH/5H (70cell)	66AH/5H (70cell)	45AH/5H (70cell)	70AH/5H (70cell)	45AH/5H (70cell)	70AH/5H (70cell)	60AH/5H (70cell)
보안 장치		ATS(열차자동 정지장치)			ATP/ATO	ATC (열차자동제어장치)		ATS/ATC



저항제어(1호선)



VVVF제어(1호선)



쵸파제어(2호선)



VVVF제어(2호선)



쵸파제어(3호선)



VVVF제어(4호선)

< 서울메트로 운용 전동차 >

2) 서울도시철도공사

서울 5~8호선을 운영하며 208편성 1,617량을 운용하고 있다.

가) 5호선

서울도시철도공사에서 최초로 도입한 5호선 전동차는 ABB의 기술지원을 받은 VVVF-GTO방식의 제어기기(4,500V, 3,000A GTO 소자)를 도입하였다. 한 개의 제어기기가 2량 분의 8개의 전동기를 제어하며 제어기기는 판토그래프와 동일한 위치에 있다. 차체는 STS 304 경량 스테인리스를 사용하고 있으며 대차는 1차 현수장치에 세브론 고무, 2차 현수장치에 공기스프링을 사용하는 볼스터리스 방식의 대차를 채용하

였다. 제동장치에는 회생제동을 병용한 NABCO사의 전기 지령식 제동을 사용했다. 5호선은 ATO에 의한 1인 승무를 기본으로 한다. 이에 따라 자동적인 조종이 가능하도록 역행, 제동지령, 신호제어, 서비스기기 제어기능이 삽입된 TGIS를 채용하였다.

나) 6호선

전체적인 구체의 형태는 서울도시철도공사의 표준 모델을 따르나, 일본 미쓰비시사의 VVVF-IGBT 2레벨 인버터를 채용하고 있고, 다소 바람소리와 유사한 소리가 나는 것이 특징이다. 전체적인 소형화와 경량화를 이루어 내고 있으며 특히 유진기공에서 제작한 경량 도어엔진을 채용해 승객용 시트 밑이 비어있다. 또한 현대 로템에서 개발한 발달된 운전 정보 시스템인 TCMS를 채용하고 있다.

다) 7,8호선

7,8호선 전동차는 동일한 시기에 동일하게 제작되었으므로 통합하여 기술한다. 7호선 63개 편성과 8호선 20개 편성을 합하여 현재 총 83개 편성이 운행에 투입되었다. 구체 및 외형은 전형적인 서울도시철도공사의 디자인을 채용하고 있으며, 1차분의 제어부에는 부산 도시철도 2호선의 전동차 중 205~256편성과 동일한 알스톰사의 VVVF-GTO 인버터를 2차분의 제어부에는 도시바 사의 VVVF-IGBT 2레벨 3상 전압형 PWM 인버터(SVF35-A0)를 채용하였다. 열차정보제어에는 TGIS를 사용하고 있으며 ATO를 사용한 1인 승무 구조로 되어 있다. 8호선의 차량에는 전 차량에 공중파 방식의 승강장 감시용 모니터를 추가로 장비하고 있다. 출입문 개폐장치로는 유진기공의 제품을 채용하였다.

< 서울도시철도공사 전동차 주요 제원 >

구분	5호선	6호선	7호선 (1차)	7호선 (2차)	8호선 (1차)	8호선 (2차)
전동차 편성	1편성 8량	1편성 8량	1편성 8량	1편성 8량	1편성 6량	1편성 6량
전기방식	DC 1,500V	DC 1,500V	DC 1,500V	DC 1,500V	DC 1,500V	DC 1,500V
차체중량	28~39량/t	29~37.8량/t	28.7~37.8량/t	29.3~36.3량/t	29.3~36.3량/t	29.3~36.3량/t
연결기	밀착연결기	밀착연결기	밀착연결기	밀착연결기	밀착연결기	밀착연결기

			반영구연결기		반영구연결기		반영구연결기
견인 전동기 (1시간 정격)	형식	3상 농형 유도전동기	3상 농형 유도전동기	3상 농형 유도전동기	3상 농형 유도전동기	3상 농형 유도전동기	3상 농형 유도전동기
	정격출력	200kW	210kW	210kW	210kW	210kW	210kW
	정격전류	132A	135A	155A	135A	155A	135A
	회전수	2,100rpm	2,200rpm	2,200rpm	2,210rpm	2,200rpm	2,210rpm
인버터	출력전압	AC 0~1,170V	AC 0~1,100V	AC 0~1,100V	AC 0~1,100V	AC 0~1,100V	AC 0~1,100V
	냉각방식	강제공기냉각	비등냉각방식	자연냉각	히트파이프 자연냉각	자연냉각	히트파이프 자연냉각
	출력용량	1,600kVA	1,100kVA	1,200kVA	1,640kVA	1,200kVA	1,640kVA
	주파수	0~155Hz	0~163Hz	0~155Hz	0~155Hz	0~155Hz	0~155Hz
보조 전원 장치	방식	GTO 정지형인버터	IGBT 정지형인버터	GTO 정지형인버터	IGBT 정지형인버터	GTO 정지형인버터	IGBT 정지형인버터
	용량	170kVA	180kVA	170kVA	190kVA	170kVA	190kVA
	출력전압	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz
신호방식		ATC/ATO	ATC/ATO	ATC/ATO	ATC/ATO	ATC/ATO	ATC/ATO
정보장치		TCMS	TCMS	TCMS	TCMS	TCMS	TCMS
제동방식		회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동	회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동	회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동	회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동	회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동	회생제동 병용아날로그 전기지령 공기제동
축전지		70AH(70cell)	70AH(70cell)	70AH(70cell)	84AH(70cell)	70AH(70cell)	84AH(70cell)
속도제어방식		VVVF제어	VVVF제어	VVVF제어	VVVF제어	VVVF제어	VVVF제어
주공기압축기		스크류방식 1,700l/min	스크류방식 1,700l/min	스크류방식 1,600l/min	스크류방식 1,700l/min	스크류방식 1,600l/min	스크류방식 1,700l/min
운행 성능	최고속도	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h
	가속도	3.0km/h	3.0km/h	3.0km/h	3.0km/h	3.0km/h	3.0km/h
	감속도	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s	상용3.5km/h/s 비상4.5km/h/s
차체크기		L20,000mm	L20,000mm	L20,000mm	L20,000mm	L20,000mm	L20,000mm

		×W3,120mm×H3,600mm	×W3,120mm×H3,600mm	×W3,120mm×H3,600mm	×W3,120mm×H3,600mm	×W3,120mm×H3,600mm	×W3,120mm×H3,600mm
대차	구조	볼스터레스	볼스터레스	볼스터레스	볼스터레스	볼스터레스	볼스터레스
	현가장치	1차 세브론 2차 공기스프링	1차 세브론 2차 공기스프링	1차 세브론 2차 공기스프링	1차 롬고무스프링 2차 공기스프링	1차 롬고무스프링 2차 공기스프링	1차 롬고무스프링 2차 공기스프링
	차차비	7.07:1	7.07:1	7.07:1	7.07:1	7.07:1	7.07:1



5호선



6호선



7호선



8호선

< 서울도시철도공사 운용 전동차 >

3) 서울메트로 9호선

전형적인 대형전동차로서 한국형 표준 중형전동차에서 비롯한 표준 설계 사양에 따라 제작되었다. 차체는 스테인리스를 사용하고 있으며 대체적으로 서울메트로 2호선 VVVF제어 전동차 및 서울메트로 3호선 VVVF제어 전동차, 인천교통공사 1호선 전동차 2차분 전동차와 유사하나 곡면 차체를 적용하고 있는 것이 특징이다. 실내는 롱 시트로 구성되어 있으며 ATO를 사용한 자동운전을 채택하고 있다. 객실 내 통로문을 없애서 개방감을 준다. 승객 편의를 고려한 낮은 손잡이가 설치되어 있고, 시트 밑에 짐을 넣을 수 있는 공간이 있다. 좌석 위의 선반은

노약자석과 7인석 중에서 가운데 2곳에만 설치되어 있다. 현재 36개 편성 144량이 운행을 하고 있다.

■ 주요 제원
편성 : 2M2T
전기방식 : DC 1,500V
운행최고속도 : 80km/h
차량크기 : L19,500mm×W3,120mm×H3,600mm
제어방식 : VVVF-IGBT 2레벨 1C4M
가속도 : 3.0km/h/s
감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s
견인전동기 : 유도전동기(225kW)
중량 : Tc 34.3ton, M 35.6ton
제동방식 : 회생제동병용 전기 지령식 공기제동



< 서울시메트로 9호선 운용 전동차 >

4) 부산교통공사

부산 1~4호선을 운영하며, 1~3호선은 중량전철을 4호선은 고무차륜 AGT를 운용하고 있다.

가) 1호선

국내 최초의 중형전동차로 자동운전(ATC/ATO-1인 승무운영)으로 운행한다. 수도권에서 운행되는 대형전동차는 차체 길이가 20m, 폭이 3.12m이며, 부산도시철도 1호선은 중형전동차로 차체 길이가 17.5m, 폭이 2.75m, 지붕의 높이는 3.67m이다. 국내 최초로 스테인리스 재질의 차체가 적용되었으며, 외견상 다른 전동차와 다른 점은 출입문이 1

칸에 6개이며, 출입문이 8개인 전동차에 비해 좌석수가 많다. 전기 방식은 DC 1,500V를 사용하며, 가속도는 3.6km/h/s, 감속도는 상용제동 시 3.6km/h/s, 비상제동 시 4.5km/h/s이다. 최대 속도는 80km/h까지 운행이 가능하다. 전동차의 견인전동기 형식은 직류직권전동기이며, 출력은 165kW, 전압은 직류 750V이며 분당 회전수는 1,700rpm이다. 주제어장치는 쵸퍼방식을 사용하고, 보조전원장치는 GTO소자를 사용한 정지형 인버터 방식이다. 현재 부산교통공사에서는 45개 편성 360량을 보유하고 있다.

나) 2호선

부산 2호선의 전동차는 앞서 개통된 1호선에 이은 두 번째 중형전동차를 채택하고 있다. 단, 1호선 전동차에 비해 지붕 높이가 3cm정도 낮은 형태를 띠고 있다. 또 1호선은 8량 편성으로 운행하고 있는데 반해 2호선은 6량 편성으로 운행되며, 3M3T의 형태이다. 그리고 1호선의 전동차의 출입문 수는 1칸에 6개이지만 2호선의 전동차는 1칸에 8개의 출입문이 있다. 전압은 동일한 직류 1,500V 운행되며, 가속도는 3.0km/h/s이고 감속도는 상용 제동 시 3.5km/h/s, 비상 제동 시 4.5km/h/s이다. 전동기는 교류농형전동기를 사용하고 출력은 210kW, 분당회전수는 2,200rpm이다. 또 주제어장치는 GTO소자를 사용한 VVVF인버터이며, 보조전원장치는 IGBT소자를 사용한 정지형 인버터방식이다. 현재 56개 편성 336량을 보유하고 있다. 무인운전(ATC/ATO-1인 승무운영)이 가능하다.

다) 3호선

부산 3호선의 전동차는 기존 부산도시철도 전동차의 형태와는 판이하게 다르다. 가장 눈에 띄는 것은 네모 형태가 아니라 동글동글한 형태의 전동차라는 점이다. 또한 전동차와 전동차 사이를 가로막고 있던 문이 없이 그대로 연결되어 있어 1호차에서 4호차 끝까지 모두 뚫려 있다. 국토해양부에서 고시한 도시철도차량 표준사양에 따라 제작된 것으로 모든 장치가 국산화되었으며, 1호선 전동차에 비해 20%정도 경량화되었다. 3호선 전동차의 특징을 더 들어보면 유선형을 띠고, 좌석의 위쪽에 있던 짐칸이 없는 대신에 좌석 아래에 공간을 두어 짐을 둘 수 있게 하였다는 점이다. 또한 전동차의 출입문은 기존 전동차와 같이 전

동차 차체에 출입문이 끼어있는 것이 아니라 바깥쪽에 붙어있고, 전기식으로 동작되므로 공기식보다 소음이 적고 장애물 감지능력이 뛰어나다. 크기는 2호선 전동차와 크게 차이가 없고, 차체 지붕높이만 4cm정도 낮아졌으며, 가감속도, 전기방식, 견인전동기의 출력은 동일하다. 주제어장치는 IGBT 소자를 사용한 VVVF방식이며, 정격출력은 2호선(950kW)보다 큰 1,100kW이고 보조전원장치도 IGBT를 사용한 정지형 인버터이다. 신호방식은 ATC/ATO가 적용되었으며, 현재 20개 편성 80량을 보유하고 있다.

라) 4호선

부산 4호선은 국토해양부 국책사업으로 국내 최초 무인운전 방식으로 개발된 K-AGT 경량전철 차량으로 무인운전방식(ATP/ATO)으로 기존의 철제차륜 대신 고무차륜을 사용하며, 콘크리트 주행로를 양쪽 측면에서 안내하는 방식이다. 운전실이 없고, 객실 내부 대형유리를 적용하여 실내가 완전히 개방된 구조이다. 또한 휠체어, 유모차 등의 다용도 공간을 제공하여 교통약자의 이동편의성 확보 및 높낮이가 다른 손잡이를 적용하여 키가 작은 이용객들의 편의를 도모하였으며, 긴급 상황 발생시 객실 내 CCTV 카메라, 비상 통화 장치를 사용하여 관제센터에서 신속하게 상황을 파악하고, 전동차를 원격으로 제어할 수 있는 첨단 안전운행 시스템을 갖추고 있다. 4호선 전동차의 주행방식은 고무타이어를 사용한 측면안내방식으로 저 소음, 저 진동으로 승차감 향상 및 탈선의 위험이 없으며, 타이어 펑크 시에도 타이어 내부에 안전차륜(알루미늄 휠)이 있어 정상적인 운행이 가능하다. 전동차의 크기는 타호선의 중량전철과 달리 차체가 작고 집전장치 및 냉방장치가 차체 하부에 설치되어 있는 구조로 되어 있다. 1개 편성에는 3대의 추진 제어장치가 총 6개의 전동기를 2대씩 개별적으로 제어하며, 미쓰비시사의 VVVF IGBT 제어를 사용한다. 보조 전원장치로는 IGBT를 사용한다. 편성 전체가 동력차로 구성된다. 주 전동기는 110kW 급의 4극 3상 농형 유도전동기(KST-110)을 사용한다. 현재 17개 편성 17개 편성 102량을 보유하고 있다.

< 부산교통공사 전동차(1~3호선) 주요 제원 >

구분		1호선	2호선	3호선
전동차 편성		8량(6M2T)	6량(3M3T)	4량(2M2T)
보유수량		360량	336량	80량
자중(ton)		Tc : 24.5 M1 : 35.2 M2 : 33.5 T : 25.7	Tc : 29.6 M1 : 32.4 M2 : 31.3 T : 24.6	Tc : 28.7 M1 : 30.4 T : 27.4
전기방식		DC 1,500V	DC 1,500V	DC 1,500V
가속도		3.6km/h/s	3.0km/h/s	3.0km/h/s
감속도		상용 : 3.6km/h/s 비상 : 4.5km/h/s	상용 : 3.5km/h/s 비상 : 4.5km/h/s	상용 : 3.5km/h/s 비상 : 4.5km/h/s
최대속도		80km/h	80km/h	80km/h
차체크기(mm)		L18,000×W2,750 ×H3,670	L18,000×W2,750 ×H3,670	L18,000×W2,750 ×H3,670
대차	현가장치	1차 : 세브론 2차 : 공기스프링	1차 : 세브론 2차 : 공기스프링	1차 : 코니컬 고무 2차 : 공기스프링
	치차비	5.73:1	7.07:1	7.07:1
견인 전동기	형식	직류직권전동기	교류농형전동기	교류농형전동기
	정격출력	165kW	210kW	210kW
	정격전류	245A	155A	136A
	회전수	1,700rpm	2,200rpm	2,200rpm
주회로 장치	제어방식	전압형 쵸파제어	전압형 VVF 인버터	전압형 VVF 인버터
	정격출력	1,320kW	950kW	1,100kW
	주전동기 접속	2직 2병렬 영구접속	4대병렬 영구접속	4대병렬 영구접속
보조 전원 장치	방식	GTO, 정지형 인버터	IGBT, 정지형 인버터	IGBT, 정지형 인버터
	용량	140kVA	170kVA	150kVA
	출력전압	AC 3상 220V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz	AC 3상 380V, 60Hz
공기압축기		왕복동식 (1,750l/min)	스크류식 (1,500l/min)	스크류식 (1,000l/min)

축전지	45AH(70cell)	60AH(70cell)	60AH(70cell)
냉방장치	30,000kcal/h	32,000kcal/h	40,000kcal/h
신호방식	ATC/ATO	ATC/ATO	ATC/ATO
제동장치	회생 및 공기제동	회생 및 공기제동	회생 및 공기제동
열차정보장치	모니터	TIS	TCMS



1호선



2호선



3호선



4호선

< 부산교통공사 운용 전동차 >

5) 대구도시철도공사

대구광역시의 1호선과 2호선을 운영하고 있으며, 2014년에 모노레일 방식의 3호선이 개통 예정이다.

가) 1호선

전 차량이 한진중공업에서 제작되었다. 1997년에 국내에서 두 번째로 제작된 중형 전동차로, 국내 최초의 도어 중형 전동차이다. 역시 국내 최초로 경량 스테인리스를 사용한 중형 전동차이기도 하며, 국내 최초의 VVVF-GTO방식의 중형전동차이다. 독일 지멘스사에서 제작한 VVVF-GTO 인버터를 사용하였다.

나) 2호선

기본적 사양은 한국형 표준 중형전동차에 기초하나, 차체는 스테인리스를 사용하여 종래의 차량과 비슷한 형태의 차체 형상을 하고 있다. 선두부 형상은 인천교통공사 1호선 전동차 1차분과 유사한 형상을 하고 있으나, 비상탈출구가 제외되었다

< 대구도시철도공사 전동차 주요 제원 >

구분		1호선	2호선
편성수/량수		34/204	30/180
편성중량(공차)		199.6ton	186.5ton
편성구성		Tc-M1-T-M1-M2-Tc	Tc-M1-T-M1-M2-Tc
전기방식		DC 1,500V	DC 1,500V
열차운전방식		자동/수동운전	자동/수동운전
신호방식		ATC/ATO	ATC/ATO
속도제어방식		VVVF제어	VVVF제어
제동방식		회생제동 병용 아날로그 전기 지령식 공기제동	회생제동 병용 아날로그 전기 지령식 공기제동
성능	최고속도	운용속도 : 80km/h 설계속도 : 100km/h	운용속도 : 80km/h 설계속도 : 100km/h
	가속도	3.0km/h/s	3.0km/h/s
	감속도	상용 : 3.5km/h/s 비상 : 4.5km/h/s	상용 : 3.5km/h/s 비상 : 4.5km/h/s
VVVF 인버터	전력소자	GTO 사이리스터	IGBT
	출력전압	AC 3상 0~1,170V	AC 3상 0~1,100V
	주파수	0~160Hz	0~160Hz
보조전원 장치	방식	PTR 정지형 인버터	IGBT 정지형 인버터
	용량	190kVA	170kVA
	출력전압	DC 100V, AC 220C 3상 380V 60Hz	DC 100V, AC 220C 3상 380V 60Hz
	방식	스크류방식, 1단 압축	스크류방식, 1단 압축

	토출용량	1,600l/min	1,600l/min
정보관리장치		TIS	TCMS
냉방용량		32,000kcal/h/량	32,000kcal/h/량
축전지		60AH(70cell)	65AH(70cell)
차량크기		L17,500mm×W2,750mm×H4,000mm	L17,500mm×W2,750mm×H4,000mm
대차		공기스프링식 볼스터레스 대차	공기스프링식 볼스터레스 대차



1호선



2호선

< 대구도시철도공사 전동차 >

6) 인천교통공사

인천 1호선을 운영하며, 2호선 건설 및 운영을 계획 중이다. 인천교통공사의 1호선 전동차는 수도권 전기동차에서 사용되는 차량 중 유일한 중형 전동차이기도 하다. 1차분 차량은 대한민국 최초로 FRP 유선형 선두부를 채용하였다. 신호제어 및 열차 정보 장치 등은 독일 지멘스사의 제품을 채용하고 있으며, 주회로 장치는 알스톰 제품을 사용하였다. 운전실 전면 계기판이 PDP를 사용한 디지털 방식을 사용하고 있다. 객실에는 대한민국의 철도 차량으로서는 최초로 출입문 구동에 스크류 모터를 적용하여 출입문 동작 시에 발생하는 소음을 줄였다. 도입 당시에는 8색 PDP패널을 사용한 객실 안내 장치를 사용했으나, 현재는 LCD TV 방식의 객실 안내장치로 교체하였다. 2차분 차량은 외관은 한국철도공사의 5000호대 후기형과 비슷하고 제어방식 및 전장품은 서울메트로 2,3호선 신형 VVVF 제어 전동차 , 그리고 서울메트로 9호선 전동차와 동일한 타입으로 구성되었다. 그 외에도 1차 도입분 차량과는 달리 2차 도입분 차량에는 운전

실에 CCTV 감시용 모니터 2개가 설치되었다. 객실의 통로문은 수동방식으로 구성되었다. 차량은 1편성 8량으로 1차 도입 차량은 25편성 200량(대우중공업), 2차 도입 분은 9편성 72량이다.

< 인천교통공사 전동차 주요 제원 >

구분	내 용
차량형식	4M4T(Tc1-M-Mh-T1-T1'-Mh-M-Tc2)
차량중량	Tc : 31.5ton, M : 32ton, T1 : 26.4ton, T1' : 26.4ton
차량크기	L18,000mm×W2,750×H3,600mm
성능특성	가속도 : 3.0km/h/s 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s 최대속도 : 100km/h, 최고운전속도 80km/h
신호방식	ATP/ATO 1인운전
대차방식	볼스터레스(1차 : 롤러버, 2차 : 공기스프링)
견인제어방식	VVVF 인버터(IGBT소자, 국내최초사용), 1C4M제어
견인전동기	3상 유도전동기
보조전원장치	170kVA+20kW(축전지충전용), IGBT 소자
열차무선장치	공간파 무선장치, 사용주파수 : 146~174MHz, 3개 채널
제동방식	회생제동 병용 전기 지령식 공기제동방식
냉방장치	중앙 집중 자동온도조절방식(40,000kcal/h)
축전지	NiCd 알카리, 용량 70Ah
출입문제어형식	전기모터 구동 시(국내 최초)



1호선



1호선(신조)

< 인천교통공사 전동차 >

7) 광주도시철도공사

광주 도시철도의 차량은 단일차종이며 한국형 표준 중형전동차의 상용화된 차량으로 대한민국 최초로 도입된 차량이다. 현재 23편성 92량이 운용 중이다.

< 광주도시철도공사 전동차 주요 제원 >

구분	내 용
차량편성	1편성 4량(Tc-M-M-Tc)
운전형태	무인운전이 가능한 1인 운전
성능특성	가속도 : 3.0km/h/s 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s 최대속도 : 100km/h, 최고운전속도 80km/h
차량중량	Tc : 28.7ton, M : 30.4ton
차량크기	L18,000mm×W2,750×H4,000mm
신호방식	ATC/ATO
대차방식	공기스프링식 볼스터레스 대차(7.07:1)
견인제어방식	VVVF 정지형 인버터
견인전동기	3상 농형 유도전동기(210kW)
보조전원장치	CVCF 정지형 인버터(160kVA, IGBT 소자)
열차무선장치	공간파 무선장치, 사용주파수 : 146~174MHz, 3개 채널
제동방식	회생제동 병용 아날로그 전기지령식 공기제동방식
냉방장치	천장집약 공급덕트유도 분산형(40,000kcal/h 량당)
공기압축기	스크류 방식, 1단 압축(1,000l/min)
출입문제어형식	전기모터 구동시(국내 최초)



< 광주도시철도공사 전동차 >

8) 대전도시철도공사

대전 1호선을 운영하며 차량은 1종류가 있으며 한국형 표준 중형전동차의 상용화된 차량이다. 차량 수는 21개 편성 84량이다.

< 대전도시철도공사 전동차 주요 제원 >

구분	내 용
차량편성	1편성 4량(Tc-M-M-Tc)
운전형태	무인운전이 가능한 1인 운전
전기방식	DC 1,500V
성능특성	가속도 : 3.0km/h/s 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s 최대속도 : 100km/h, 최고운전속도 80km/h
차량중량	Tc : 30.9on, M1 : 31.9ton, M2 : 31.8ton
차량크기	L18,000mm×W2,750×H4,000mm
신호방식	ATC/ATO
대차방식	공기 스프링식 볼스터레스 대차(7.07:1)
견인제어방식	VVVF 정지형 인버터 제어방식 : 전압형 PWM 정격전압 : DC 1,500V(DC 1,000~1,800V) 견인전동기 접속 : 4대 병렬 영구접속 인버터 출력 : AC 3상 1,100V IGBT 소자 : 3,300V/1,200A급 이상 제어전원 : DC 100V(DC 70~110V)
견인전동기	형식 : 3상 4극 농형 유도전동기 정격 : 연속 210kW/1,100V, 1시간 정격 : 230kW/1,100V, 150A 절연등급 :Class 200, 내압시험 : 4,600V 정격속도 :2,200rpm, 최고속도 : 4,810rpm
보조전원장치	IGBT 소자 사용 정지형 인버터 출력전압 : 3상 380V, 60Hz, DC 100V 입력전압 : 1,500V(900~1,900V) 정격용량 : 150kVA 사용소자 : 3,300V/800A, IGBT 냉각방식 : Heatsink를 이용한 자연냉각방식

제동방식	회생제동 병용 아날로그 전기 지령식 공기제동방식
냉방장치	옥상노출 취부형
공기압축기	스크류 방식, 1단 압축
출입문제어형식	전기식 모터 자동제어



< 대전도시철도공사 전동차 >

9) 코레일 공항철도

서울역-김포공항역-인천국제공항역 간을 운행하며 차량은 10개역에 모두 정차하는 일반열차와 서울역과 인천국제공항역을 논스톱으로 운행하는 직통열차가 운용되고 있다. 기본적 사양은 현대 로템에서 개발한 한국형 중형 전동차에 기초하여 대형전동차에 맞게 재설계되었다. 기본적인 구체는 알루미늄 압출 형재로 이루어져 있으며, 현대 로템사의 IPM기반 VVVF-IGBT 2레벨 제어를 채택하고 있다. 일반열차의 실내는 전형적인 통근형 전동차에 맞는 롱 시트이며 출입문은 외부돌출식의 슬라이딩 도어를 채택하고 있으며, 직통열차의 전동차는 KTX와 동일한 경량형태의 리클라이닝 시트를 배치하였는데 회전은 되지 않으며 시트의 방향이 중앙부에서부터 서로 반대방향을 바라보고 있는 것이 특징이다. 출입문은 스크류 모터로 구동되는 플러그인 방식의 도어를 장착하였으며 차량 간 연결로 부분에도 자동문을 설치하고 있다. 인천국제공항 방향 선두차 부분에는 서울역까지 연장 개통으로 인해 개설된 도심공항터미널(CAT) 승객을 위한 화물실이 설치되어 있다. 두 형식 모두 화장실, 세면대 설비는 없다. 이는 전 구간 영업운행 소요시간이 1시간이 채 되지 않는 단거리 열차이기 때문이다. 일반열차는 26편성 120량, 직통열차는 6편성 36량이 운용중이다.

< 코레일 공항철도 전동차(일반열차) 주요 제원 >

구분	내 용
차량편성	1편성 6량(Tc-M-M'-T1-M'-Tc)
운전형태	무인운전이 가능한 1인 운전
전기방식	Ac 25kV, 60Hz
주위온도	-25 ~ +40℃
성능특성	가속도 : 3.0km/h/s 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s 최대속도 : 120km/h, 최고운전속도 110km/h
차량중량	Tc : 32.7on, M' : 38.6ton, M : 33.2ton, T : 27.2ton
차량크기	L20,000mm×W3,020×H4,000mm
신호방식	ATC/ATO
대차방식	공기 스프링식 볼스터레스 대차(7.07:1)
속도제어방식	VVF 인버터에 의한 가감속 제어 형식 : IGBT(3,300V, 1,200A) 제어방식 : PWM제어 입력전압 : DC 1,500V 출력전압 : AC 0 ~ 1,100V 출력주파수 : 0 ~ 163Hz 정격용량 : 정격 1,100kVA, 최대 1,600kVA
견인전동기	형식 : 3상 농형 유도전동기 정격 : 210kW, 1,370V, 108A, 3,233rpm 냉각방식 : 자기통풍냉각방식 절연등급 : 200Class
보조전원장치	IGBT 소자 사용 정지형 인버터 출력전압 : 3상 380/220V, 60Hz 정격전압 : DC 100V 정격전류 : 200A 정격용량 : 130kVA
제동방식	회생제동 병용 아날로그 전기 지령식 공기제동방식
대차방식	공기 스프링식 볼스터레스 대차 현수장치: 1차 롤고무스프링, 1차 공기스프링 구동장치 : 평행 카르단 방식 1단 감속기어 치차비 : 7.07:1
냉방장치	옥상노출 취부형

	주전원 : 3상 AC 380V, 60Hz 제어전원 : 단상 Ac 220V, 60Hz 소비전력 : 11.5kW 이하 소비전류 : 18.5A 이하
공기압축기	스크류 방식, 1단 압축 전동기 : 3상, AC 380V, 60Hz, 유도전동기 기동장치 : 인버터 기동방식
보조공기압축기	DC 80V, 400W, 1,700rpm(10분 정격)
출입문제어형식	전기식 모터 자동제어



일반열차



직통열차

< 코레일 공항철도 전동차 >

10) 신분당선

서울특별시 강남역과 성남시 정자역을 잇는 광력철도 노선이다. 신분당선에 도입된 무인운전 환경을 고려하고 신기술을 도입하여 제작된 차량으로서 차세대 전동차(싱글암 판토그래프, WTB와 MVB통신체계가 적용된 TCMS, 통합형 HVAC)의 기술이 다수 사용되고 있는 것이 특징이다. 차체는 스테인리스를 사용하고 있으며 출입문은 플러그 인 방식을 채택하여 차음성과 기밀성이 양호해졌다. 신분당선은 전 구간에 RF-CBTC를 사용한 무인운전 시스템을 도입하고 있다. 기본적인 차량의 시스템은 차내의 VOBC라는 차상 신호장치가 지상의 VCC관제 시설과 통신하여 열차 간격과 운행 지령을 통제하며 VOBC는 차내의 TCMS를 통해 차량 상태를 파악하고 차량의 이상 발생 시 이를 관제사에게 통보하면 관제사는 통신 지령을 통해 조치를 할 수 있도록 되어있다. 따라서 운전실이 따로 설치되어 있지 않아 평시 운행 때는 제어대를 덮개로 덮고 운행되며 필요시 기관사 업무를 수행하는 안전요원이 승차해 비상시를 대비하도록 되어있다. 제어대 내부에는 일반적인 전동차의

운전 제어 기기가 있으며 접이식 간이 의자도 내장되어 있다. 현재 12개 편성 72량이 운용 중이다.

< 신분당선 전동차 주요 제원 >

구분	내 용
차량편성	1편성 6량(Tc1-M1-M2-T-M1-Tc)
운전형태	무인운전
전기방식	AC 25kV, 60Hz
성능특성	가속도 : 3.0km/h/s 감속도 : 상용 3.5km/h/s, 비상 4.5km/h/s 설계최고속도 : 120km/h 영업운전속도 : 지상 110km/h 지하 90km/h
차량중량	214ton
차량크기	L20,000mm×W3,020×H4,000mm
신호방식	CBTC
속도제어방식	VVVF-IGBT 2레벨 1C4M
견인전동기	유도전동기(240kW) 편성출력 : 2,880kW
제동방식	회생제동 병용 전기 지령식 공기제동



< 신분당선 전동차 >

나. 서울메트로 2호선 급행/완행 분석을 위한 자료조사

1) 운행 다이아 조사 검토

가) 2호선 운행 다이아 자료

■ 2호선 TIME TABLE

<표2-1> 2호선 TIME TABLE

2호선 TIME TABLE							
역 명 (외선)	정차 시간 (초)	운전 시간 (분)	계	역 명 (내선)	정차 시간 (초)	운전 시간 (분)	계
성수~뚝섬	0	1	1	성수~건대입구	0	1.5	1.5
뚝섬~한양대	30	1.5	2	건대입구~구의	30	2	2.5
한양대~왕십리	30	1.5	2	구의~강변	30	1	1.5
왕십리~상왕십리	30	1	1.5	강변~잠실나루	30	2	2.5
상왕십리~신당	30	1	1.5	잠실나루~잠실	30	1.5	2
신당~동대문역사	30	1.5	2	잠실~신천	30	1.5	2
동대문역사~을지4가	30	1.5	2	신천~종합운동장	30	1.5	2
을지4가~을지3가	30	1	1.5	종합운동장~삼성	30	1.5	2
을지3가~을지입구	30	1	1.5	삼성~선릉	30	1.5	2
을지입구~시청	30	1.5	2	선릉~역삼	30	1.5	2
시청~충정로	30	1.5	2	역삼~강남	30	1	1.5
충정로~아현	30	1.5	2	강남~교대	30	1.5	2
아현~이대	30	1	1.5	교대~서초	30	1	1.5
이대~신촌	30	1	1.5	서초~방배	30	2	2.5
신촌~홍대입구	30	2	2.5	방배~사당	30	2.5	3
홍대입구~합정	30	1.5	2	사당~낙성대	30	2	2.5
합정~당산	30	2.5	3	낙성대~서울대	30	1.5	2
당산~영등포구청	30	1.5	2	서울대~봉천	30	1	1.5
영등포구청~문래	30	1	1.5	봉천~신림	30	1.5	2
문래~신도림	30	2	2.5	신림~신대방	30	2	2.5

역 명 (외선)	정차 시간 (초)	운전 시간 (분)	계	역 명 (내선)	정차 시간 (초)	운전 시간 (분)	계
신도림~대림	30	2.5	3	신대방~구로디지털	30	1.5	2
대림~구로디지털	30	1.5	2	구로디지털~대림	30	1.5	2
구로디지털~신대방	30	1.5	2	대림~신도림	30	2.5	3
신대방~신림	30	2	2.5	신도림~문래	30	2	2.5
신림~봉천	30	1.5	2	문래~영등포구청	30	1	1.5
봉천~서울대	30	1	1.5	영등포구청~당산	30	1.5	2
서울대~낙성대	30	1.5	2	당산~합정	30	2.5	3
낙성대~사당	30	2	2.5	합정~홍대입구	30	1.5	2
사당~방배	30	2.5	3	홍대입구~신촌	30	2	2.5
방배~서초	30	2	2.5	신촌~이대	30	1	1.5
서초~교대	30	1	1.5	이대~아현	30	1	1.5
교대~강남	30	1.5	2	아현~충정로	30	1.5	2
강남~역삼	30	1	1.5	충정로~시청	30	1.5	2
역삼~선릉	30	1.5	2	시청~을지로입구	30	1.5	2
선릉~삼성	30	1.5	2	을지로입구~을지3가	30	1	1.5
삼성~종합운동장	30	1.5	2	을지3가~을지4가	30	1	1.5
종합운동장~신천	30	1.5	2	을지4가~동대문역사	30	1.5	2
신천~잠실	30	1.5	2	동대문역사~신당	30	1.5	2
잠실~잠실나루	30	1.5	2	신당~상왕십리	30	1	1.5
잠실나루~강변	30	2	2.5	상왕십리~왕십리	30	1	1.5
강변~구의	30	1	1.5	왕십리~한양대	30	1.5	2
구의~건대입구	30	2	2.5	한양대~뚝섬	30	1.5	2
건대입구~성수	30	1.5	2	뚝섬~성수	30	1	1.5
계	21	65	86	계	21	65	86

■ 2호선 운전선도 본선내선 시각표

< 2호선 본선 평일내선 시각표('12.06.04. 일부) >

열차번호	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	2024
출 발 역	을지로입	홍대입구	신도림	신도림	서울대입	신도림	신도림	삼성	신도림	신도림	성수	신도림
도 착 역	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수
성 수												
											5:30:00	
건대입구											5:31:30	
											5:32:00	
구 의											5:34:00	
											5:34:30	
강 변											5:35:30	
											5:36:00	
잠실나루											5:38:00	
											5:38:30	
잠 실											5:40:00	
											5:40:30	
신 천											5:42:00	
											5:42:30	
종합운동장											5:44:00	
											5:44:30	
삼 성											5:46:00	
								5:30:00			5:46:30	
선 릉								5:31:30			5:48:00	
								5:32:00			5:48:30	
역 삼								5:33:30			5:50:00	
								5:34:00			5:50:30	
강 남								5:35:00			5:51:30	
								5:35:30			5:52:00	
교 대								5:37:00			5:53:30	
								5:37:30			5:54:00	
서 초								5:38:30			5:55:30	
								5:39:00			5:56:00	
방 배								5:41:00			5:58:00	
								5:41:30			5:58:30	
사 당								5:44:00			6:01:00	
								5:44:30			6:01:30	
낙성대								5:46:30			6:03:30	
								5:47:00			6:04:00	
서울대입구								5:48:30			6:05:30	
					5:30:00			5:49:00			6:06:00	
봉 천					5:31:30			5:50:00			6:07:30	
					5:32:00			5:50:30			6:08:00	
신 림					5:33:30			5:52:00			6:09:30	
					5:34:00			5:52:30			6:10:00	
신대방					5:36:00			5:54:30			6:12:00	
					5:36:30			5:55:00			6:12:30	
구로디지털					5:38:00			5:56:30			6:14:00	
					5:38:30			5:57:00			6:14:30	
대 림					5:40:00			5:58:30			6:16:00	
					5:40:30			5:59:00			6:16:30	
신도림					5:43:00			6:01:00			6:19:00	
			5:30:00	5:38:00	5:43:30	5:50:00	5:55:30	6:01:30	6:07:00	6:14:00	6:19:30	6:24:00
문 래			5:32:00	5:40:00	5:45:00	5:52:00	5:57:30	6:03:30	6:08:30	6:15:30	6:22:00	6:26:30
			5:32:30	5:40:30	5:45:30	5:52:30	5:58:00	6:04:00	6:09:00	6:16:00	6:22:30	6:27:00

영등포구청			5:33:30	5:41:30	5:46:30	5:53:30	5:59:00	6:05:00	6:10:00	6:17:00	6:23:30	6:28:00
			5:34:00	5:42:00	5:47:00	5:54:00	5:59:30	6:05:30	6:10:30	6:17:30	6:24:00	6:28:30
당 산			5:35:00	5:43:30	5:48:30	5:55:30	6:01:00	6:07:00	6:12:00	6:19:00	6:25:30	6:30:00
			5:35:30	5:44:00	5:49:00	5:56:00	6:01:30	6:07:30	6:12:30	6:19:30	6:26:00	6:30:30
합 정			5:37:30	5:46:30	5:51:30	5:58:30	6:03:30	6:09:30	6:14:30	6:22:00	6:28:30	6:33:00
			5:38:00	5:47:00	5:52:00	5:59:00	6:04:00	6:10:00	6:15:00	6:22:30	6:29:00	6:33:30
홍대입구			5:39:30	5:48:30	5:53:30	6:00:30	6:05:30	6:11:30	6:16:30	6:24:00	6:30:30	6:35:00
		5:30:00	5:40:00	5:49:00	5:54:00	6:01:00	6:06:00	6:12:00	6:17:00	6:24:30	6:31:00	6:35:30
신 촌		5:32:00	5:41:30	5:51:00	5:56:00	6:03:00	6:08:00	6:13:30	6:18:30	6:26:30	6:33:00	6:37:30
		5:32:30	5:42:00	5:51:30	5:56:30	6:03:30	6:08:30	6:14:00	6:19:00	6:27:00	6:33:30	6:38:00
이 대		5:33:30	5:43:00	5:52:30	5:58:00	6:04:30	6:09:30	6:15:00	6:20:00	6:28:00	6:34:30	6:39:30
		5:34:00	5:43:30	5:53:00	5:58:30	6:05:00	6:10:00	6:15:30	6:20:30	6:28:30	6:35:00	6:40:00
아 현		5:35:00	5:44:30	5:54:00	5:59:30	6:06:00	6:11:00	6:16:30	6:21:30	6:29:30	6:36:00	6:41:30
		5:35:30	5:45:00	5:54:30	6:00:00	6:06:30	6:11:30	6:17:00	6:22:00	6:30:00	6:36:30	6:42:00
충정로		5:37:00	5:46:00	5:56:00	6:01:30	6:08:00	6:13:00	6:18:30	6:23:30	6:31:30	6:38:00	6:43:30
		5:37:30	5:46:30	5:56:30	6:02:00	6:08:30	6:13:30	6:19:00	6:24:00	6:32:00	6:38:30	6:44:00
시 청		5:39:00	5:48:00	5:58:00	6:03:30	6:10:00	6:15:00	6:20:30	6:25:30	6:33:30	6:40:00	6:45:30
		5:39:30	5:48:30	5:58:30	6:04:00	6:10:30	6:15:30	6:21:00	6:26:00	6:34:00	6:40:30	6:46:00
을지로입구		5:41:00	5:50:00	5:59:30	6:05:30	6:12:00	6:17:00	6:22:30	6:27:30	6:35:30	6:42:00	6:47:30
	5:30:00	5:41:30	5:50:30	6:00:00	6:06:00	6:12:30	6:17:30	6:23:00	6:28:00	6:36:00	6:42:30	6:48:00
을지로3가	5:31:30	5:42:30	5:52:00	6:01:00	6:07:00	6:13:30	6:19:00	6:24:00	6:29:00	6:37:00	6:44:00	6:49:30
	5:32:00	5:43:00	5:52:30	6:01:30	6:07:30	6:14:00	6:19:30	6:24:30	6:29:30	6:37:30	6:44:30	6:50:00
을지로4가	5:33:00	5:44:00	5:53:30	6:02:30	6:08:30	6:15:00	6:20:30	6:25:30	6:30:30	6:38:30	6:45:30	6:51:00
	5:33:30	5:44:30	5:54:00	6:03:00	6:09:00	6:15:30	6:21:00	6:26:00	6:31:00	6:39:00	6:46:00	6:51:30
동대문역사	5:35:00	5:46:00	5:55:30	6:04:30	6:10:30	6:17:00	6:22:30	6:27:30	6:32:30	6:40:30	6:47:30	6:53:00
문화공원	5:35:30	5:46:30	5:56:00	6:05:00	6:11:00	6:17:30	6:23:00	6:28:00	6:33:00	6:41:00	6:48:00	6:53:30
신 당	5:37:00	5:48:00	5:57:30	6:06:30	6:12:30	6:19:00	6:24:30	6:29:30	6:34:30	6:42:30	6:49:30	6:55:00
	5:37:30	5:48:30	5:58:00	6:07:00	6:13:00	6:19:30	6:25:00	6:30:00	6:35:00	6:43:00	6:50:00	6:55:30
상왕십리	5:38:30	5:49:30	5:59:00	6:08:00	6:14:00	6:20:30	6:26:00	6:31:00	6:36:00	6:44:00	6:51:00	6:56:30
	5:39:00	5:50:00	5:59:30	6:08:30	6:14:30	6:21:00	6:26:30	6:31:30	6:36:30	6:44:30	6:51:30	6:57:00
왕십리	5:40:00	5:51:00	6:00:30	6:09:30	6:15:30	6:22:00	6:27:30	6:32:30	6:37:30	6:45:30	6:52:30	6:58:30
	5:40:30	5:51:30	6:01:00	6:10:00	6:16:00	6:22:30	6:28:00	6:33:00	6:38:00	6:46:00	6:53:00	6:59:00
한양대	5:42:00	5:53:00	6:02:30	6:11:30	6:17:30	6:24:00	6:29:30	6:34:30	6:39:30	6:47:30	6:54:30	7:00:30
	5:42:30	5:53:30	6:03:00	6:12:00	6:18:00	6:24:30	6:30:00	6:35:00	6:40:00	6:48:00	6:55:00	7:01:00
뚝 섬	5:44:00	5:55:00	6:04:30	6:13:30	6:19:30	6:26:00	6:31:30	6:36:30	6:41:30	6:49:30	6:56:30	7:02:30
	5:44:30	5:55:30	6:05:00	6:14:00	6:20:00	6:26:30	6:32:00	6:37:00	6:42:00	6:50:00	6:57:00	7:03:00
성 수	5:46:00	5:56:00	6:06:00	6:15:30	6:21:00	6:27:30	6:33:30	6:38:00	6:43:00	6:51:00	6:58:00	7:04:00
연결열번	**2030**	**2034**	**2038**	**2044**	**2046**	**2048**	**2052**	**2054**	**2058**	**2062**	**2066**	**2070**

열차번호	2478	2480	2482	2484	2486	2488	2490	2492	2494	2496	2498
출 발 역	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수
도 착 역	성수	성수	신도림	성수	성수	신도림	성수	성수	성수	성수	성수
성 수											
	20:59:00	21:03:00	21:07:00	21:11:00	21:15:00	21:19:00	21:24:00	21:29:00	21:35:00	21:41:00	21:47:00
건대입구	21:00:30	21:04:30	21:08:30	21:12:30	21:16:30	21:20:30	21:25:30	21:30:30	21:36:30	21:42:30	21:48:30
	21:01:00	21:05:00	21:09:00	21:13:00	21:17:00	21:21:00	21:26:00	21:31:00	21:37:00	21:43:00	21:49:00
구 의	21:03:00	21:07:00	21:11:00	21:15:00	21:19:00	21:23:00	21:28:00	21:33:00	21:39:00	21:45:00	21:51:00
	21:03:30	21:07:30	21:11:30	21:15:30	21:19:30	21:23:30	21:28:30	21:33:30	21:39:30	21:45:30	21:51:30
강 변	21:04:30	21:08:30	21:12:30	21:16:30	21:22:00	21:24:30	21:29:30	21:34:30	21:40:30	21:46:30	21:52:30
	21:05:00	21:09:00	21:13:00	21:17:00	21:22:30	21:25:00	21:30:00	21:35:00	21:41:00	21:47:00	21:53:00
잠실나루	21:07:00	21:11:00	21:15:00	21:19:00	21:24:30	21:27:00	21:32:00	21:37:00	21:43:00	21:49:00	21:55:00
	21:07:30	21:11:30	21:15:30	21:19:30	21:25:00	21:27:30	21:32:30	21:37:30	21:43:30	21:49:30	21:55:30
잠 실	21:09:00	21:13:00	21:17:00	21:21:00	21:26:30	21:29:00	21:34:00	21:39:00	21:45:00	21:51:00	21:57:00
	21:09:30	21:13:30	21:17:30	21:21:30	21:27:00	21:29:30	21:34:30	21:39:30	21:45:30	21:51:30	21:57:30
신 천	21:11:00	21:15:00	21:19:00	21:23:00	21:28:30	21:31:00	21:36:00	21:41:00	21:47:00	21:53:00	21:59:00
	21:11:30	21:15:30	21:19:30	21:23:30	21:29:00	21:31:30	21:36:30	21:41:30	21:47:30	21:53:30	21:59:30
종합운동장	21:13:00	21:17:00	21:21:00	21:25:00	21:30:30	21:33:00	21:38:00	21:43:00	21:49:00	21:55:00	22:01:00
	21:13:30	21:17:30	21:21:30	21:25:30	21:31:00	21:33:30	21:38:30	21:43:30	21:49:30	21:55:30	22:01:30
삼 성	21:15:00	21:19:00	21:23:00	21:27:00	21:32:30	21:35:00	21:40:00	21:45:00	21:51:00	21:57:00	22:03:00
	21:15:30	21:19:30	21:23:30	21:27:30	21:33:00	21:35:30	21:40:30	21:45:30	21:51:30	21:57:30	22:03:30
선 릉	21:17:00	21:21:00	21:25:00	21:29:00	21:34:30	21:37:00	21:42:00	21:47:00	21:53:00	21:59:00	22:05:00
	21:17:30	21:21:30	21:25:30	21:29:30	21:35:00	21:37:30	21:42:30	21:47:30	21:53:30	21:59:30	22:05:30
역 삼	21:19:00	21:23:00	21:27:00	21:31:00	21:36:30	21:39:00	21:44:00	21:49:00	21:55:00	22:01:00	22:07:00
	21:19:30	21:23:30	21:27:30	21:31:30	21:37:00	21:39:30	21:44:30	21:49:30	21:55:30	22:01:30	22:07:30
강 남	21:20:30	21:24:30	21:28:30	21:32:30	21:38:00	21:40:30	21:45:30	21:50:30	21:56:30	22:02:30	22:08:30
	21:21:00	21:25:00	21:29:00	21:33:00	21:38:30	21:41:00	21:46:00	21:51:00	21:57:00	22:03:00	22:09:00
교 대	21:22:30	21:26:30	21:30:30	21:34:30	21:40:00	21:42:30	21:47:30	21:52:30	21:58:30	22:04:30	22:10:30
	21:23:00	21:27:00	21:31:00	21:35:00	21:40:30	21:43:00	21:48:00	21:53:00	21:59:00	22:05:00	22:11:00
서 초	21:24:30	21:28:30	21:32:30	21:36:30	21:42:00	21:44:30	21:49:00	21:54:30	22:00:30	22:06:30	22:12:30
	21:25:00	21:29:00	21:33:00	21:37:00	21:42:30	21:45:00	21:49:30	21:55:00	22:01:00	22:07:00	22:13:00
방 배	21:27:00	21:31:00	21:35:00	21:39:00	21:44:30	21:47:00	21:51:30	21:57:00	22:03:00	22:09:00	22:15:00
	21:27:30	21:31:30	21:35:30	21:39:30	21:45:00	21:47:30	21:52:00	21:57:30	22:03:30	22:09:30	22:15:30
사 당	21:30:00	21:34:00	21:38:00	21:42:00	21:47:30	21:50:00	21:54:30	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:18:00
	21:30:30	21:34:30	21:38:30	21:42:30	21:48:00	21:50:30	21:55:00	22:00:30	22:06:30	22:12:30	22:18:30
낙성대	21:32:30	21:36:30	21:40:30	21:44:30	21:50:00	21:52:30	21:57:00	22:02:30	22:08:30	22:14:30	22:20:30
	21:33:00	21:37:00	21:41:00	21:45:00	21:50:30	21:53:00	21:57:30	22:03:00	22:09:00	22:15:00	22:21:00
서울대입구	21:34:30	21:38:30	21:42:30	21:46:30	21:52:00	21:54:30	21:58:30	22:04:30	22:10:30	22:17:00	22:23:00
	21:35:00	21:39:00	21:43:00	21:47:00	21:52:30	21:55:00	21:59:00	22:05:00	22:11:00	22:17:30	22:23:30
봉 천	21:36:30	21:40:30	21:44:00	21:48:30	21:54:00	21:56:30	22:00:30	22:06:30	22:12:30	22:19:00	22:25:00
	21:37:00	21:41:00	21:44:30	21:49:00	21:54:30	21:57:00	22:01:00	22:07:00	22:13:00	22:19:30	22:25:30
신 림	21:38:30	21:42:30	21:46:00	21:50:30	21:56:00	21:58:30	22:02:30	22:08:30	22:14:30	22:21:00	22:27:00
	21:39:00	21:43:00	21:46:30	21:51:00	21:56:30	21:59:00	22:03:00	22:09:00	22:15:00	22:21:30	22:27:30
신대방	21:41:00	21:45:00	21:48:30	21:53:00	21:58:30	22:01:00	22:05:00	22:11:00	22:17:00	22:23:30	22:29:30
	21:41:30	21:45:30	21:49:00	21:53:30	21:59:00	22:01:30	22:05:30	22:11:30	22:17:30	22:24:00	22:30:00

구로디지털	21:43:00	21:47:00	21:50:30	21:55:00	22:00:30	22:03:00	22:07:00	22:13:00	22:19:00	22:25:30	22:31:30
	21:43:30	21:47:30	21:51:00	21:55:30	22:01:00	22:03:30	22:07:30	22:13:30	22:19:30	22:26:00	22:32:00
대 림	21:45:00	21:49:00	21:52:30	21:57:00	22:02:30	22:05:00	22:09:00	22:15:00	22:21:00	22:27:30	22:33:30
	21:45:30	21:49:30	21:53:00	21:57:30	22:03:00	22:05:30	22:09:30	22:15:30	22:21:30	22:28:00	22:34:00
신도림	21:48:00	21:52:00	21:55:00	22:00:00	22:05:30	22:08:00	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:30:30	22:36:30
	21:48:30	21:52:30		22:00:30	22:06:00		22:12:30	22:18:30	22:24:30	22:31:00	22:37:00
문 래	21:50:30	21:54:30		22:02:30	22:08:00		22:14:30	22:20:30	22:26:30	22:33:00	22:39:00
	21:51:00	21:55:00		22:03:00	22:08:30		22:15:00	22:21:00	22:27:00	22:33:30	22:39:30
영등포구청	21:52:00	21:56:00		22:04:00	22:09:30		22:16:00	22:22:00	22:28:00	22:34:30	22:40:30
	21:52:30	21:56:30		22:04:30	22:10:00		22:16:30	22:22:30	22:28:30	22:35:00	22:41:00
당 산	21:54:00	21:58:30		22:06:00	22:11:30		22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:36:30	22:42:30
	21:54:30	21:59:00		22:06:30	22:12:00		22:18:30	22:24:30	22:30:30	22:37:00	22:43:00
합 정	21:57:00	22:01:30		22:09:00	22:14:30		22:21:00	22:27:00	22:33:00	22:39:30	22:45:30
	21:57:30	22:02:00		22:09:30	22:15:00		22:21:30	22:27:30	22:33:30	22:40:00	22:46:00
홍대입구	21:59:00	22:03:30		22:11:00	22:16:30		22:23:00	22:29:00	22:35:00	22:41:30	22:47:30
	21:59:30	22:04:00		22:11:30	22:17:00		22:23:30	22:29:30	22:35:30	22:42:00	22:48:00
신 촌	22:01:30	22:06:00		22:13:30	22:19:00		22:25:30	22:31:30	22:37:30	22:44:00	22:50:00
	22:02:00	22:06:30		22:14:00	22:19:30		22:26:00	22:32:00	22:38:00	22:44:30	22:50:30
이 대	22:03:00	22:08:00		22:15:00	22:21:00		22:27:00	22:33:00	22:39:00	22:45:30	22:52:00
	22:03:30	22:08:30		22:15:30	22:21:30		22:27:30	22:33:30	22:39:30	22:46:00	22:52:30
아 현	22:05:00	22:09:30		22:16:30	22:22:30		22:28:30	22:34:30	22:40:30	22:47:00	22:53:30
	22:05:30	22:10:00		22:17:00	22:23:00		22:29:00	22:35:00	22:41:00	22:47:30	22:54:00
충정로	22:07:00	22:11:30		22:18:30	22:24:30		22:30:30	22:36:30	22:42:30	22:49:00	22:55:30
	22:07:30	22:12:00		22:19:00	22:25:00		22:31:00	22:37:00	22:43:00	22:49:30	22:56:00
시 청	22:09:00	22:13:30		22:20:30	22:26:30		22:32:30	22:38:30	22:44:30	22:51:00	22:57:30
	22:09:30	22:14:00		22:21:00	22:27:00		22:33:00	22:39:00	22:45:00	22:51:30	22:58:00
을지로입구	22:11:00	22:15:30		22:22:30	22:28:30		22:34:30	22:40:30	22:46:30	22:53:00	22:59:30
	22:11:30	22:16:00		22:23:00	22:29:00		22:35:00	22:41:00	22:47:00	22:53:30	23:00:00
을지로3가	22:12:30	22:17:00		22:24:00	22:30:00		22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:55:00	23:01:30
	22:13:00	22:17:30		22:24:30	22:30:30		22:36:30	22:42:30	22:48:30	22:55:30	23:02:00
을지로4가	22:14:00	22:18:30		22:25:30	22:31:30		22:37:30	22:43:30	22:49:30	22:56:30	23:03:00
	22:14:30	22:19:00		22:26:00	22:32:00		22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:57:00	23:03:30
동대문역사문화공원	22:16:00	22:20:30		22:27:30	22:33:30		22:39:30	22:45:30	22:51:30	22:58:30	23:05:00
	22:16:30	22:21:00		22:28:00	22:34:00		22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:59:00	23:05:30
신 당	22:18:00	22:22:30		22:29:30	22:35:30		22:41:30	22:47:30	22:53:30	23:00:30	23:07:00
	22:18:30	22:23:00		22:30:00	22:36:00		22:42:00	22:48:00	22:54:00	23:01:00	23:07:30
상왕십리	22:20:00	22:24:00		22:31:00	22:37:00		22:43:00	22:49:00	22:55:00	23:02:00	23:08:30
	22:20:30	22:24:30		22:31:30	22:37:30		22:43:30	22:49:30	22:55:30	23:02:30	23:09:00
왕십리	22:22:00	22:26:00		22:32:30	22:38:30		22:44:30	22:50:30	22:56:30	23:03:30	23:10:00
	22:22:30	22:26:30		22:33:00	22:39:00		22:45:00	22:51:00	22:57:00	23:04:00	23:10:30
한양대	22:24:00	22:28:00		22:34:30	22:40:30		22:46:30	22:52:30	22:58:30	23:05:30	23:12:00
	22:24:30	22:28:30		22:35:00	22:41:00		22:47:00	22:53:00	22:59:00	23:06:00	23:12:30
뚝 섬	22:26:00	22:30:00		22:36:30	22:42:30		22:48:30	22:54:30	23:00:30	23:07:30	23:14:00
	22:26:30	22:30:30		22:37:00	22:43:00		22:49:00	22:55:00	23:01:00	23:08:00	23:14:30
성 수	22:28:00	22:32:00		22:38:00	22:44:00		22:50:00	22:56:00	23:02:00	23:09:00	23:16:00
연결열번	**2514**	**2516**	**입고**	**2518**	**2520**	**입고**	**2522**	**2524**	**2526**	**2528**	**2530**

■ 2호선 운전선도 본선외선 시각표

< 2호선 본선 평일외선 시각표('12.06.04 일부)>

열차번호	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023
출발역	삼성	서울대입	신도림	신도림	홍대입구	신도림	을지로입	신도림	신도림	성수	신도림	성수
도착역	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수
성 수												
										5:30:00		5:40:00
뚝 섬										5:31:00		5:41:00
										5:31:30		5:41:30
한양대										5:33:00		5:43:00
										5:33:30		5:43:30
왕십리										5:35:00		5:45:00
										5:35:30		5:45:30
상왕십리										5:36:30		5:46:30
										5:37:00		5:47:00
신 당										5:38:00		5:48:00
										5:38:30		5:48:30
동대문역사										5:40:00		5:50:00
문화공원										5:40:30		5:50:30
을지로4가										5:42:00		5:52:00
										5:42:30		5:52:30
을지로3가										5:43:30		5:53:30
										5:44:00		5:54:00
을지로입구										5:45:30		5:55:00
							5:30:00			5:46:00		5:55:30
시 청							5:31:30			5:47:30		5:57:00
							5:32:00			5:48:00		5:57:30
충정로							5:33:30			5:49:30		5:59:00
							5:34:00			5:50:00		5:59:30
아 현							5:35:30			5:51:30		6:01:00
							5:36:00			5:52:00		6:01:30
이 대							5:37:00			5:53:00		6:02:30
							5:37:30			5:53:30		6:03:00
신 촌							5:38:30			5:54:30		6:04:00
							5:39:00			5:55:00		6:04:30
홍대입구							5:41:00			5:57:00		6:06:30
					5:30:00		5:41:30			5:57:30		6:07:00
합 정					5:31:30		5:43:00			5:59:00		6:08:30
					5:32:00		5:43:30			5:59:30		6:09:00
당 산					5:34:30		5:46:00			6:02:00		6:11:30
					5:35:00		5:46:30			6:02:30		6:12:00
영등포구청					5:36:30		5:48:00			6:04:00		6:13:30
					5:37:00		5:48:30			6:04:30		6:14:00
문 래					5:38:00		5:49:30			6:05:30		6:15:00
					5:38:30		5:50:00			6:06:00		6:15:30
신도림					5:40:30		5:52:30			6:08:30		6:17:30
			5:30:00	5:35:00	5:41:00	5:47:00	5:53:00	5:59:00	6:04:00	6:09:00	6:13:00	6:18:00
대 림			5:32:30	5:38:00	5:43:00	5:49:30	5:55:30	6:01:30	6:06:30	6:11:30	6:16:00	6:20:30
			5:33:00	5:38:30	5:43:30	5:50:00	5:56:00	6:02:00	6:07:00	6:12:00	6:16:30	6:21:00

구로디지털			5:34:30	5:40:00	5:45:00	5:51:30	5:57:30	6:03:30	6:08:30	6:13:30	6:18:00	6:22:30
			5:35:00	5:40:30	5:45:30	5:52:00	5:58:00	6:04:00	6:09:00	6:14:00	6:18:30	6:23:00
신대방			5:36:30	5:42:00	5:47:00	5:53:30	5:59:30	6:05:30	6:10:30	6:15:30	6:20:00	6:24:30
			5:37:00	5:42:30	5:47:30	5:54:00	6:00:00	6:06:00	6:11:00	6:16:00	6:20:30	6:25:00
신 림			5:39:00	5:44:30	5:49:30	5:56:00	6:02:00	6:08:00	6:13:00	6:18:00	6:22:30	6:27:00
			5:39:30	5:45:00	5:50:00	5:56:30	6:02:30	6:08:30	6:13:30	6:18:30	6:23:00	6:27:30
봉 천			5:41:00	5:46:30	5:51:30	5:58:00	6:04:00	6:10:00	6:15:00	6:20:00	6:24:30	6:29:00
			5:41:30	5:47:00	5:52:00	5:58:30	6:04:30	6:10:30	6:15:30	6:20:30	6:25:00	6:29:30
서울대입구			5:42:30	5:48:30	5:53:30	6:00:00	6:06:00	6:12:00	6:17:00	6:22:00	6:26:30	6:31:00
		5:30:00	5:43:00	5:49:00	5:54:00	6:00:30	6:06:30	6:12:30	6:17:30	6:22:30	6:27:00	6:31:30
낙성대		5:31:30	5:44:30	5:50:30	5:55:30	6:02:00	6:08:00	6:14:00	6:19:00	6:24:00	6:28:30	6:33:00
		5:32:00	5:45:00	5:51:00	5:56:00	6:02:30	6:08:30	6:14:30	6:19:30	6:24:30	6:29:00	6:33:30
사 당		5:34:00	5:47:00	5:53:00	5:58:00	6:04:30	6:10:30	6:16:30	6:21:30	6:26:30	6:31:00	6:35:30
		5:34:30	5:47:30	5:53:30	5:58:30	6:05:00	6:11:00	6:17:00	6:22:00	6:27:00	6:31:30	6:36:00
방 배		5:37:00	5:49:30	5:55:30	6:01:30	6:07:30	6:13:30	6:19:30	6:24:30	6:29:30	6:34:00	6:38:30
		5:37:30	5:50:00	5:56:00	6:02:00	6:08:00	6:14:00	6:20:00	6:25:00	6:30:00	6:34:30	6:39:00
서 초		5:39:30	5:52:00	5:58:00	6:04:00	6:10:00	6:16:00	6:22:00	6:27:00	6:32:00	6:36:30	6:41:00
		5:40:00	5:52:30	5:58:30	6:04:30	6:10:30	6:16:30	6:22:30	6:27:30	6:32:30	6:37:00	6:41:30
교 대		5:41:30	5:53:30	6:00:00	6:06:00	6:12:00	6:18:00	6:24:00	6:29:00	6:34:00	6:38:30	6:43:00
		5:42:00	5:54:00	6:00:30	6:06:30	6:12:30	6:18:30	6:24:30	6:29:30	6:34:30	6:39:00	6:43:30
강 남		5:43:30	5:55:30	6:02:00	6:08:00	6:14:00	6:20:00	6:26:00	6:31:00	6:36:00	6:40:30	6:45:00
		5:44:00	5:56:00	6:02:30	6:08:30	6:14:30	6:20:30	6:26:30	6:31:30	6:36:30	6:41:00	6:45:30
역 삼		5:45:30	5:57:30	6:04:00	6:09:30	6:16:00	6:21:30	6:28:00	6:33:00	6:38:00	6:42:30	6:47:00
		5:46:00	5:58:00	6:04:30	6:10:00	6:16:30	6:22:00	6:28:30	6:33:30	6:38:30	6:43:00	6:47:30
선 릉		5:47:30	5:59:30	6:06:00	6:11:30	6:18:00	6:23:30	6:30:00	6:35:00	6:40:00	6:44:30	6:49:00
		5:48:00	6:00:00	6:06:30	6:12:00	6:18:30	6:24:00	6:30:30	6:35:30	6:40:30	6:45:00	6:49:30
삼 성		5:49:30	6:01:30	6:08:00	6:13:30	6:20:00	6:25:30	6:32:00	6:37:00	6:42:00	6:46:30	6:51:00
	5:30:00	5:50:00	6:02:00	6:08:30	6:14:00	6:20:30	6:26:00	6:32:30	6:37:30	6:42:30	6:47:00	6:51:30
종합운동장	5:32:00	5:51:30	6:03:30	6:10:00	6:15:30	6:22:00	6:27:30	6:34:00	6:39:00	6:44:00	6:48:30	6:53:00
	5:32:30	5:52:00	6:04:00	6:10:30	6:16:00	6:22:30	6:28:00	6:34:30	6:39:30	6:44:30	6:49:00	6:53:30
신 천	5:34:00	5:53:30	6:05:30	6:12:00	6:17:30	6:24:00	6:29:30	6:36:00	6:41:00	6:46:00	6:50:30	6:55:00
	5:34:30	5:54:00	6:06:00	6:12:30	6:18:00	6:24:30	6:30:00	6:36:30	6:41:30	6:46:30	6:51:00	6:55:30
잠 실	5:36:30	5:55:30	6:07:30	6:14:00	6:19:30	6:26:00	6:31:30	6:38:00	6:43:00	6:48:00	6:52:30	6:57:00
	5:37:00	5:56:00	6:08:00	6:14:30	6:20:00	6:26:30	6:32:00	6:38:30	6:43:30	6:48:30	6:53:00	6:57:30
잠실나루	5:38:30	5:57:30	6:09:30	6:16:00	6:21:30	6:28:00	6:33:30	6:40:30	6:45:00	6:50:00	6:54:30	6:59:00
	5:39:00	5:58:00	6:10:00	6:16:30	6:22:00	6:28:30	6:34:00	6:41:00	6:45:30	6:50:30	6:55:00	6:59:30
강 변	5:41:00	6:00:00	6:12:00	6:18:30	6:24:00	6:30:30	6:36:00	6:43:00	6:47:30	6:52:30	6:57:00	7:01:30
	5:41:30	6:00:30	6:12:30	6:19:00	6:24:30	6:31:00	6:36:30	6:43:30	6:48:00	6:53:00	6:57:30	7:02:00
구 의	5:42:30	6:01:30	6:13:30	6:20:00	6:26:00	6:32:00	6:37:30	6:44:30	6:49:30	6:54:00	6:58:30	7:03:30
	5:43:00	6:02:00	6:14:00	6:20:30	6:26:30	6:32:30	6:38:00	6:45:00	6:50:00	6:54:30	6:59:00	7:04:00
건대입구	5:45:00	6:04:00	6:16:00	6:22:30	6:28:30	6:34:30	6:40:00	6:47:00	6:52:00	6:56:30	7:01:00	7:06:00
	5:45:30	6:04:30	6:16:30	6:23:00	6:29:00	6:35:00	6:40:30	6:47:30	6:52:30	6:57:00	7:01:30	7:06:30
성 수	5:47:00	6:06:00	6:18:00	6:24:00	6:30:00	6:36:30	6:42:00	6:49:00	6:54:00	6:58:30	7:03:00	7:08:00
연결열번	**2027**	**2035**	**2041**	**2043**	**2047**	**2051**	**2055**	**2059**	**2061**	**2065**	**2067**	**2071**

열차번호	2507	2509	2511	2513	2515	2517	2519	2521	2523	2525	2527
출발역	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수
도착역	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	성수	신도림	성수	성수
성 수											
	21:14:00	21:19:00	21:25:00	21:31:00	21:37:00	21:43:00	21:49:00	21:54:00	21:59:00	22:04:00	22:10:00
뚝 섬	21:15:00	21:20:00	21:26:00	21:32:00	21:38:00	21:44:00	21:50:00	21:55:00	22:00:00	22:05:00	22:11:00
	21:15:30	21:20:30	21:26:30	21:32:30	21:38:30	21:44:30	21:50:30	21:55:30	22:00:30	22:05:30	22:11:30
한양대	21:17:00	21:22:00	21:28:00	21:34:00	21:40:00	21:46:00	21:52:00	21:57:00	22:02:00	22:07:00	22:13:00
	21:17:30	21:22:30	21:28:30	21:34:30	21:40:30	21:46:30	21:52:30	21:57:30	22:02:30	22:07:30	22:13:30
왕십리	21:19:00	21:24:00	21:30:00	21:36:00	21:42:00	21:48:00	21:54:00	21:59:00	22:04:00	22:09:00	22:15:00
	21:19:30	21:24:30	21:30:30	21:36:30	21:42:30	21:48:30	21:54:30	21:59:30	22:04:30	22:09:30	22:15:30
상왕십리	21:20:30	21:25:30	21:31:30	21:37:30	21:43:30	21:49:30	21:55:30	22:00:30	22:05:30	22:10:30	22:16:30
	21:21:00	21:26:00	21:32:00	21:38:00	21:44:00	21:50:00	21:56:00	22:01:00	22:06:00	22:11:00	22:17:00
신 당	21:22:00	21:27:00	21:33:00	21:39:00	21:45:00	21:51:00	21:57:00	22:02:00	22:07:00	22:12:00	22:18:00
	21:22:30	21:27:30	21:33:30	21:39:30	21:45:30	21:51:30	21:57:30	22:02:30	22:07:30	22:12:30	22:18:30
동대문역사 문화공원	21:24:00	21:29:00	21:35:00	21:41:00	21:47:00	21:53:00	21:59:00	22:04:00	22:09:00	22:14:00	22:20:00
	21:24:30	21:29:30	21:35:30	21:41:30	21:47:30	21:53:30	21:59:30	22:04:30	22:09:30	22:14:30	22:20:30
을지로4가	21:26:00	21:31:00	21:37:00	21:43:00	21:49:00	21:55:00	22:01:00	22:06:00	22:11:00	22:16:00	22:22:00
	21:26:30	21:31:30	21:37:30	21:43:30	21:49:30	21:55:30	22:01:30	22:06:30	22:11:30	22:16:30	22:22:30
을지로3가	21:27:30	21:32:30	21:38:30	21:44:30	21:50:30	21:56:30	22:02:30	22:07:30	22:12:30	22:17:30	22:23:30
	21:28:00	21:33:00	21:39:00	21:45:00	21:51:00	21:57:00	22:03:00	22:08:00	22:13:00	22:18:00	22:24:00
을지로입구	21:29:00	21:34:00	21:40:00	21:46:00	21:52:00	21:58:00	22:04:00	22:09:00	22:14:30	22:19:00	22:25:00
	21:29:30	21:34:30	21:40:30	21:46:30	21:52:30	21:58:30	22:04:30	22:09:30	22:15:00	22:19:30	22:25:30
시 청	21:31:00	21:36:00	21:42:00	21:48:00	21:54:00	22:00:00	22:06:00	22:11:00	22:16:30	22:21:00	22:27:00
	21:31:30	21:36:30	21:42:30	21:48:30	21:54:30	22:00:30	22:06:30	22:11:30	22:17:00	22:21:30	22:27:30
충정로	21:33:00	21:38:00	21:44:00	21:50:00	21:56:00	22:02:00	22:08:00	22:13:00	22:18:30	22:23:00	22:29:00
	21:33:30	21:38:30	21:44:30	21:50:30	21:56:30	22:02:30	22:08:30	22:13:30	22:19:00	22:23:30	22:29:30
아 현	21:35:00	21:40:00	21:46:00	21:52:00	21:58:00	22:04:00	22:10:00	22:15:00	22:20:30	22:25:00	22:31:00
	21:35:30	21:40:30	21:46:30	21:52:30	21:58:30	22:04:30	22:10:30	22:15:30	22:21:00	22:25:30	22:31:30
이 대	21:36:30	21:41:30	21:47:30	21:53:30	21:59:30	22:05:30	22:11:30	22:16:30	22:22:00	22:26:30	22:32:30
	21:37:00	21:42:00	21:48:00	21:54:00	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:17:00	22:22:30	22:27:00	22:33:00
신 촌	21:38:00	21:43:00	21:49:00	21:55:00	22:01:00	22:07:00	22:13:00	22:18:00	22:23:30	22:28:00	22:34:00
	21:38:30	21:43:30	21:49:30	21:55:30	22:01:30	22:07:30	22:13:30	22:18:30	22:24:00	22:28:30	22:34:30
홍대입구	21:40:00	21:45:30	21:51:30	21:57:30	22:03:30	22:09:30	22:15:30	22:20:30	22:26:00	22:30:30	22:36:30
	21:40:30	21:46:00	21:52:00	21:58:00	22:04:00	22:10:00	22:16:00	22:21:00	22:26:30	22:31:00	22:37:00
합 정	21:42:00	21:47:30	21:53:30	21:59:30	22:05:30	22:11:30	22:17:30	22:22:30	22:28:00	22:32:30	22:38:30
	21:42:30	21:48:00	21:54:00	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:18:00	22:23:00	22:28:30	22:33:00	22:39:00
당 산	21:45:00	21:50:30	21:56:30	22:02:30	22:08:30	22:14:30	22:20:30	22:25:30	22:31:00	22:35:30	22:41:30
	21:45:30	21:51:00	21:57:00	22:03:00	22:09:00	22:15:00	22:21:00	22:26:00	22:31:30	22:36:00	22:42:00
영등포구청	21:47:00	21:52:30	21:58:30	22:04:30	22:10:30	22:16:30	22:22:30	22:27:30	22:33:00	22:37:30	22:43:30
	21:47:30	21:53:00	21:59:00	22:05:00	22:11:00	22:17:00	22:23:00	22:28:00	22:33:30	22:38:00	22:44:00
문 래	21:48:30	21:54:00	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:29:00	22:34:30	22:39:00	22:45:00
	21:49:00	21:54:30	22:00:30	22:06:30	22:12:30	22:18:30	22:24:30	22:29:30	22:35:00	22:39:30	22:45:30
신도림	21:51:00	21:56:30	22:02:30	22:08:30	22:14:30	22:20:30	22:26:30	22:32:00	22:37:00	22:41:30	22:47:30
	21:51:30	21:57:00	22:03:00	22:09:00	22:15:00	22:21:00	22:27:00	22:32:30		22:42:00	22:48:00
대 림	21:53:30	21:59:30	22:05:30	22:11:30	22:17:30	22:23:30	22:29:30	22:35:00		22:44:30	22:50:30
	21:54:00	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:35:30		22:45:00	22:51:00

구로디지털	21:55:30	22:01:30	22:07:30	22:13:30	22:19:30	22:25:30	22:31:30	22:37:00		22:46:30	22:52:30
	21:56:00	22:02:00	22:08:00	22:14:00	22:20:00	22:26:00	22:32:00	22:37:30		22:47:00	22:53:00
신대방	21:57:30	22:03:30	22:09:30	22:15:30	22:21:30	22:27:30	22:33:30	22:39:00		22:48:30	22:54:30
	21:58:00	22:04:00	22:10:00	22:16:00	22:22:00	22:28:00	22:34:00	22:39:30		22:49:00	22:55:00
신 림	22:00:00	22:06:00	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:36:00	22:41:30		22:51:00	22:57:00
	22:00:30	22:06:30	22:12:30	22:18:30	22:24:30	22:30:30	22:36:30	22:42:00		22:51:30	22:57:30
봉 천	22:02:00	22:08:00	22:14:00	22:20:00	22:26:00	22:32:00	22:38:00	22:43:30		22:53:00	22:59:30
	22:02:30	22:08:30	22:14:30	22:20:30	22:26:30	22:32:30	22:38:30	22:44:00		22:53:30	23:00:00
서울대입구	22:04:00	22:10:00	22:16:00	22:22:00	22:28:00	22:34:00	22:40:00	22:45:30		22:54:30	23:02:00
	22:04:30	22:10:30	22:16:30	22:22:30	22:28:30	22:34:30	22:40:30	22:46:00		22:55:00	23:02:30
낙성대	22:06:00	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:36:00	22:42:00	22:48:00		22:56:30	23:04:00
	22:06:30	22:12:30	22:18:30	22:24:30	22:30:30	22:36:30	22:42:30	22:48:30		22:57:00	23:04:30
사 당	22:08:30	22:14:30	22:20:30	22:26:30	22:32:30	22:38:30	22:44:30	22:51:00		22:59:00	23:07:00
	22:09:00	22:15:00	22:21:00	22:27:00	22:33:00	22:39:00	22:45:00	22:51:30		22:59:30	23:07:30
방 배	22:11:30	22:17:30	22:23:30	22:29:30	22:35:30	22:41:30	22:47:30	22:54:00		23:02:00	23:10:30
	22:12:00	22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:54:30		23:02:30	23:11:00
서 초	22:14:00	22:20:00	22:26:00	22:32:00	22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:56:30		23:04:30	23:13:00
	22:14:30	22:20:30	22:26:30	22:32:30	22:38:30	22:44:30	22:50:30	22:57:00		23:05:00	23:13:30
교 대	22:16:00	22:22:00	22:28:00	22:34:00	22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:58:30		23:06:00	23:15:30
	22:16:30	22:22:30	22:28:30	22:34:30	22:40:30	22:46:30	22:52:30	22:59:00		23:06:30	23:16:00
강 남	22:18:00	22:24:00	22:30:00	22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:54:00	23:01:00		23:08:00	23:17:30
	22:18:30	22:24:30	22:30:30	22:36:30	22:42:30	22:48:30	22:54:30	23:01:30		23:08:30	23:18:00
역 삼	22:19:30	22:25:30	22:31:30	22:37:30	22:43:30	22:49:30	22:55:30	23:02:30		23:09:30	23:19:30
	22:20:00	22:26:00	22:32:00	22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:56:00	23:03:00		23:10:00	23:20:00
선 릉	22:21:30	22:27:30	22:33:30	22:39:30	22:45:30	22:51:30	22:57:30	23:04:30		23:11:30	23:21:30
	22:22:00	22:28:00	22:34:00	22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:58:00	23:05:00		23:12:00	23:22:00
삼 성	22:23:30	22:29:30	22:35:30	22:41:30	22:47:30	22:53:30	22:59:30	23:06:30		23:13:30	23:23:30
	22:24:00	22:30:00	22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:54:00	23:00:00	23:07:00		23:14:00	23:24:00
종합운동장	22:25:30	22:31:30	22:37:30	22:43:30	22:49:30	22:55:30	23:01:30	23:08:30		23:15:30	23:25:30
	22:26:00	22:32:00	22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:56:00	23:02:00	23:09:00		23:16:00	23:26:00
신 천	22:27:30	22:33:30	22:39:30	22:45:30	22:51:30	22:57:30	23:03:30	23:10:30		23:17:30	23:27:30
	22:28:00	22:34:00	22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:58:00	23:04:00	23:11:00		23:18:00	23:28:00
잠 실	22:29:30	22:35:30	22:41:30	22:47:30	22:53:30	22:59:30	23:05:30	23:12:30		23:19:30	23:29:30
	22:30:00	22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:54:00	23:00:00	23:06:00	23:13:00		23:20:00	23:30:00
잠실나루	22:31:30	22:37:30	22:43:30	22:49:30	22:55:30	23:01:30	23:07:30	23:14:30		23:21:30	23:32:00
	22:32:00	22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:56:00	23:02:00	23:08:00	23:15:00		23:22:00	23:32:30
강 변	22:34:00	22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:58:00	23:04:00	23:10:00	23:17:00		23:24:00	23:34:00
	22:34:30	22:40:30	22:46:30	22:52:30	22:58:30	23:04:30	23:10:30	23:17:30		23:24:30	23:34:30
구 의	22:35:30	22:41:30	22:47:30	22:53:30	22:59:30	23:05:30	23:11:30	23:18:30		23:25:30	23:35:30
	22:36:00	22:42:00	22:48:00	22:54:00	23:00:00	23:06:00	23:12:00	23:19:00		23:26:00	23:36:00
건대입구	22:38:00	22:44:00	22:50:00	22:56:00	23:02:00	23:08:00	23:14:00	23:21:00		23:28:00	23:38:00
	22:38:30	22:44:30	22:50:30	22:56:30	23:02:30	23:08:30	23:14:30	23:21:30		23:28:30	23:38:30
성 수	22:40:00	22:46:00	22:52:00	22:58:00	23:04:00	23:10:00	23:16:00	23:23:00		23:30:00	23:40:00
연결열번	**2537**	**2539**	**2541**	**2543**	**2545**	**2547**	**2549**	**2551**	**입고**	**2553**	**2555**

2) 각 역사/시간대별 수송인원 및 승하차 시간 조사/검토

가) 각 역사 / 시간대별 수송인원

■ 연간수송현황

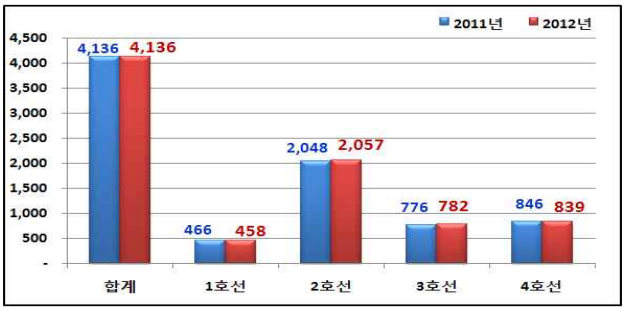
○ 수송인원 : 2011년 대비 0.3% 증가, 목표대비 2.4%(97천명/일) 초과

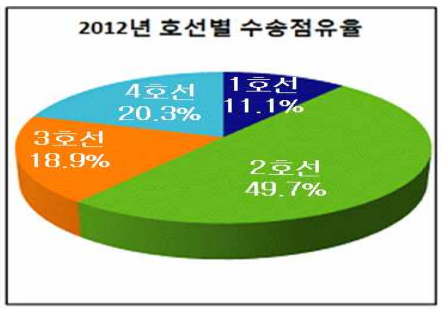
< 2012년 연간 수송인원 >

(단위: 천명/ 백만원)

구 분	2012년 실적	2011년 실적	대비 달성도	
			목 표	전 년
수송인원	1,513,665	1,509,529	102.4%	100.3%
일평균	4,136	4,136	102.4%	100.0%

■ 전년대비 호선별 수송인원





<그림 2- > 2012년 호선별 수송인원 점유율

<표> 전년대비 호선별 수소인원 및 점유율

(단위: 천명/일)

구 분	계	1호선	2호선	3호선	4호선
2012년	4,136	458	2,057	782	839
구성비	100%	11.1%	49.7%	18.9%	20.3%
2011년	4,136	466	2,048	776	846
구성비	100%	11.3%	49.5%	18.7%	20.5%
전년대비(%)	100.0%	98.4%	100.4%	100.8%	99.1%

■ 호선별 수송인원 가/감 분석

○ 1호선

* 증가 : 통합 환승센터 이용인원증가로 서울(1)역, 주변 오피스텔 등 주거 및 업무 시설 증가로 동묘앞역 이용인원 증가
* 감소 : 주변 재개발 및 행사 인원 감소로 종각역 · 종로3가(1)역, 재래시장 이용객 감소로 제기동역 · 신설동역, 역세권 재개발로 청량리역 이용인원 감소

○ 2호선

* 증가 : 주변 업무 및 상업시설 증가로 을지로3가(2)역 · 홍대입구역 · 합정역, 중림사회복지관 개관으로 충정로역, 강남지하상가 재개장으로 강남역, 주변 상권 활성화 및 업무시설 증가로 신도림역, 구로디지털단지역 이용인원 증가
* 감소 : 분당선 서울 숲 역 개통으로 뚝섬역, 가정·행정법원 이전으로 교대역 이용인원 감소

○ 3호선

* 증가 : 가로수길 상권 활성화로 신사역, 주변 고궁 등 관광객 증가로 경복궁역 · 안국역, 은평 뉴타운 입주로 구파발역, 지하상가 리모델링 후 재개장으로 고속터미널역 이용인원 증가
* 감소 : 장충체육관 리모델링 공사로 동대입구역, 고양 지축 보금자리 주택지구 공사로 지축역, 금호 옥수 주택 재개발 공사로 금호역 이용인원 감소

○ 4호선

* 증가 : 공연 관람객 및 유흥객 증가로 혜화역, 현충원 방문객 및 한강공원 이용객 증가로 동작역 이용인원 증가
* 감소 : 버스노선 축소 및 업무시설 감소로 창동역, 지하상가 리모델링으로 명동역, 재래시장방문객 감소로 회현역 이용인원 감소

■ 시간대별 수송(승하차) 인원

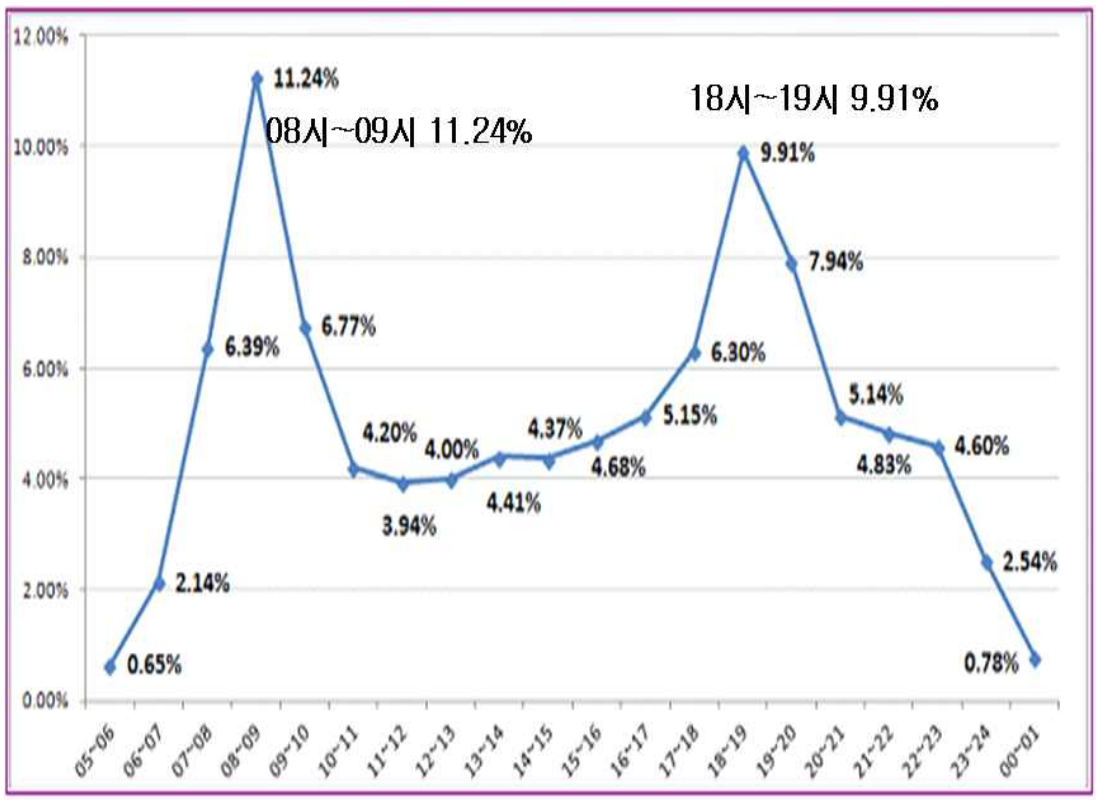
○ 호선별 수송인원

구 분	계	1호선	2호선	3호선	4호선
2012년	4,136	458	2,057	782	839
구성비	100%	11.1%	49.7%	18.9%	20.3%

○ 2012년 평일 일평균

* 출근시간대(07~09시) 이용비율은 전체의 17.63%이며, 퇴근시간대(18~20시) 이용비율은 전체의 17.84%를 차지

* 전년대비 12년 평일 수 1일 증가 및 연장운행으로 24시 이후 이용인원 2.2% 증가



< 평일 일평균 시간대별 수송인원 >

< 전년대비 수송 승하차 인원 점유율 >

구 분	2012년 평일 일평균		2011년 평일 일평균		증감인원	증감률(%)
	인원(명)	점유율(%)	인원(명)	점유율(%)		
계	6,801,782	100.0%	6,873,103	100%	△71,321	△1.0%
05:30～06:00	44,462	0.65%	44,497	0.63%	△35	△0.1%
06:00～07:00	145,847	2.14%	147,148	2.06%	△1,301	△0.9%
07:00～08:00	434,856	6.39%	444,048	6.30%	△9,192	△2.1%
08:00～09:00	764,565	11.24%	776,965	11.50%	△12,400	△1.6%
09:00～10:00	460,148	6.77%	465,152	6.71%	△5,004	△1.1%
10:00～11:00	285,980	4.20%	289,897	4.24%	△3,917	△1.4%
11:00～12:00	267,913	3.94%	271,172	3.95%	△3,259	△1.2%
12:00～13:00	272,234	4.00%	274,476	3.98%	△2,242	△0.8%
13:00～14:00	299,738	4.41%	302,662	4.42%	△2,924	△1.0%
14:00～15:00	297,379	4.37%	301,860	4.42%	△4,481	△1.5%
15:00～16:00	318,661	4.68%	324,189	4.73%	△5,528	△1.7%
16:00～17:00	350,454	5.15%	353,058	5.19%	△2,604	△0.7%
17:00～18:00	428,619	6.30%	431,825	6.30%	△3,206	△0.7%
18:00～19:00	673,936	9.91%	673,645	9.76%	291	0.0%
19:00～20:00	539,836	7.94%	546,968	8.00%	△7,132	△1.3%
20:00～21:00	349,866	5.14%	353,187	5.19%	△3,321	△0.9%
21:00～22:00	328,725	4.83%	330,641	4.76%	△1,916	△0.6%
22:00～23:00	313,178	4.60%	317,312	4.58%	△4,134	△1.3%
23:00～24:00	172,435	2.54%	172,595	2.53%	△160	△0.1%
24:00～ 영업 종료시	52,950	0.78%	51,806	0.75%	1,144	2.2%

전체	구분	05~06	06~07	07~08	08~09	09~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	15~16	16~17	17~18	18~19	19~20	20~21	21~22	22~23	23~24	24~01	계
시청(2)	승차	195	414	480	559	675	845	1,052	925	2,684	1,381	1,565	1,727	2,544	6,267	3,839	2,226	2,224	1,739	702	110	32,153
	하차	137	683	4,172	10,512	3,637	1,449	1,272	1,079	2,797	1,307	1,176	1,138	1,165	1,311	974	400	291	267	181	68	34,016
을지입구	승차	259	457	505	620	825	1,029	1,321	1,373	4,515	2,414	2,857	3,104	3,726	8,086	6,555	5,692	4,746	3,796	1,588	249	53,717
	하차	186	931	4,137	13,663	6,923	2,812	2,642	2,258	4,688	2,254	2,142	2,147	2,355	3,295	2,472	770	373	224	129	61	54,462
을지3(2)	승차	104	220	281	285	429	520	627	601	1,629	888	1,041	1,061	1,461	3,254	2,584	1,393	1,397	947	439	80	19,241
	하차	79	406	1,602	5,199	2,770	1,374	995	810	1,775	881	819	764	732	812	570	247	134	109	72	26	20,176
을지4가	승차	105	195	237	270	366	516	643	681	1,613	980	1,175	1,246	1,556	3,020	2,400	958	698	424	195	36	17,314
	하차	78	304	978	3,983	2,503	1,336	1,129	908	1,673	996	902	765	601	469	272	122	96	75	54	22	17,266
동문(2)	승차	385	405	462	558	516	537	729	747	1,824	1,103	1,475	1,750	1,745	1,905	1,544	1,232	1,151	1,139	822	194	20,223
	하차	89	417	1,011	2,733	1,418	1,265	1,166	1,140	2,297	1,360	1,237	1,147	1,108	1,461	1,856	1,370	1,021	753	447	193	23,487
신당	승차	315	496	1,166	1,605	888	625	595	587	1,397	736	803	978	1,057	1,453	1,174	760	723	515	260	42	16,175
	하차	89	365	706	1,962	1,272	792	722	701	1,508	798	830	914	878	1,313	1,226	751	661	659	424	156	16,727
상왕십리	승차	293	508	1,518	2,176	953	610	492	456	1,095	485	477	557	720	1,041	760	479	415	330	147	22	13,534
	하차	60	224	448	1,768	758	472	415	401	1,005	442	539	644	722	1,154	1,161	727	655	705	460	173	12,933
왕십리	승차	255	487	1,347	1,957	1,003	712	659	675	1,524	690	783	904	1,066	1,489	980	756	788	804	536	114	17,529
	하차	78	248	576	1,266	687	519	464	453	1,210	557	615	719	821	1,347	1,338	899	830	843	572	243	14,285
한양대	승차	166	218	398	609	468	476	669	789	1,838	1,145	1,614	2,076	2,307	1,947	1,152	1,019	1,447	1,108	572	103	20,121
	하차	65	398	1,358	4,195	3,058	2,571	1,096	1,390	2,428	983	675	611	856	1,120	791	447	380	324	223	107	23,076
뚝섬	승차	250	575	1,852	2,584	1,158	763	677	663	1,548	682	712	770	1,004	1,830	1,234	736	856	532	228	36	18,690
	하차	74	346	1,002	3,216	1,213	647	560	559	1,433	645	721	857	934	1,619	1,543	988	928	974	625	235	19,119
성수	승차	320	631	1,475	1,878	1,188	981	814	734	2,208	1,011	1,004	1,224	1,594	3,805	2,876	1,494	1,485	1,087	601	110	26,520
	하차	136	759	2,235	7,927	2,493	1,078	1,010	828	2,169	868	960	1,061	1,147	1,484	1,409	888	778	805	501	220	28,756
건대	승차	765	1,241	3,600	5,970	2,942	1,667	1,380	1,455	3,645	1,521	1,675	1,883	2,395	3,110	2,570	2,204	2,712	2,766	1,750	349	45,600
	하차	205	987	1,555	3,596	2,242	1,825	1,443	1,537	3,801	1,630	1,759	2,203	2,803	5,461	6,009	3,593	2,907	2,852	1,780	670	48,858
구의	승차	496	1,016	3,409	5,405	2,338	1,346	1,125	1,044	2,405	1,071	1,060	1,169	1,367	2,134	1,234	864	861	695	381	70	29,490
	하차	122	436	939	2,619	1,518	1,069	921	884	2,287	1,112	1,234	1,361	1,542	2,703	2,876	1,938	1,830	1,834	1,189	459	28,873
강변	승차	569	1,398	5,085	8,160	4,273	2,967	2,794	2,545	5,233	2,581	2,774	3,006	3,556	4,252	3,700	3,238	2,238	1,746	787	134	61,036
	하차	329	1,653	2,341	3,104	2,918	2,449	2,288	2,236	4,910	2,765	3,041	3,384	3,854	5,648	5,371	3,460	3,032	2,973	1,737	511	58,004
성내	승차	166	511	1,865	2,515	1,130	844	784	722	1,624	800	841	1,026	1,535	1,851	1,047	745	604	402	199	46	19,257
	하차	122	1,213	1,120	1,966	1,050	824	724	721	1,579	757	763	773	897	1,312	1,378	903	818	845	551	233	18,549
잠실	승차	758	2,115	7,403	10,583	5,541	3,467	3,086	2,909	7,352	3,432	4,074	4,223	5,051	7,438	5,938	5,153	4,037	3,405	1,618	243	87,826
	하차	374	1,660	3,472	8,034	6,119	3,177	2,937	2,831	6,637	3,081	3,318	3,719	4,578	7,544	7,228	4,332	4,001	4,040	2,579	886	80,547
신천	승차	281	525	1,832	2,797	1,240	777	707	679	1,701	705	815	1,004	1,703	1,821	1,167	924	999	1,020	715	150	21,562
	하차	134	1,156	876	1,323	1,130	766	686	649	1,575	722	779	913	1,149	2,028	2,247	1,302	988	907	596	239	20,165
종합운동	승차	127	426	1,319	1,902	1,378	815	605	631	1,908	735	1,064	993	1,015	1,490	1,035	712	1,195	880	231	25	18,486
	하차	251	667	1,258	2,120	1,115	787	558	645	1,993	737	800	1,000	1,323	1,823	1,573	851	803	843	525	155	19,827
삼성	승차	613	1,133	1,641	2,006	1,823	1,921	2,234	2,323	7,180	3,448	4,279	4,770	6,381	13,628	8,913	6,584	6,294	5,136	1,782	275	82,364
	하차	411	1,956	6,580	18,610	10,466	4,355	3,597	3,444	7,854	3,527	3,316	3,240	3,595	4,795	3,799	1,695	1,170	967	546	208	84,131
선릉	승차	596	1,293	1,904	2,445	2,168	2,221	2,467	2,426	6,523	3,084	3,808	4,051	6,806	14,123	8,700	5,211	5,080	4,340	1,641	279	79,166
	하차	404	1,822	6,567	18,519	10,549	3,709	2,807	2,515	6,133	2,718	2,660	2,732	3,056	3,530	2,879	1,585	1,219	1,086	718	313	75,521
역삼	승차	445	970	1,158	1,544	1,417	1,584	1,883	1,774	5,095	2,430	2,918	3,192	5,172	12,301	7,244	4,238	4,495	3,755	1,515	232	63,362
	하차	433	1,404	6,093	19,691	10,528	3,353	2,547	2,038	5,489	2,325	2,308	2,344	2,430	3,118	2,529	1,271	888	708	474	192	70,163
강남	승차	727	1,532	2,717	3,878	2,950	2,947	3,353	3,505	8,957	4,056	4,940	5,328	7,377	14,040	10,086	7,635	9,263	9,383	4,073	770	107,517
	하차	736	4,025	9,160	19,010	12,138	5,226	4,094	3,567	9,086	3,784	4,016	4,274	5,577	9,794	9,215	3,961	2,585	2,137	1,427	569	114,381
교대(2)	승차	287	798	1,388	1,936	1,662	1,828	1,901	1,744	4,685	2,571	3,066	3,077	3,943	7,228	3,951	2,859	3,291	3,844	1,174	215	51,448
	하차	356	1,413	4,145	8,662	7,085	3,590	2,777	2,282	5,260	2,653	2,661	2,527	2,679	3,453	2,753	1,413	1,131	1,048	651	215	56,754
서초	승차	146	404	656	954	753	643	726	671	1,784	917	1,131	1,256	1,881	4,221	1,977	1,166	1,254	1,021	358	63	21,982
	하차	149	630	1,848	5,523	3,334	1,257	905	757	2,003	876	863	814	946	1,186	893	501	402	386	261	78	23,612
방배	승차	223	610	1,590	2,258	1,433	983	905	897	2,194	1,045	1,276	1,427	1,737	3,006	1,872	1,213	1,364	1,247	467	84	25,831
	하차	168	530	1,348	3,581	2,850	1,284	970	904	2,194	980	1,045	1,173	1,545	1,892	1,716	1,073	994	998	671	231	26,147
사당(2)	승차	599	1,159	3,341	5,018	2,740	1,794	1,666	1,627	4,131	1,798	1,954	2,175	2,703	4,332	3,221	2,535	2,637	2,761	1,597	346	48,134
	하차	271	1,401	2,843	5,249	3,011	1,898	1,687	1,657	4,006	1,703	1,899	2,243	3,036	5,347	5,143	3,068	2,812	2,952	1,879	742	52,847
낙성대	승차	514	1,269	4,371	5,851	2,576	1,363	1,100	1,061	2,638	1,054	1,128	1,386	1,636	2,215	1,518	1,105	1,077	903	525	89	33,379
	하차	145	578	1,097	2,667	1,873	1,320	956	981	2,401	970	1,164	1,340	1,689	2,779	3,263	2,300	2,253	2,418	1,754	586	32,534
서울대	승차	1,320	1,895	6,465	8,221	3,910	2,179	1,875	1,896	4,566	2,028	2,134	2,535	3,062	3,901	2,602	1,958	2,049	1,984	1,078	178	55,836
	하차	235	892	1,862	4,211	3,525	2,742	1,914	2,019	4,352	1,958	2,196	2,468	3,063	5,143	5,507	3,589	3,400	3,574	2,536	898	56,084
봉천	승차	795	1,404	4,308	5,475	2,475	1,234	1,016	971	2,318	876	946	1,107	1,229	1,332	1,023	663	675	555	257	44	28,703
	하차	136	396	783	1,445	1,167	851	759	747	1,973	838	1,050	1,316	1,557	2,710	2,855	1,810	1,748	1,913	1,278	413	25,745
신림	승차	1,779	3,588	12,159	15,308	6,663	3,276	2,655	2,534	6,154	2,339	2,422	2,701	3,269	4,040	3,077	2,359	2,388	2,314	1,400	275	80,700
	하차	364	1,161	2,130	3,682	2,753	2,148	2,092	2,091	5,726	2,395	2,857	3,451	4,456	8,531	10,181	6,351	5,802	5,993	4,231	1,330	77,725
신대방	승차	774	1,287	3,756	4,754	2,375	1,159	923	874	2,037	775	761	882	1,023	1,498	1,096	781	698	562	257	48	26,320
	하차	143	410	769	1,836	1,129	802	717	699	1,916	793	975	1,197	1,449	2,729	2,832	1,850	1,850	2,229	1,392	447	26,164
구로공단	승차	1,700	2,393	6,511	7,913	4,050	2,356	2,001	1,862	4,985	1,962	2,104	2,557	2,919	6,919	5,192	3,017	2,839	2,214	1,127	187	64,808
	하차	390	1,119	3,228	11,937	5,005	2,248	1,863	1,709	4,937	2,064	2,199	2,437	3,038	5,317	5,509	3,351	3,099	3,691	2,398	772	66,311
대림	승차	1,517	1,738	4,586	5,683	2,841	1,518	1,209	1,152	2,876	1,138	1,115	1,224	1,454	2,772	1,766	1,186	1,149	884	501	101	36,410
	하차	221	642	1,226	3,509	1,625	1,223	1,108	1,062	2,754	1,176	1,434	1,685	2,064	3,813	3,775	2,412	2,333	2,994	1,736	629	37,421
신도림	승차	1,489	2,308	7,271	7,327	3,535	2,144	1,722	1,708	3,856	1,504	1,493	1,719	2,326	3,495	2,341	1,569	1,545	1,277	601	99	49,329
	하차	301	1,261	1,859	3,919	2,264	1,478	1,216	1,270	3,325	1,338	1,533	1,899	2,488	4,105	4,480	3,008	2,956	3,420	2,522	1,276	45,918
문래	승차	205	668	2,061	2,329	1,142	846	765	750	1,796	784	847	987	1,252	2,775	1,824	1,093	1,013	760	401	61	22,359
	하차	107	380	1,164	4,728	1,540	764	712	739	1,751	784	809	894	1,025	1,480	1,649	1,028	924	889	576	209	22,152
영등포구	승차	340	833	2,392	2,552	1,545	1,141	1,042	924	2,143	980	1,073	1,072	1,500	2,988	1,684	1,081	1,018	796	385	63	25,552
	하차	133	476	1,274	3,980	1,921	1,063	917	849	2,111	998	1,041	1,122	1,297	1,827	1,922	1,225	1,160	1,125	765	281	25,487
당산	승차	621	1,731	5,464	6,146	3,466	2,202	1,809	1,669	3,674	1,456	1,474	1,966	2,500	3,844	2,613	1,624	1,388	1,209	566	115	45,537
	하차	275	1,058	2,138	5,348	2,253	1,309	1,236	1,233	3,384	1,486	1,693	1,965	2,440	3,735	4,137	2,778	2,615	2,696	1,754	546	44,079
합정	승차	429	1,011	2,965	3,461	1,888	1,315	1,164	1,049	2,506	1,041	1,040	1,170	1,556	3,171	2,350	1,255	1,334	1,253	636	112	30,706
	하차	170	565	1,296	4,127	2,343	1,100	911	812	2,119	964	981	1,163	1,412	2,149	2,239	1,442	1,237	1,194	833	320	27,377
홍대	승차	631	1,279	3,865	4,838	2,454	1,860	1,637	1,595	4,256	1,796	1,977	2,254	3,101	5,175	3,549	2,723	3,375	5,253	2,414	381	54,413
	하차	312	828	1,912	6,264	4,579	2,387	1,778	1,819	4,410	1,972	2,087	2,596	3,782	5,426	5,923	3,253	2,394	2,091	1,470	616	55,899
신촌	승차	507	903	2,463	3,222	1,891	1,793	1,893	2,066	4,740	2,337	2,837	3,138	3,938	4,715	3,664	3,733	4,088	4,520	2,439	431	55,318
	하차	288	1,161	2,337	5,456	5,126	3,553	2,724	2,516	5,126	2,477	2,435	2,708	3,458	5,860	5,948	3,040	2,137	1,860	1,278	547	60,035
이대	승차	343	541	1,480	2,164	1,127	745	746	1,097	2,409	1,240	1,559	1,790	2,569	2,372	1,750	1,554	1,812	1,554	537	73	27,462
	하차	112	464	1,133	2,322	3,334	2,019	1,296	1,449	2,606	1,133	1,171	1,272	1,483	2,176	2,114	1,200	950	912	629	267	28,042
아현	승차	317	579	1,598	2,342	1,152	679	646	616	1,300	568	682	960	805	974	683	487	410	375	197	36	15,406
	하차	65	263	896	1,211	789	555	494	480	1,178	540	634	751	790	1,257	1,357	902	858	887	575	229	14,711
충정로	승차	179	368	852	1,189	687	511	555	505	1,163	516	604	756	787	2,094	1,180	636	611	596	266	32	14,087
	하차	96	318	1,344	3,515	1,448	559	477	415	1,185	460	527	590	682	918	799	508	477	482	323	130	15,253
2호선계	승차	22,905	43,532	121,196	159,247	86,034	59,739	56,652	55,512	139,709	64,103	73,377	82,181	106,328	183,352	125,665	88,850	89,723	81,831	37,965	6,702	1,684,603
	하차	9,029	38,006	94,818	248,188	145,457	76,005	61,582	58,084	139,044	62,807	65,864	72,321	86,502	134,974	133,711	78,602	67,920	68,682	45,322	16,701	1,703,619

< 2호선 본선 역/시간대별 승하차인원 실적>

3) 최소운전시격 조사/검토

가) 2호선 본선 운전 및 운행계획

■ 운행 계획

○ 운행시격 : 2.5분(정차시간 : 30초)

○ 운행시간 : 88분(외선)

■ 전동차 운용 현황

○ 보유편성 : 79편성, 예비편성 : 15편성

○ 운행편성 : 총64편성(내선 27편성, 외선 36편성, 비상대기 1편성)

○ 수송인원 : 2,005천명/일(2010년)

나) 2호선 열차(신도림~잠실)내 혼잡도 개선 속도향상 검토

■ 아침시간대(08:10 ~ 08:40) 시격:2,5분 ⇒ 2,3분 단축

○ 시격 12초 단축(2.5분 → 2.3분)

○ 2개 편성 추가 투입 운행 → 혼잡도 10% 완화

■ 혼잡도 : '10년 202% ⇒ '11년 말 196% 개선

○ 2호선 사당~방배구간 최고혼잡도 : 202%(30분 단위: 08:10~ 08:40)

○ 열차운행 효율화 : ATO 전동차 출근 시간대 집중배치(15~ 20편성)
→ 최적방안 도출 후 운행 적용

■ 혼잡역사 구조개선

○ 17역 중 7역 추진 중, 1역(강남역) 완료, 나머지 9역은 단계적 개선

○ 근본적 개선안 추진

* 열차 대피 공간 신설 및 개선 타당성 용역('12. 9 ~ '13. 4)



< 혼잡역사 17역 구조개선 >

4) 전력, 신호 궤도 등 인프라 시설 운영 현황 조사

가) 전력 인프라 시설 운영현황

■ 2호선 변전소 설치현황

○ 변전소 설치수량 및 변전소간 거리

* 변전소 수량 : 15개소(차량기지 2개소 포함)
* 변전소간 거리 : 3.08～4.98km(평균 3.7km)
  - 최장 급전구간(4.98km) : 낙성대 ⇔ 서초(ESS설치 중)
* 정류기 : 4대/변전실(1대 예비)
* 급전용 차단기 설정 : 7.5～8.5KA

○ 정류기 용량

* 외선 혼잡구간 8개소/신도림～사당～성수
* 부하전류 : 정격 8KA, 150%부하 12KA, 300%부하 24KA
* 운전조건 : 정격 연속, 150%부하 2시간, 300%부하 1분

○ 고속도 차단기

* 차단부하 설정치(급전용/54F) : 7.5～8.5KA

■ 2호선 변압기 용량 현황

< 2호선 변압기 용량현황>

(2012.10월 현재 기지포함)

종 별		용량 (변압기 1대당)	변전소 위치 및 변압기 수량															
			합계	군자	강변	성수	신천	선릉	서초	낙성대	신림	대림	영구청	합정	이대	을지3가	상왕	신정
SRTR (정류기용)	유입	4520 KVA	3															3
	몰드	4520 KVA	54	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	
DTR (고배용)	유입	4000 KVA	2															2
	몰드	5000 KVA	13				2	1	2	1				1	2	2	2	
		4000 KVA	8	2	1						1	2	1	1				

■ 전차선로 규격(단면적)

○ 강체 구간

* 전차선 110[㎟], 정 급전선 400[㎟], 부 급전선 500[㎟],

○ 카테나리 구간

* 전차선 170[㎟], 정 급전선 400[㎟], 부 급전선 500[㎟],



< 2호선 변전실 설치 현황 >

■ 서울메트로 2호선 급행열차 운영시스템 도입 시 전기 분야 검토사항

○ 개 요

도시철도의 급행운전은 운송시간 단축효과가 있어 여객운송 서비스의 질을 높일 수 있는 방법이다. 이에 도시철도에 급행운전을 도입하는 방안이 검토되고 있다. 기존 운영시스템에 급행열차를 추가시켜 운영한다는 것은 전력분야 측면에서 보았을 때 열차부하의 증가를 의미한다. 따라서 본 논문은 서울메트로 2호선에 급행운영 시스템 도입 시 열차부하 증가에 따른 설비용량 적정성 검토사항을 전차선로 및 변전 시스템으로 나누어 기술하였다

○ 2분 시격 운행 시뮬레이션

급행열차의 추가는 열차부하의 증가를 의미하므로 서울메트로 2호선 혼잡시간대 2분 시격 운행에 따른 열차운행 편성 증가와 유사한 상황

이라 판단된다. 따라서 2분 시격 운행에 따른 시뮬레이션 실시 결과와 비교 검토하였다.

○ 시험조건

a. 시 험 명 : 2호선 주행곡선(런-커브)를 이용하여 ATO 2분 시격 시뮬레이션
b. 시험노선 : 서울메트로 2호선
c. 시 간 대 : 08:00~09:00 러시아워
d. 차량조건 : 전차량 VVVF
e. 운전시격 : 2분
f. 승 차 율 : 250%

■ 정류기 용량 검토

○ 정류기 설비현황

2호선의 변전소는 을지로3가, 상왕십리, 성수, 강변 등 총 13개소이며 (차량기지 미포함), 각 변전소별 정류기 설비현황은 Table 1과 같다. 정류기 과부하 정격은 IEC-Class VI 100% 연속, 150% 2시간, 300% 1분간 이다.

< 서울메트로 2호선 변전소별 정류기 현황 >

성수	4,000KW × 3	8%
강변	4,000KW × 3	8%
신천	4,000KW × 3	8%
선릉	4,000KW × 3	8%
서초	4,000KW × 3	8%
낙성대	4,000KW × 3	8%
신림	4,000KW × 3	8%
대림	4,000KW × 3	8%
영등포구청	4,000KW × 3	8%
합정	4,000KW × 3	8%

○ 정류기설비용량 적정성 검토

표는 서울메트로 2호선 열차혼잡 시간대인 08:00~09:00 사이 정류기 소비전력을 추출한 시뮬레이션 결과이다. [2]

< 서울메트로 2호선 혼잡시간대 정류기 소비전력 >

변전소명	RMS전력	최대전력	판정
을지로3가	14,466KW	25,208KW	양호
상왕십리	14,628KW	21,903KW	양호
성수	14,463KW	20,283KW	양호
강변	14,700KW	24,331KW	양호
신천	15,622KW	27,130	양호
선릉	17,049KW	28,594	양호
서초	16,541KW	26,956	양호
낙성대	13,583KW	23,776	양호
신림	13,116KW	25,124	양호
대림	12,694KW	20,675	양호
영등포구청	14,250KW	24,261	양호
합정	10,189KW	14,713	양호
이대	15,101KW	30,171	양호

상기의 결과에 의해 2분 시격 운행 시 정류기 설비용량은 열차 정격용량 및 과부하정격용량 이하이기 때문에 현재의 정류기 설비용량으로서 문제없다고 판단할 수 있다. [2] 판정치는 과부하정격150% 시 2시간 = 18,000KW / 300%시 1분간 = 36,000KW 이다. 급행열차의 도입 시 열차부하의 용량이 증가된다. 2분 시격 운행과 그 가혹성 여부를 비교하여 정류기 설비용량 적정성을 판단하여야 한다. 그러나 새로 도입되는 열차의 사양이 정확히 나와 있지 않은 상황이므로 이에 대한 data 값의 변화에 따라 현재 설비용량의 적정성 여부는 달라질 것으로 판단된다.

○ 전차선 설비용량 적정성 검토

표는 서울메트로 2호선 열차혼잡 시간대인 08:00~09:00 사이 변전소 급전전류 Peak 값을 추출한 시뮬레이션 결과이다. [2]

< 서울메트로 2호선 혼잡시간대 변전소 급전전류 Peak >

변전소명	54F1	54F2	54F3	54F4	판정
을지로3가	3,890	3,966	3,790	4,230	운전가능
상왕십리	4,095	4,915	3,381	3,433	운전가능
성수	3,905	3,024	3,217	3,536	운전가능
강변	2,174	2,055	2,805	2,464	양호
신천	4,119	3,648	2,062	3,484	운전가능
선릉	2,425	2,812	4,251	4,828	운전가능
서초	3,959	4,168	3,867	4,207	운전가능
낙성대	3,864	4,623	3,139	2,502	운전가능
신림	3,361	3,170	3,608	4,003	운전가능
대림	2,661	3,409	3,334	2,858	운전가능
영등포구청	3,759	3,131	2,715	4,375	운전가능
합정	3,066	4,123	3,367	2,713	운전가능
이대	2,607	3,127	3,468	2,449	운전가능

상기의 결과에 의해 2분 시격 운행 시 직류고속도급전차단기인 HSCB 과전류 Release Pick Up 값이8,500A임을 고려하면 설비 측면에서는 운전상 문제는 없다고 판단된다. [2] 급행열차의 도입 시 열차부하의 용량이 증가되어 급전전류의 증가가 예상된다. 2분 시격 운행과 그 가혹성 여부를 비교하여 급전설비 용량 적정성을 판단하여야 한다. 그러나 도입되는 열차의 사양이 정확히 나와 있지 않은 상황이므로 이에 대한 data 값의 변화에 따라 현재 급전 설비용량의 적정성 여부는 달라질 것으로 판단된다.

나) 신호인프라 시설 운영 현황

■ 일반 설비현황

구분		서울메트로				대구도시철도공사	
		1호선	2호선	3호선	4호선	1호선	2호선
제어방식		ATS	ATS, ATC	ATC	ATC	ATC	ATC
신호방식		지상	지상, 차상	차상	차상	차상	차상
정위치정차		수동	수동, 자동	수동	수동	자동	자동
출입문개폐		수동	수동, 자동	수동	수동	자동	자동
차상속도제어		수동	수동, 자동	수동	수동	자동감・가속	자동감・가속
제 작 사		일본 경삼信號・대동信號 SIEMENS(2호선)		미국 US&S		미국 GRS	프랑스 ALSTOM
연동장치		계전	계전, 전자	계전, 전자	계전, 전자	전자연동	전자연동
ATO기능		불가	가능	불가	불가	가능	가능
신호취급실		모자이크패널 및 진로 정자식, 컴퓨터		모자이크패널 및 진로 선별식 컴퓨터		컴퓨터	컴퓨터
제동방식		다단제동	일단제동	다단제동	다단제동	다단제동	다단제동
궤도회로	방식	무절연	무절연	무절연	무절연	무절연	무절연
	종류	AF	AF	AF	AF	AF	AF
TWC	전송매체	・	Loop	・	・	Loop	DTC
	전송방식	・	단방향 차량→관제	・	・	양방향 차량 ↔ 현장	양방향 차량 ↔ 현장
관제 데이터 전송방식		실선제어・모뎀통신 또는 직렬통신 422				직렬통신 422	직렬통신 422
전원장치		UPS・정류기					

■ 서울메트로 신호기장치

○ 입환 신호기

< 입환 신호기 >

항 목	규 격
정격전압	AC75[V]
신호전구 정격전압	10[V] 25[W]
렌즈 확산각도	중심선상 3°이상
가시거리	600[m]이상
접점용량	DC60[V] 200[mA]
내측 초점거리	적,황,녹색 각각 90[mm], 외경 140[mm]
외측 초점거리	무색초점거리 95[mm], 외경 162[mm]
초점거리 허용오차	±2.5%
사 진	

< 다 진로 표시등>

항 목	규 격
표시문자	숫자 0~99(2DIGIT), 문자 A~Z(1DIGT)
정격전압	AC110/220[V], 60[Hz]
출력전압	DC5[V], 15[A]
C P U	16C57또는 동등이상
데이터 진로수	46진로 이상
사 진	

< 표지 류 >

항 목	규 격
모 양	원, 사각, 다각형
크 기	가로:220[mm],250[mm], 높이:220[mm]
바탕색(반사재)	백색, 흑색
문자색(반사재)	백색, 흑색
건식높이	레일 면에서 1,500[mm}이상
테두리색(반사재)	황색
사 진	

○ AF궤도회로장치

< AF궤도회로 >

항 목	규 격
전 원	DC24[V]
송신출력	25Wrms
송신출력 임피던스	0.13[Ω]~0.8[Ω]
차상신호 주파수	990[Hz]±10[Hz]
지시속도 코드비	3.2[Hz]±2%,5.0[Hz]±2% 6.6[Hz]±2%,8.6[Hz]±2%, 10.8[Hz]±2%, 13.6[Hz]±2%, 16.8[Hz]±2%
궤도회로 주파수	F1:1590±10[Hz], F2:2670±10[Hz], F3:3870±10[Hz], F4:5190±10[Hz]
수신기 대역폭	반송주파수: 최대 70[Hz]
단락감도	0.06[Ω]이하
궤도회로 길이	최대366[m]
사 진	

< AF궤도회로 임피던스본드 >

항 목	규 격
방 식	공냉식
1차 COIL 저항전압	0.0005[V] (DC20[V]인가 시)
1차 COIL 인덕턴스	12.4[mH]~0.1[mH](1차COIL개방 인가전압1[V], 주파수 1[kHz]일 때)
2차 COIL Q값	22±2
2차 COIL 내압	3,000[VAC]로 5초간 견딜 것
2차 COIL 절연저항	5[㏁]이상
용 량	3,000[A]
사용주하수	F1, F2, F3, F4
사 진	

< 레일 본드 >

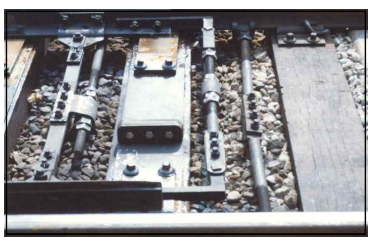
항 목	규 격
인장강도	1,200kgf(N)이상
도전율	98%이상
꼬임	S꼬임
최 외층 피치	총 지름의 20배 이하
사 진	

○ 선로전환기장치

< 선로전환기 >

항 목	규 격
정격전압	모터:AC105[V] 60[Hz], 제어계전기:DC24[V] 120[mA]
동작 간	NS-C형: 185[mm], NS-AM형:220[mm]
쇄정 간	NS-C형: 130~185[mm], NS-AM형:130~240[mm]
동정	NS-C형: 130~185[mm], NS-AM형:140~210[mm]
최대 전환력	NS-C형: 300[kgf], NS-AM형:400[kgf]
기동전류	NS-C형: 10~16[A], NS-AM형:10~16[A]
운전전류	NS-C형: 7.5[A]이하, NS-AM형:8.5[A]이하
슬립전류	NS-C형: 8.5[A]이하, NS-AM형:15[A]이하
슬립 토오크	200[kgf-cm]
전환시간	NS-C형: 6초 이하, NS-AM형:7초 이하
제어계전기 COIL저항	200[Ω]
접점수	회로제어기: N4R4 제어계전기:NR4
제어계전기 접점재질	Ag-Ag
사 진	

< 선로전환기 간 및 체결장치 >

항 목	규 격
재질	알루미늄합금 주물(AC 3A), 압연강재(SS 41), 구상흑연주철(GCD 450), 기계구조용 탄소강재(SM 45C), 니켈크롬 강재(SNCM 415) 또는 몰리브덴 강재(SNCM 21), 회주철품(GC 200),
가공방법	주물, 단조
사 진	

다) 궤도/토목 인프라 시설 운영 현황

■ 서울메트로 시설현황

○ 1,2,3,4호선 총 연장 및 정거장 현황

* 총연장 146.8[km], 정거장 수 120개역,
* 승강장 형식 : 상대식 82개역, 섬식 38개역, 터널형 승강장 8개
* 승강장 형태 : 곡선승강장 59역, 직선승강장 61역

○ 2호선 연장 및 정거장 현황

* 2호선 연장 62.2[km], 정거장 수 50개역,
* 승강장 형식 : 상대식 40개역, 섬식 10개역, 터널형 승강장 1개(포함)

■ 구조물 현황 및 연장

< 2호선 구조물 현황 및 연장 >

구 분		단위	계 (1~4호선)	2호선
계		m	146,816	62,150
지상	소 계	m	6,622	3,837
	지 상	m	2,927	2,285
	U-Type	m	2,544	1,108
	옹 벽	m	1,151	444
지하	소 계	m	115,144	43,062
	Box	m	83,233	34,900
	Tunnel	m	31,911	8,162
고가	소 계	m	25,050	15,251
	고 가	m	19,137	12,063
	교 량	m	5,913	3,188

■ 1~4호선 형식별 구조물 현황

○ 2호선 형식별 구조물 현황

< 형식별 구조물 현황 >

(단위:㎞)

호선	구 간	계	단선Box	복선Box	단선 Tunnel	복선 Tunnel
계(1~4호선)		111.609 (100%)	3.119 (2.79%)	78.808 (70.61%)	16.211 (14.53%)	13.471 (12.07%)
2	시청~시청 신도림~까치산 성수~신설동	43.062	1.048	33.845	2.552	5.617

■ 지하구조물 현황

○ 총 괄

< 지하 구조물 현황 >

(단위:m)

호선	연장	본선					정거장		
		지상	옹벽	U-Type	Box	터널	지상	Box	터널
계	121,766	2,927	1,151	2,544	64,058	30,488	-	19,175	1,423
1	9,891	642	-	571	6,601	-	-	2,077	-
2	46,899	2,285	444	1,108	27,515	7,957	-	7,385	205
3	38,543	-	326	552	15,389	15,673	-	6,102	501
4	26,433	-	381	313	14,553	6,858	-	3,611	717

○ 2호선 터널 구조물 현황

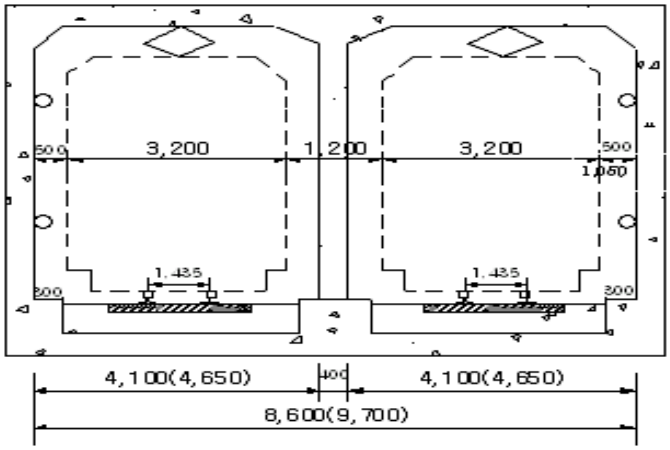
호선	구간	선별	구조형식	STA No.	연장	구조형태	type
합계	합계				0,247		
2	왕십리~한양대	본선	대단면터널	5K672~5K880	208	ASSM	E
		본선	대단면터널	6K080~6K365	285	ASSM	E
2	선릉~역삼	본선	대단면터널	20K254~20K730	476	ASSM	E
2	서초~방배	본선	대단면터널	24K634~25K035	401	ASSM	E
2	방배~사당	본선	대단면터널	25K480~25K926	446	ASSM	E
2	사당~낙성대	본선	대단면터널	27K429~28K260	831	ASSM	E
2	신촌~이대입구	본선	복선터널	45K377~45K640	263	ASSM	E
2	이대입구~아현	본선	단선터널	45K845~46K557.5	712.5	ASSM	D
2	아현~충정로	본선	단선터널	46K762.5~46K770	7.5	ASSM	D
		본선	단선터널	46K770~47K355	585	ASSM	D
2	충정로~시청	본선	단선터널	47K560~48K003	443	ASSM	D
		본선	단선터널	48K023~48K417.5	394.5	ASSM	D
2	신도림~도림천	신지	단선터널	00K740~00K869.5	129.5	NATM	A
2	도림천~양천구청	신지	단선터널	02K153~02K228.4	75.4	NATM	A
2	신정네거리	신지	대단면터널	03K714~04K986.9	1272.9	NATM	B
2	신정네~까치산	신지	대단면터널	05K260~06K523	1263	NATM	B
2	까치산유치선	신지	대단면터널	06K642~06K805.7	163.7	NATM	B

◎ 범례 : NATM 단선(A), 복선(B), 유치선(C), ASSM 단선(D), 복선(E)

- 재래식터널공법 : ASSM, NATM

■ 1~4호선 대피 여유공간 현황

○ Box Tunnel

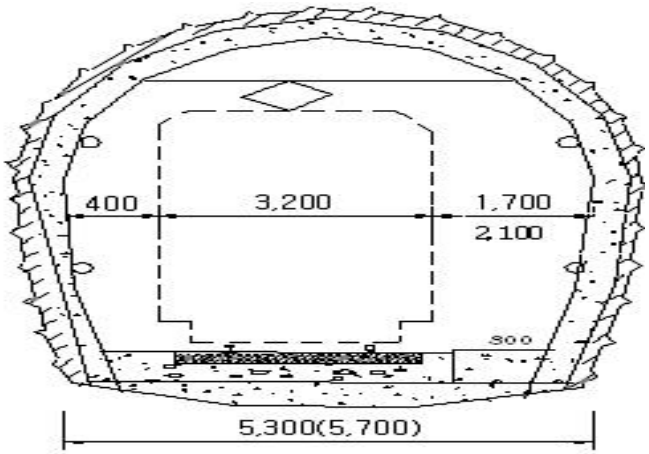


○ 1~4호선
- 중앙(기둥) : B=1,200㎜
- 좌, 우벽측 : B=500㎜

※ 1호선 시청~종각역
(R=140, L=250m)
- 좌, 우벽측 : B=1,050㎜

< Box Tunnel 대피 여유 공간 >

○ 단선 Tunnel



○ 2~4호선
- 좌측벽 : B=400㎜
- 우측벽 : B=1,700㎜

※ 2호선 충정로~아현역
(R=250, L=750m)
※ 3호선 안국~종로3가역
(R=200, L=370m)
※ 4호선 회현~서울역
(R=250, L=300m)
- 우측벽부는 B=2,100㎜

< 단선 Tunnel 대피 여유 공간 >

○ 복선 Tunnel
* 2,3,4호선 중앙 : B=1,200㎜, 좌·우 벽측 B=1,850㎜
* 대단면 중앙 : B=1,200㎜, 좌·우 벽측 B=2,050㎜

다. 서울메트로 2호선 급행관련 검토결과

1) 2호선 운행현황

■ 현재 2호선 1순환 시 역간 순수 운전시간은 총 65분으로 계획되어 있으며 운행 실적도 적정하게 나타남

■ 출근시간대 강남구간 외선(신도림⇒잠실역간)의 평균 정차시간은 53초로 운행계획대비 23초 초과되고 있음('13. 3월 기준)

■ 출근시간대 강남구간 외선(신도림⇒잠실역간)의 시간당 통과횟수는 (사당역 기준) 평균 21.5회 (계획 24회)

2) 급행 정차역 선정

■ 역별 출·퇴근시간대 및 내·외선의 열차 내 혼잡도가 상이하며 내선의 경우 외선과 달리 출근시간대 강변~선릉까지의 혼잡도가 가장 높은 관계로 내선과 외선의 동일한 급행 정차역 선정에는 문제가 있어 보임

예) 내선의 경우 구의역 보다는 환승역이면서 혼잡도가 비슷한 건대입구역으로 선정하는 것이 합리적임

3) 차량성능에 따른 급행열차 운영

■ 일반열차는 고성능 차량으로, 급행열차는 기존 전동차를 이용하여 1:1 비율로 운행할 경우 차량성능의 차이로 영업종료 후 입고까지 급행은 급행열차로 일반은 일반열차로만 운행해야 되며 한 유형의 열차가 입고나 출고되면 연속 2편성은 같은 유형으로 일정한 시간동안 운행하는 상황이 발생됩니다. 이때 이용고객은 승하차 역에 따라 불편이 발생되고 특히 회차역이 없는 2호선의 운행특성상 이러한 불편은 불가피하며 급행열차와 일반열차의 일정한 간격으로 운행하기 위한 열차운행계획 수립 및 운행에도 어려움이 있을 것으로 사료됨.

예) 9호선의 경우 급행열차의 일정한 운행간격을 유지하기 위하여 회차역에서 일반열차는 급행으로 급행열차는 일반으로 변경하여 출발하고 있음.

4) 운행특성비교 요약

■ 정차시간

일반열차(고성능) 정차시간 25초, 급행열차(기존) 정차시간 30초로 계획되어 있는데 위의 운행현황에서 언급된바와 같이 강남구간의 평균 정차시분이 53초임을 감안하면 일반열차 69분 및 급행 62분의 운행시간은 부족 할 것으로 사료됨

5) 완·급행 차량 운행패턴 검토

■ 열차의 혼잡도 완화는 흔히 열차 이용 시 승객집중을 분산하거나 일부 혼잡역에 운행되는 열차가 일정한 간격으로 최대한 많이 통과되어야만 가능한데 대피역 없이 신도림~잠실 구간 중 11개역을 급행과 일반열차가 동일하게 정차할 경우 이용 선호도가 높은 급행열차 이용을 위한 승강장 대기인원 증가로 승강장 및 차내 혼잡도는 현재 196% 보다도 상승 될 것으로 예상됨

예) 9호선의 경우 출근시간대 급행열차의 최고혼잡도는 210%이며 일반열차의 혼잡도 120%로 나타남.

라. 인천교통공사 자료

1) 인천1호선 운영현황

구 분		운 행 계 획	비 고
운행구간		계양역 ~ 국제업무지구역	
영업거리		29.4km	
영업시간		05:30 ~ 익일 01:01	19시간 31분
운전시분		54분	
역 수		29개역	
표정속도		32.6km/h	
평균속도		43.5km/h	
운행간격	평일	출근시간 : 4.5분, 퇴근시간 : 6분, 평상시간 : 8.5분	
	휴일	주간시간 : 8.5분	
운행편성	보유	34편성(272량, 8량×34편성)	
	운행	27편성(216량, 8량×27편성)	
	예비	7편성(56량, 8량×7편성)	
운행횟수	평일	312회 (상선:156, 하선:156회)	
	휴일	272회 (상선:136, 하선:136회)	
운행거리 (회송포함)	평일	8,989.2km(9,064.0km)	평249일 휴116일
	휴일	7,856.4km(7,896.4km)	
주 박 열 차		국제업무지구4, 동막1, 예술회관1, 신연수1, 계양4	총 11개 편성
시간당 수송능력		37,830명(상·하선 방향별 18,915명)	1편성 : 970명(100%) 혼잡율 : 150% 운행회수:13회(4.5분간격)
환 승 역		◦ 경 인 선 환승 : 부 평 역 ◦ 공항철도 환승 : 계 양 역 ◦ 수 인 선 환승 : 원인재역 ◦ 서울7호선 환승 : 부평구청역	

전국도철

① 노선 정보

노선명	운행 거리	역	운행 시간	최고 속도	정차 시간	시격	주요역 (환승역, 다수 이용역)
인천1호선	29.4㎞	29개 역	54분	80㎞/h	30초	R.H : 4.5분 N.H : 8.5분	환승역 (계양, 부평, 원인재)

② 열차(전동차 운용) 다이아

역명A~역명B	역간거리	DIA(수량)	편성 (6량1편성 등)
계양역 ~ 국제업무지구역	29.4㎞(0.8㎞ ~ 1.5㎞/1개 역당)	33개 다이아	34편성 보유 (8량 1편성)

③ 노선 속도 제한

사유 및 장소	속도 제한
- 사 유 : 7호선 연장공사(온수~부평구청) - 장 소 : 부평시장 ~ 부평구청(9km600~9km692) - 기 간 : '2009. 1. 28 ~ 2012. 3. 15	20km/h
- 2012. 3. 16 열차속도제한운행 해제 (20km/h → 70km/h) 조정	70km/h
- 1호선 구간별(계양~국제업무지구간) 선로속도제한은 궤도별 여건 등에 따라 제한속도가 다름 ※ 참고 : 구간별 선로제한속도	최저 : 30km/h 최고 : 70km/h

※ 담당자 : 인천교통공사 전기차량승무팀 이봉수 (Tel : 032-451-2288, 010-9256-1885)

가) 열차운행 계획

구 분	내 용	비 고
운행구간	계양 ~ 국제업무지구	
영업거리	29.4km	
소요시간	54분	최고속도 : 80km/h
운행회수	평일 : 312회	
	휴일 : 272회	
운행거리 (영업운행)	평일 : 8,989.2km	
	휴일 : 7,856.4km	-
운행간격	RH : 출근 4.5분, 퇴근 6.0분 NH : 8.5분	-
운행편성	**27편성, 예비 7편성**	(보유 : 34편성)

나) 전동차 운용 계획

구 분	운 용 편 성 수
보유편성	34편성(272량)
운용편성	27편성(퇴근시간대 21편성, 평시 15편성, 토·휴일 16편성)
비상대기	1편성(예술회관), 1편성(차량기지 구내)
예비	5편성(중정비 등 2편성, 예비편성 3편성)

다) 환승역 열차 운행시각

구 분		계양역 (환승역)	부평역 (환승역)	원인재역 (환승역)
인천교통공사	상 행	-	00:41	00:22
	하 행	00:30	00:39	00:46

라) 행선지별 열차운행 계획

운행구간	구간거리(km)	평 일				휴 일				비고
		운행횟수(회)			영업거리(km)	운행횟수(회)			영업거리(km)	
		하행	상행	합계		하행	상행	합계		
계		**156**	**156**	**312**	**8,989.2**	**136**	**136**	**272**	**7,856.4**	
계양 ↔ 국제업무	29.4	133	131	264	7,761.6	121	121	242	7,114.8	
계양 ↔ 예술회관	16.4	1	1	2	32.8	1	1	2	32.8	
계양 ↔ 동막	22.9	1	1	2	45.8	1	1	2	45.8	
박촌 ↔ 국제업무	27.0	19	22	41	1,107.0	11	12	23	621.0	
작전 ↔ 국제업무	23.0	1	0	1	23.0	1	0	1	23.0	
국제업무 ↔ 신연수	9.5	1	1	2	19.0	1	1	2	19.0	

마) 첫차 · 막차 운행시각

■ 영업시간 : 05:30 ~ 익일 01:01(19시간 31분)

■ 첫차 · 막차운행 시각

구 분		선별	열차번호	시발역		종착역	
				역명	시각	역명	시각
첫차	평일	하행	1005	박촌	05:30:00	국제업무	06:18:00
		상행	1006	국제업무	05:30:00	계양	06:24:00
	휴일	하행	1005	박촌	05:30:00	국제업무	06:18:00
		상행	1006	국제업무	05:30:00	계양	06:24:00
막차	평일	하행	1307	계양	00:07:00	국제업무	01:01:00
			1309	계양	00:30:30	예술회관	01:01:00
		상행	1310	국제업무	00:07:00	계양	01:01:00
	휴일	하행	1267	계양	00:07:00	국제업무	01:01:00
			1271	계양	00:30:30	예술회관	01:01:00
		상행	1270	국제업무	00:07:00	계양	01:01:00

바) 구간별 선로제한속도

하 선	궤도별 S / O	비고	상 선	궤도별 S / O	비고
계양	102BT (80) → 30		계양	103A, 104B (80) → 25	
	1008T (80) → 40		박촌 → 귤현	104T (80) → 50 1031T (80) → 50	
박촌 → 임학	1038, 1040T (80) → 70		임학 → 박촌	1039, 1041, 1043, 1045T (80) → 70	
임학 → 계산	1052, 1054T (80) → 70		계산 → 임학	1055, 1057T (80) → 70	
경인교대 → 작전	1070, 1072T (80) → 70		작전 → 경인교대	1071,101B,1073,1075,103AT (80) → 70	
작전 → 갈산	1084T (80) → 70		부평구청 → 갈산	1093, 1095, 1097T (80) → 70	
갈산 → 부평구청	1090, 1092, 1094, 1096T (80) → 70		부평시장 → 부평구청	1105, 1107, 1109T (80) → 70 1103T (80) → 70	공사완료 (2012.3.16)
부평구청 → 부평시장	1102, 1104, 1106T (80) → 70 1100T (80) → 70	(2012.3.16)	부평 → 부평시장	1117, 1119, 1121T (80) → 70	
부평시장 → 부평	1116, 1118T (80) → 70		부평삼거리 → 동수	1139T (80) → 70	
부평 → 동수			동수 → 부평	1129T (45) → 55	
부평삼거리 → 간석오거	1144, 1146T (80) → 70		간석오거리 → 부평삼	1143, 1145, 1147, 1149T, 1151, 1153T (80) → 70	
간석오거리 → 인천시청	1154, 1156T (55) → 50 1162T (80) → 45		인천시청 → 간석오거	1157, 1159T (55) → 45 1165T (80) → 50	
인천시청 → 예술회관	1168, 101T, 1170, 104BT (80) → 70		예술회관 → 인천시청	1169, 1171, 1173, 102AT (80) → 70	
예술회관 → 터미널	1178, 1180T (80) → 70		터미널 → 예술회관	1179, 1181T (80) → 70	
인천터미널 → 문학	1186, 1188T (80) → 70		문학 → 터미널	1187, 1189T (80) → 70	
문학 → 선학	1194, 1196T (80) → 70		선학 → 문학	1195, 1197T (80) → 70	
선학 → 신연수	1202, 1204, 1206T (80) → 70		신연수 → 선학	1203, 1205, 1207, 1209, 1211T (80) → 70	
신연수 → 원인재	1214, 1216, 103A, 1218T (80) → 70		원인재 → 신연수	1217, 1219, 101T (80) → 70	
원인재 → 동춘	1224, 1226, 1228T (80) → 70		동춘 → 원인재	1225, 1227, 1229, 1231, 1233T (80) → 70	
동춘 → 동막	1236, 1238T, (80) → 60		동막 → 동춘	1239, 1241, 1243T (80) → 70 1245, 102B, 101T (80) → 60	
동막 → 캠퍼스타운	1254T (70) → 60		캠퍼스타운 → 동막	104BT, 103AT, 1249T, 1247T (80) → 60	

2) 최소운전시격 검토

가) 운전시분

구분 / 구간	구간키로	최고속도	운전시분	비 고
계양→동막	29k441m	80km/h	54분	

나) 운행편성 및 소요편성

■ 운행편성 $= \frac{(\text{운전시분} + \text{회차반복시간}) \times 2}{\text{운전시격}}$

$= \frac{(54+6) \times 2}{2.5} = 48$

= 48편성

■ 소요편성 $= \frac{(\text{운전시분} + \text{회차반복시간}) \times 2}{\text{운전시격}} \times$ 예비율(12%)

$= \frac{(54+6) \times 2}{2.5} \times 1.12$

= 53.76

= 54편성

다) 본선열차 운행 간격

■ 계양~국제업무지구간 29개역

■ 운행편성 48편성

※ 상·하선 각각 1.20역당 1개 열차 운행(회차역 2개 열차)

라) 배선

■ 계양역 : 2선 2승강장으로서 4.0분 운전시격이 가능 함

※ 계양역 선로를 일부 변경하면 2.5분 운전시격 가능 함

■ 국제업무지구역 : 3선 2승강장으로서 2.5분 운전시격이 가능 함

■ 동막역 : 3선 2승강장으로서 2.5분 운전시격이 가능 함

마) 최소운전시격

- 본선 구간 열차 운전시격

Lx = L1 + L2 + L3

$L1 = \frac{Vmax}{3.6} \times t$

$L2 = \frac{V^2 max}{7.2\beta}$

L3 = 20m

L = 18m

$Hw = 3.6 \times \frac{Lx + L}{Vn} (\sec)$

$Lx = \frac{82}{3.6} \times 3 + \frac{82^2}{7.2 \times 3.5} + 20 = 355$

$Hw = 3.6 \times \frac{355 + 180}{50} (\sec)$

= 38.52 sec

Lx : 열차간격(m)
L1 : 공주거리(m)
L2 : 실 제동거리(m)
L3 : 여유거리(m) : 20m
L : 열차장 : 180m
Hw : 최소운전시격(sec)
Vn : 역간 열차속도(km/h) 50km/h
β : 상용 감속도(3.5km/h/s)
Vmax : 열차최고속도 + 속도오차
t : 공주시분(sec) : 3초
속도오차 : 2km/h

※ 본선구간에서 가능한 운전시격 Headway는 최소운전시격 2분을 만족함

- 역구내 부근 열차 운전시격

$Hs = 3.6 \times \frac{Ls}{Va} + Ts + Ta$

$Ls = \frac{82}{3.6} \times 3 + \frac{82^2}{7.2 \times 3.5} + 20 = 355$

$Hs = 3.6 \times \frac{355}{45} (\sec) + 30 + 35$

= 93.4 sec

Ls : 열차간격(m)
L1 : 공주거리(m)
L2 : 실 제동거리(m)
L3 : 여유거리(m) : 20m
L : 열차장 : 180m
Hs : 최소운전시격(sec)
Va : 최고속도에서 정차하기까지의 평균속도(45km/h)
β : 상용 감속도(3.5km/h/s)
Vmax : 열차최고속도 + 속도오차
t : 공주시분(sec) : 3초
Ts : 역 정차시분 : 30초
Ta : 발차후 홈 궤도회로에 진행신호 현시까지 시간 약35초
속도오차 : 2km/h

※ 역구내에서 최소운전시격 93.4초로 최소운전시격 2분을 만족함

3) 대피역 선정관련 자료

가) 동막역

■ 상선 : 기존 상부본선을 활용한 열차 대피

■ 하선 : 대피역 신설

■ 공사가능 여부 : 공사 가능

나) 인천터미널역

■ 상선 : 대피역 신설

■ 하선 : 대피역 신설

■ 문제점

○ 상습 교통체증구간

○ 하수 박스 이설

○ 집수정 박스 이설

○ 역사 환기구 이설

○ 상·하선 출입계단 이설

○ 지하심도 : 17m~18m

○ 공사가능 여부 : 공사 가능

다) 예술회관역

■ 예술회관역사에는 롯데백화점 등 고층건물과 예술회관공연장 등의 사유지 침범에 따라 대피선 신설 불가

라) 예술회관역 → 시청역 간

■ 상선 : 예술회관역과 시청 간 대피선 신설

■ 하선 : 기존 유치선 활용

■ 지하심도 : 25m

■ 공사가능 여부 : 공사 가능

마) 시청역 ~ 간석오거리역 ~ 부평삼거리역 ~ 동수역 ~ 부평역 ~ 부평시장역간은 터널구간으로서 역사 대피선 및 역간 대피선 신설 불가

바) 부평구청역

■ 부평구청역은 7호선 연장 및 굴포천 하수박스, 사유지 침범 등에 따라 대피선 신설 불가

■ 문제점
○ 7호선 연장구간
○ 7호선 출구박스 이설
○ 굴포천 하수박스
○ 사유지 침범 등

사) 갈산역 사유지 부평호텔 및 우림라이온스벨리 등의 사유지 침범으로 대피선 신설 불가

아) 작전역사 섬식 승강장으로서 대피선 신설시 상·하선 모두 승강장과 대피선을 신설해야 하는 등 대피선 신설 불가 함. 또한 상·하선 각 11m 이상의 여유구간이 필요함에 따라 대피역 신설 불가 함.

자) 갈산역 ↔ 작전역 간
■ 상선 : 갈산역 → 작전역간 대피선 신설 가능
■ 하선 : 작전역 → 갈산역간 대피선 신설 가능
■ 대피선 신설시 약 330m~350m 직선구간 필요

차) 교대역사는 주변 사유지 침범 및 터널구간으로서 대피선 신설 불가하며, 또한 교대역 ~ 작전역 간 하선은 대피선 신설이 가능하나, 상선은 사유지 침범에 따라 대피선 신설 불가 함.

카) 계산역역사는 주변 사유지 침범 및 터널구간으로서 대피선 신설 불가하며, 또한 계산역 ~ 교대역 구간은 터널구간으로서 대피선 신설 불가 함.

타) 계산역 ↔ 박촌역 간은 곡선 및 사유지 침범에 따라 대피선 신설 불가 함.
■ 역간 대피선 신설시 약 330m~350m 직선구간 필요함에 따라 계산역 ~ 임학역 간 대피선 신설이 불가함.
■ 계산역과 임학역 간 하선은 대피선 신설이 가능하며, 상선은 계산 주공아파트 앞 상가의 사유지 침범에 따라 대피선 신설이 불가 함. 그러므로 역사 대피선 및 역간 대피선 신설 가능역은 다음과 같습니다.

파) 역사 대피선 : 동막역(하선), 인천터미널역(상·하선)

하) 역간 대피선

■ 갈산 ↔ 작전역 간(상·하선)

■ 예술회관역 → 시청역 간(상선)

※ 인천터미널역 대피역 신설하지 않을 경우에 예술회관역과 시청역 간(상선) 대피선 신설 필요.

4) 결 론

가) 대피역 (1안) : 동막역, 인천터미널역, 갈산역 ↔ 작전역 간

■ 동막역 : 하선 대피역 신설

■ 인천터미널역 : 상·하선 대피역 신설

■ 갈산역 ↔ 작전역간 : 상·하선 대피역 신설

나) 대피역 (2안) : 동막역, 예술회관 → 시청역간, 갈산역 ↔ 작전역 간

■ 동막역 : 하선 대피역 신설

■ 예술회관 → 시청역간 : 상선 대피역 신설

■ 갈산역 ↔ 작전역간 : 상·하선 대피역 신설

마. 인천교통공사 열차 표정속도 향상방안 연구

1. 열차 운행속도 향상

1) 열차 성능 향상

가) 최고 속도의 향상

도시철도 1호선 기본설계(송도연장선 동일)

- 차량 최고속도 : 100km/h
- 차량 운행 최고속도 : 80km/h

■ 수도권 도시철도 최고속도(km/h) 현황

구분	서울메트로	9호선	서울도시철도	공항철도	의정부경전철
설계최고 속도(km/h)	110	100	100	120	80
운행최고 속도(km/h)	100~110	80	80	100~110	60

■ 운행 최고속도 향상 검토

○ 역간거리 : 길수록 효과가 높음 (인천1호선 평균 1km 정도로 효과 미미)

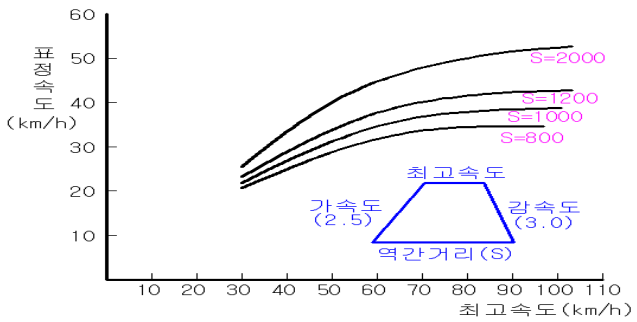
○ 최고속도 향상 : 선로선형 개선, 집전성능 향상, 신호보안 시스템 개선 필요 → 시설개량 고비용 소요

○ 유지관리 : 소비 전력량 증가

■ 표정속도와 최고속도와의 관계

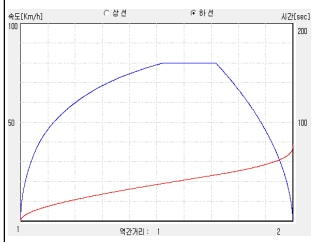
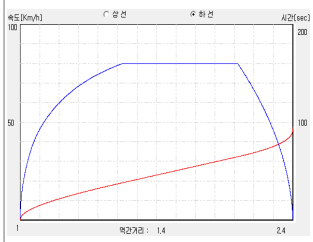
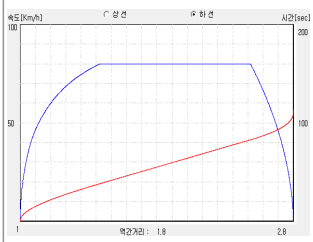
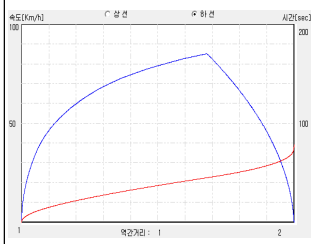
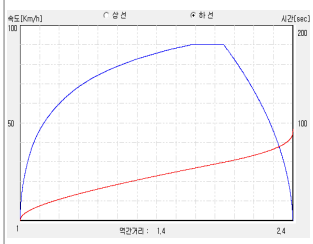
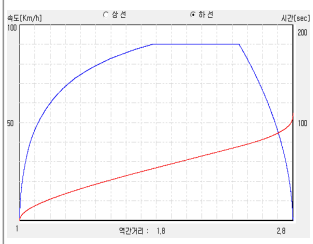
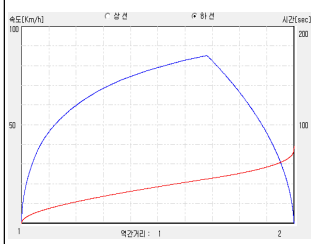
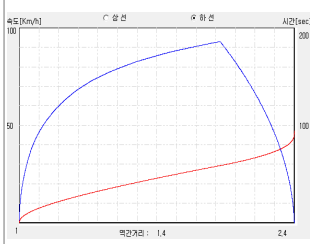
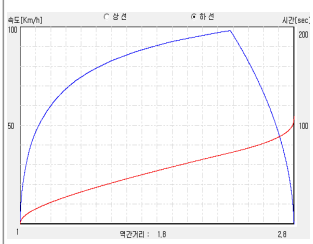
○ 최고속도 80km/h 이상에서는 역간거리가 최소한 1.2km 이상 되어야 표정속도 향상 효과를 기대할 수 있음.

○ 도시철도에서는 필연적으로 역간거리가 짧을 수밖에 없으므로 최고속도 향상은 어려우며 급행도입 등 속도 다변화정책 필요



<표정속도-최고속도 관계>

■ 속도 및 역간거리별 정량적 분석

속도 \ 역간거리	1km	1.4km	1.8km
80km/h			
	■ 운행시간 : 77 ■ 소비전력 : 33.5	■ 운행시간 : 95 ■ 소비전력 : 38.0	■ 운행시간 : 113 ■ 소비전력 : 42.5
90km/h			
	■ 운행시간 : 77 ■ 소비전력 : 36.85	■ 운행시간 : 94 ■ 소비전력 : 45.1	■ 운행시간 : 109 ■ 소비전력 : 50.3
100km/h			
	■ 운행시간 : 77 ■ 소비전력 : 36.8	■ 운행시간 : 93 ■ 소비전력 : 47.1	■ 운행시간 : 108 ■ 소비전력 : 56.3

※ 곡선 및 구배 없는 직선 평탄부 가정

■ 검토 결과

○ 상기 검토에서 보듯 메트로의 평균역간거리가 1km정도임을 감안할 때 최고속도 향상은 표정속도에 거의 영향을 주지 않음

○ 신호시스템 재조정에 따른 비용 발생 및 소비전력 증가, 선로상태, 승차감 불량 등 안정성 부재의 문제점이 있으므로 최고속도 향상의 효과는 기대하기 어려움

나) 차량 가,감속도 성능 향상

도시철도 1호선 기본설계

- 가속도 : 3.0km/h/s
- 감속도 : 상용(3.5km/h/s), 비상(4.5km/h/s)

■ 수도권 도시철도 가,감속도 현황

구분	서울메트로	9호선	서울도시철도	공항철도	의정부경전철
가속도(km/h/s)	3.0	3.0	3.0	3.0	4.68
감속도(km/h/s)	3.5	3.5	3.5	3.5	4.68

■ 가,감속도 향상 방안 검토

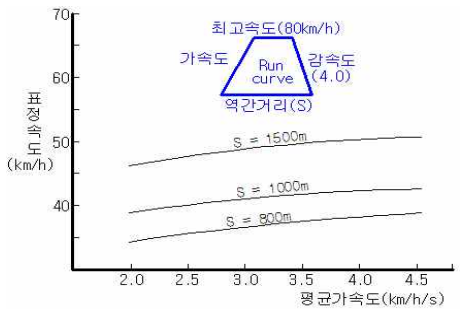
○ 차량 견인 성능 : 가속도 5km/h/s 증가 시 견인력 13.8% 추가 필요

○ 점착성능 : 가·감속도 증가 시 레일 미끄럼방지 대책 필요

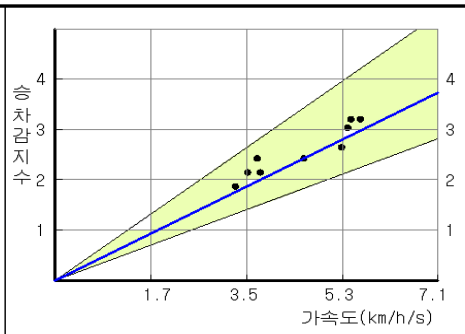
※ 가·감속도 증가→점착계수증가→미끄럼확률증가→레일마모, 승차감저하

○ 승차감 : 입석위주의 중량 지하철은 안전성 측면에서 현재수준이 한계

※ 감속도 증가→승객쏠림→혼잡률 높을시 안전사고 위험



〈 가속도와 표정속도 관계 〉



〈 가감속도에 따른 승차감 변화 〉

■ **검토결과**

○ 가·감속도가 표정속도 증가와 밀접한 관계가 있는 것은 사실이나,

○ 인천1호선 보유차량 성능, 승차감, 경제성, 및 경전철을 제외한 국내외 도시철도 대부분이 같은 수준을 유지하고 있음을 고려할 때 성능향상은 불가

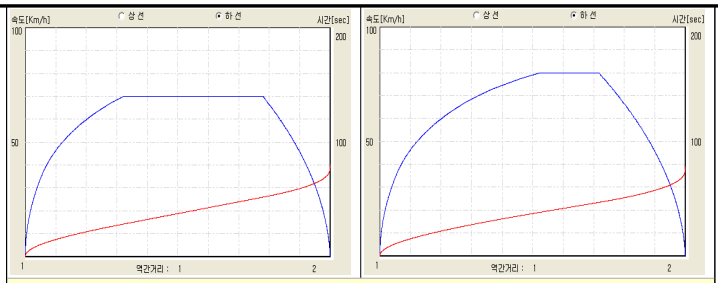
2) 선로 통과속도 향상

가) 직선 평탄부 통과속도 향상

도시철도 1호선 기본설계(송도연장선 동일)
- 차량 운행 최고속도 : 80km/h
신호 속도제한(Slow-Order) 설정『Slow-Order 설정 현황 : 표4-1』
- 80km/h → 70km/h
※ 유관기관 직선부 통과속도 : 서울메트로 90km/h, 서울도시철도 80km/h

■ 통과속도 향상 검토
○ 현재 시스템 상 운행최고속도인 80km/h 까지 속도향상 가능
○ 속도 향상 시 고려사항 : 소음, 진동, 추가소비 전력량 등

■ 통과속도 향상 분석

임의 구간 분석	 ■통과시간(79 → 77sec), 소비전력(27.4 → 33.6kwh)	■최고속도 -70km/h→80km/h ■대상 - 역간거리 : 1km - 선로구배 : Level - 선형 : 직선

■ 소음, 진동 분석

구분		측정 평균치(소음/진동)		평균치
70km/h구간	1호선 2구간	71.8/75.6 (작전-갈산)	72.6/76.2 (터미널-문학)	72.2/75.9
80km/h구간	송도 2구간	75.0/78.7 (동막-캠퍼스)	75.5/78.3 (테크노 -지식정보)	75.2/78.5

■ 검토결과

별도 소요비용 없이 S/O를 해제하여 80km/h까지 속도향상 가능하고 소음, 진동 영향도 크지 않는 것으로 나타났으나 전체구간의 속도향상 대비 에너지 소비량에 대한 경제성 분석 필요

<표 4-1>

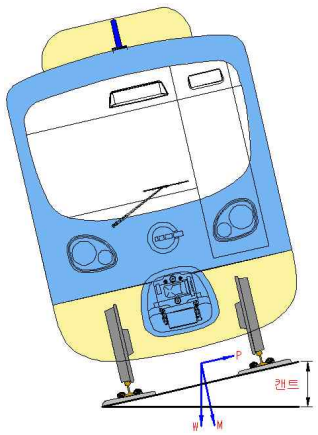
< Slow-Order 설정 현황 >

하 선	궤도별 S/O	비고	상 선	궤도별 S/O	비고
계양	102BT (80) → 30		계양→유치선	103AT(30) → 25	
			박촌→귤현	104T(80) → 50 1031T (80) → 50	
박촌→임학	1038, 1040T(80) → 70		임학→박촌	1039, 1041, 1043, 1045T (80) → 70	
임학→계산	1052, 1054T(80) → 70		계산→임학	1055, 1057T (80) → 70	
경인교대→작전	1070, 1072T(80) → 70		작전→경인교대	1071,101B,1073,1075,103AT(80) → 70	
작전→갈산	1084T(80) → 70		부평구청→갈산	1093, 1095, 1097T(80) → 70	
갈산→부평구청	1090, 1092, 1094, 1096T (80) → 70		부평시장→부평구청	1105, 1107, 1109T(80) → 70 1103T (80) → 20	7호선
부평구청→부평시장	1102, 1104, 1106T(80) → 70 1100T(80) → 20	7호선	부평→부평시장	1117, 1119, 1121T(80) → 70	
부평시장→부평	1116, 1118T(80) → 70		부평삼거리→동수	1139T(80) → 70	
부평삼거리→간석오	1144, 1146T(80) → 70		간석오거리→부평삼	1143, 1145, 1147, 1149T, 1151, 1153T(80) → 70	
간석오→인천시청	1154, 1156T(55) → 50 1162T(80) → 45		인천시청→간석오	1157, 1159T(55) → 45 1165T(80) → 50	
인천시청→예술회관	1168, 101T, 1170, 104BT (80) → 70		예술회관→인천시청	1169, 1171, 1173, 102AT (80) → 70	
예술회관→터미널	1178, 1180T(80) → 70		터미널→예술회관	1179, 1181T(80) → 70	
인천터미널→문학	1186, 1188T(80) → 70		문학→인천터미널	1187, 1189T(80) → 70	
문학→선학	1194, 1196T(80) → 70		선학→문학	1195, 1197T(80) → 70	
선학→신연수	1202, 1204, 1206T(80) → 70		신연수→선학	1203, 1205, 1207, 1209, 1211T(80) → 70	
신연수→원인재	1214, 1216, 103A, 1218T (80) → 70		원인재→신연수	1217, 1219, 101T (80) → 70	
원인재→동춘	1224,1226,1228T (80) → 70		동춘→원인재	1225, 1227, 1229, 1231, 1233T(80) → 70	
동춘→동막	1236, 1238T(80) → 60		동막→동춘	1239, 1241, 1243T (80) → 70 1245, 102B, 101T(80) → 60	
			캠퍼스타운→동막	104BT, 103AT, 1249T (80) → 60	

나) 곡선부 통과속도 향상

캔트 : 곡선부 주행안정성 확보를 위한 선로 수평 조절

- 원리



■개념 : 곡선 통과 원심력에 의한 선로 안 정성 확보를 위해 내측레일을 기준으로 외측 레일을 높게 하는 것

■ 설정 : 설계속도에 의해 결정

■ 기능 : 곡선부 초과원심력 제어, 승차감 확보

■ 종류 : 균형캔트, 설정캔트, 과다캔트

※선로상태를 고려하여 안정성을 만족하는 상태에서 설정캔트 적용이 유리하나, 인천지하철은 대부분 균형, 과다캔트 부설

- 설정캔트 공식

$$C = 11.8 \times \frac{V^2}{R} - C'$$

※캔트량 = 속도의 제곱에 비례

C : 소요캔트량(mm) → 최대 160mm

R : 곡선반경(m)

V : 차량속도(km/h)

C' : 부족캔트(mm) → 최대 75mm

- 인천지하철 운전업무 내규 (제한 속도)

곡선반경(m)	속 도 (km/h)	
	선로분기에 접하지 않는 곡선	선로분기에 접하는 곡선
799 ~ 500	80 이하	50 이하
499 ~ 400	80 이하	45 이하
399 ~ 350	75 이하	40 이하
349 ~ 300	70 이하	35 이하
299 ~ 250	65 이하	30 이하
249 ~ 200	60 이하	30 이하
199이하	50 이하	25 이하

※허용 최대캔트(160mm)에 맞추어 제한속도 상향 개정 : 2009.5

■ 통과속도 향상 검토

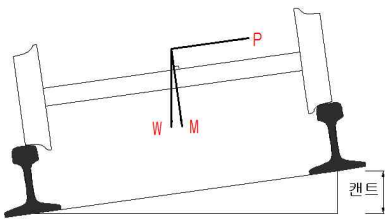
○ 곡선부 속도향상의 실질적 방법은 캔트 상향 조정(침목높이조정)이나 건축한계침범, 차량 및 전차선 편기, 공비과다 등 문제점이 많으므로, 효과적 대안으로서 곡선부 운행속도를 향상시켜 캔트상향효과 부여

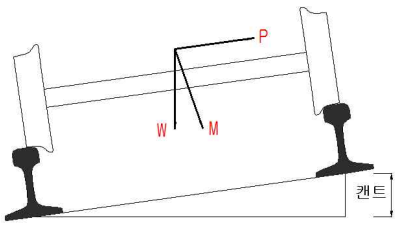
○ 인천 1호선 대부분 곡선부에서 운행속도 대비 캔트량 과다 부설

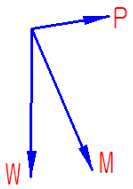
○ 속도증가를 통해 약 -30mm 내외의 부족캔트 부여 <표 4-2. 참조>

※ 초과원심가속도에 의한 궤도안정성, 승차감 등의 종합적 검토 후 적용

■ 곡선부 속도향상에 따른 설정캔트 개념도 (예시)

<table>
<tr><td rowspan="2">개념도</td><td> 

<균형캔트></td><td> 

<설정캔트></td><td> 

■W : 중력방향 힘
■P : 원심가속도
■M : 힘의 합력</td></tr>
<tr><td>선로</td><td colspan="2">곡선반경(R) = 250, 캔트(C) = 118</td><td rowspan="3">표정속도 향상을 위하여 허용범위 내에서 부족캔트를 정함
※허용범위
→ -75mm</td></tr>
<tr><td>속도</td><td>V=50km/h</td><td>V=55km/h</td></tr>
<tr><td>비교</td><td>·부족캔트 : 없음
·힘의합력 : 궤도중심
·초과원심가속도 = 0</td><td>·부족캔트 : -25mm
·힘의합력 : 궤도 외측
·초과원심가속도 발생</td></tr>
</table>

■ 유관기관 최대 부족캔트 부설 현황

구분	최대 부족캔트	초과원심가속도	비고
인천지하철	-31mm	0.021g	■허용한계 - 일본 : 0.08g - 유럽 : 0.054g
서울메트로	-40mm	0.032g	
서울 도시철도	-40mm	0.028g	
대구 도시철도	-3mm	0.0007g	
부산 교통공사	-17mm	0.012g	

<표 4-2>

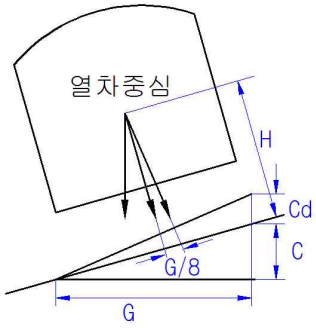
< 주요 곡선부 운행속도 향상 검토 >

구 간	선별	위치 (km)	곡선반경 (m)	설계속도 (km/h)	속도향상(km/h)			캔트변화(mm)			구배 (‰)
					당초	변경	증감	부설	당초	변경	
계양~귤현	상	15.940~1.115	216	50	50	55	+5	134	-3	-31	20.5↘
	하	0.937~1.103	211	50	50	55	+5	134	-6	-35	
귤현~박촌	상	1.995~2.105	248	55	50	55	+5	115	-4	-29	4.0↗
	하	1.996~2.076	248	55	50	55	+5	120	+1	-24	
	상	2.442~2.559	248	55	50	55	+5	120	+1	-24	28.0↘
	하	2.485~2.573	248	55	50	55	+5	120	+1	-24	29.0↘
임학~계산	상	4.471~4.604	200	50	40	55	+10	140	+45	-38	6.0↗
	하	4.437~4.554	196	50	40	55	+10	148	+52	-34	
계산~인천교대	상	5.523~5.914	297	60	50	65	+15	144	+45	-24	6.0↘
	하	5.484~5.876	301	55	50	60	+10	112	+14	-29	
작전~갈산	상	7.805~7.850	497	80	70	80	+10	152	+36	0	11.0↘ (승차감)
	하	7.753~7.823	501	75	70	80	+10	134	+19	-17	
부평~동수	상	11.719~11.928	251	50	45	55	+10	112	+17	-30	5.0↗ 28.0↗
	하	11.686~11.876	246	55	40	60	+20	140	+63	-33	
동수~부평삼거리	상	12.891~13.186	497	70	65	75	+10	115	+15	-19	3.0↗
	하	12.846~13.144	501	70	70	75	+5	110	-6	-22	
간석오거리~인천시청	상	14.946~15.087	312	60	40	60	+20	115	+54	-21	2↘ 10↗
	하	14.912~15.032	310	60	45	60	+15	134	+57	-3	
	상	15.367~15.655	246	55	40	60	+20	140	+63	-33	10↗ 3↘
	하	15.313~15.622	251	50	45	60	+15	115	+20	-27	
송도2~	상	26.774~27.169	250	55	60	-	-	142	-28	-	2↗ 3↘
송도3	하	26.739~27.111	246	55	60	-	-	142	-31	-	

■ 곡선부 속도향상에 따른 안정성 검토

○ 차량 외측전도 안정성 검토

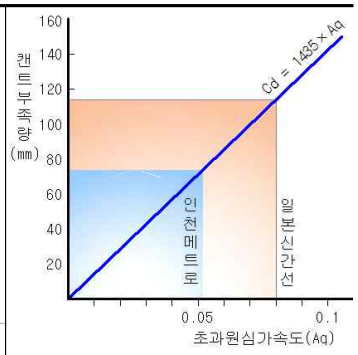
검 토 사 항	■ 차량의 외측전도에 대한 안전율을 4로 하고 합력의 작용점을 궤간의 1/8 이내로 함 ■ Cd : G = G/8 : H (G = 1435mm, H = 1700mm) ■ 인천1호선 - Cd(부족캔트) ≤ G^2 / 8H = 151mm - 속도향상을 위해 도출된 최대 부족캔트 : 38mm
결 과	-38mm < -151mm 이므로 안정



<그림4-6 >

○ 승차감 검토

검 토 사 항	■ 초과원심가속도 허용치 - 일본 : 0.08g, 유럽UIC : 0.054g ■ Aq(초과원심가속도) = Cd/G ■ 인천1호선 - Cd(부족캔트) ≤ G × Aq(0.054) = 77mm ※최대허용Cd = 75mm(인천) ~ 115mm(일본)
결 과	-38mm < -77mm 이므로 안정

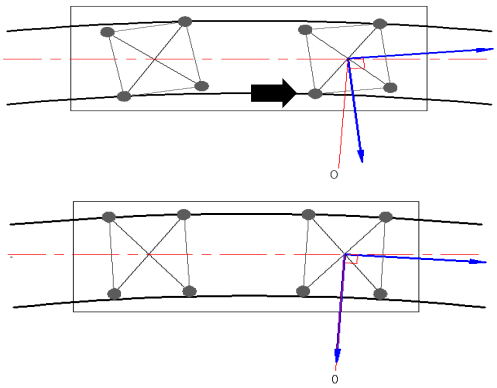


<그림4-7 >

○ 횡압에 의한 탈선 안정성 검토

검 토 사 항	■ 탈선계수 기준 : Q/P ≤ 0.7~0.8 (Q : 횡압, P : 윤중) ■ 주요횡압 : 궤도 틀림 횡압, 원심력 불균형 횡압, 곡선부 전향 횡압 ■ 횡압산정 : 부족캔트 최대검토개소『임학~계산, V: 40→55, Cd: -38mm - 궤도 틀림 횡압 : 윤중의 20%이하 = 1.6t - 곡선부 전향 횡압 : 윤중의 25% 이하 = 2t - 원심력불균형횡압 : Q = $(\frac{V^2}{127\times R} - \frac{C}{G+S}) \times W$ = 1.06t (V: 속도, R: 곡선반경, C: 캔트, G: 궤간, S: 슬랙, W: 차중) · 횡압변화량 : -1.6t → 1.06t (내측방향의 횡압이 외측으로 전환) ■ 안정검토 - Q/P = (1.6 + 2 + 1.06)/8 = 0.58 ≤ 0.7~0.8
결 과	-탈선계수(Q/P) 가 허용치 이하이므로 안정

○ 주행 안정성 검토

검 토 사 항	■ 캔트부설현황 : 대부분 과다캔트(최대 +60mm, 송도연장선 제외) ■ 문제점 : 열차 곡선 통과 시 공격각이 커져 비틀림 횡압이 증가하고 그에 따라 소음, 진동 및 레일 이상마모의 증가로 이어짐 ■ 대책 : 곡선부 열차속도 5~20km/h 증가시켜 -30mm 내외 부족캔트 형성 ■ 안정검토 : 차륜이 허용범위 횡압 내에서 레일 외궤에 밀착하여 운행 함으로서 공격각 최소화로 주행안정성 향상  <과다캔트 → 공격각 커짐> <적정부족캔트 → 공격각제거>
결 과	- 허용범위 내 속도 증가로 주행안전성 향상 및 소음 감소

○ 본선 부족캔트 부설 사례를 통한 안정성 검토

검 토 사 항

구 분		설정캔트	균형캔트	과다캔트
일반 사항	위 치	송도2역~3역(하)	귤현~박촌(하)	부평~동수(하)
	곡선반경	246m(우곡선)	248m(우곡선)	246m(우곡선)
	설계속도	55km/h	55km/h	55km/h
	운행속도	60km/h	50km/h	40km/h
	부설캔트	142mm	120mm	140mm
	캔트상태	-31mm	+1mm	+63mm
비교 평가	소 음 (구간평균치)	68.9	65.4	71.2
	진 동 (구간평균치)	75.8	75.9	73.9
	레일마모 (2년최대변화)	0.5	1.0	1.5

결 과

■소음 : 허용 소음 규제치 이내에서 과다캔트 대비 2.3db 감소
■진동 : 부족캔트가 될수록 진동은 커지나 그 차이는 미미한 수준임
■마모 : 송도연장선 개통 후 2년간 마모상태 분석 결과 상대적으로 마모량 감소
■본선 설정캔트 부설사례 검토결과 선로상태 안정 <표 4-3. 세부사항>

<표 4-3>

< 선로조건별 소음, 진동 및 마모 현황 >

■ 소음진동 현황

구분		측 정 치						평균치
균형캔트	소음	71.6	64.4	60.1	60.1	66.2	70.0	65.40
	진동	69.7	64.1	63.9	84.2	90.0	83.2	75.85
과다캔트	소음	76.6	74.8	70.1	68.1	69.2	68.1	71.15
	진동	74.1	75.6	72.4	73.0	75.0	73.4	73.92
설정캔트	소음	61.9	64.3	71.3	66.3	73.7	75.7	68.87
	진동	63.1	73.7	80.6	82.3	77.8	77.4	75.82

■ 연도별 마모현황 (직마모 / 편마모)

구분	위치	지점	2009년	2010년		2011년	증가량
			하반기	상반기	하반기	상반기	
균형캔트	귤현~박촌	2k400	3.0/4.0	3.0/5.0	3.0/5.0	3.0/5.0	0/1.0
		2k500	3.0/6.0	3.5/7.0	3.5/7.0	3.5/7.0	0.5/1.0
		2k600	3.0/4.0	3.0/5.0	3.0/5.0	3.0/5.0	0/1.0
과다캔트	부평~동수	11k700	3.0/5.0	3.0/5.0	3.0/5.0	3.0/5.0	0/0
		11k800	3.0/5.0	3.0/5.0	3.0/6.5	3.0/6.5	0/1.5
		11k900	3.0/4.0	3.0/4.0	3.0/4.0	3.0/4.5	0/0.5
설정캔트	송도2역~송도3역	26k700	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
		26k900	0/0	0/0	0/0	0/0.5	0/0.5
		27k100	0/0	0/0	0/0	0/0.3	0/0.3



균형캔트 구간



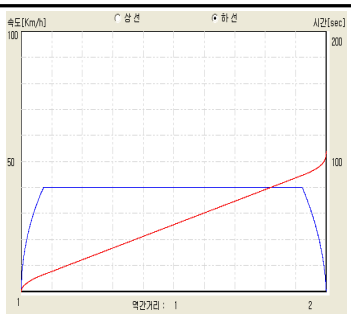
과다캔트 구간

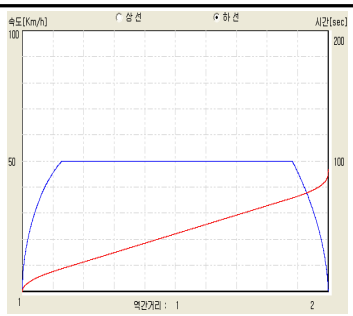


설정캔트 구간

※ 송도연장선 2009년 6월 개통

■ 곡선부 통과속도 향상 분석





■통과속도(107 → 93sec), 소비전력(15.9 → 20.3kwh)

■최고속도
-40km/h→50km/h
■대상
- 역간거리 : 1km
- 선로구배 : Level
- 선형 : R200

■ 제한속도 향상에 따른 비용 검토

○ 비용 산출 : 약 8.2억원
* 소프트웨어 변경 및 인스톨 등 : 45만유로(약 7.2억원)
* 독일 기술진 현장 시험운행 수행 : 약 1억원
○ 산출의뢰 : 독일 지멘스

■ 검토결과

○ 1호선 곡선부는 개통당시 여러 가지 이유로 당초 설계속도에 비해 낮은 속도로 운행토록 설정되어 있어 레일과 차륜의 공격 각에 의한 레일 이상마모가 발생하고 있는 실정이나, 2009년 개통된 송도연장선 2~3역 R250 곡선에서는 기존 설계속도 대비 20% 속도를 향상시켜 운행되고 있고 소음, 진동, 레일마모 면에서 모두 정상적인 기능 상태를 보이고 있음
○ 따라서 가능하면 곡선부 제한속도 Limit를 적정속도로 향상시키고 필요에 따라 S/O를 부여하여 운행하는 것이 적정하다고 판단됨
○ 하지만 <표 4-2>에서 검토된 속도로 속도 향상 시 소비전력이 3.8% 증가되고 고가의 신호 소프트웨어변경 비용이 투입되는데 비해 표정속도는 3.6%(운행시간 1.9분 단축) 증가하는데 그쳐 비용 대비 속도 향상 경쟁력은 저하된다고 볼 수 있음

다) 분기부 통과속도의 향상

인천지하철 운전업무 내규 (분기기 통과 제한속도)

분기기 번호	속 도(km/h)	
	편개 분기기	양개 분기기
8번	25 이하	35 이하
10번	30 이하	45 이하
12번	40 이하	55 이하

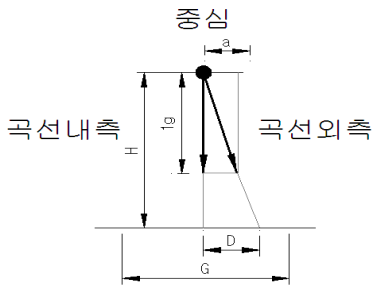
■ 분기기 제한속도 한계

- 분기기 특성상 궤도는 평면 : C=0
- 초과원심가속도 Aq = V^2/127×R = D/H
- 안전율 a = G/2×D

  ∵ V^2 ≤ 127×G×R / (2×a×H)
- H=1700mm, a=5.5

(승차감, 분기기강도 고려)

V ≤ 2.75 × √R

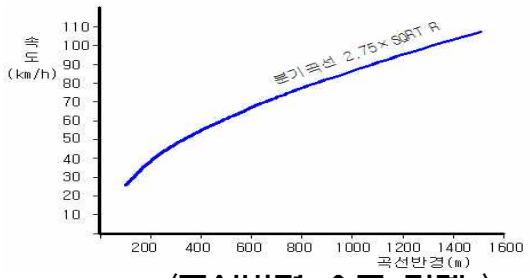


■ 제한속도 적정성 검토

구분	현 행		이론적 한계	
	속도	캔트	속도	캔트
8번 편개	25	-45	35	-87.5
10번 편개	30	-41	44	-88.3
10번 양개	45	-46	62	-88.0
12번 편개	40	-51	53	-89.5

■ 검토결과

○ 제한속도가 한계속도 대비 13~17km/h 낮게 형성되어 있지만 부족캔트가 -45~-51mm로서 한계 부족캔트 -75mm에 근접하여 있으므로 현 분기기 시스템 상 추가로 속도 향상 할 여지가 없음



〈곡선반경-속도 관계 〉

라) 하구배 통과속도의 향상

인천지하철 운전업무 내규 (내림기울기 제한속도)

내림기울기 (‰)	속 도 (km/h)
15 이하	80 이하
20 이하	75 이하
25 이하	70 이하
30 이하	65 이하
35 이하	60 이하

■ 20‰이상 하구배 선로 현황

구 분	구 배 (‰)	곡선반경 (m)	운행속도 (km/h)	속도향상 검토분 (km/h)	제한속도 (km/h)
계양~귤현	-20	211	50	55	75
귤현~박촌	-29	248	50	55	65
부평~동수	-28	251	45	55	65
삼거리~오거리	-23	-	70	-	70

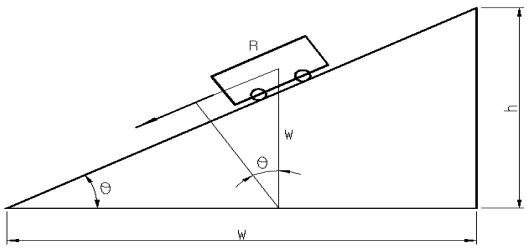
■ 개념도

○ 하구배에서는 F+Rg의 힘이 발생하므로 열차의 원활한 제동성능 확보를 위해 속도제한 필요 (Rg = W×(h/1000))

■ 검토결과

○ 제한속도가 걸리는 하구배(20‰이상)는 총28개 역간 중 4구간임

○ 3구간은 곡선부와 중첩되어 있고 곡선부 속도 향상 시 검토된 속도 역시 제한속도 이하에 있으므로 추가로 검토할 사항이 없으며, 나머지 1구간도 곡선부 전방에 있어 제한속도로 인해 속도향상 불가



〈구배 저항 개념도 〉

3) 열차 운행패턴 변화

가) 정차시간 단축

도시철도 1호선 기본설계 : 정차시간 30초(승객기준 : 열차 1대)
정차시간 추정 식

- T_{all} = Tdu + d · Tdu = $\frac{1}{q \cdot v} \times \frac{\frac{1.5 \times P}{N \times n}}{z} \times (1+x)$ · d = 10sec (출입문 개폐 여유시간)	q = 승하차대기밀도 (3인/m^2) v = 승하차속도 (0.475 m/s) z = 승강열 (1.5) x = 여유율 (50%) N = 편성 차량 수 (6) P = 1열차 당 승·하차 인원

■ 국내 전동차 정차시간 현황

구 분	정차시간(초)	구 분	정차시간(초)
서울메트로	30	서울도시철도	30
인천지하철	20 ~ 40	부산교통공사	20 ~ 40
대구도시철도	15 ~ 30	메트로9	20 ~ 40

■ 정차시간과 표정속도의 관계

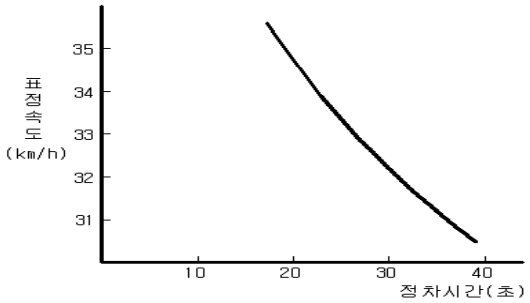
○ 정차시간에 영향을 주는 요인

* 승차인원 및 하차인원
* 승강장 대기자 : 하차인원과의 상충
* 차량 내 혼잡도 : 승차인원과의 상충
* 량 당 승객 수 : 승·하차 시간 증가

○ 정차시간 단축 효과 (역당 3초 정차시간 단축 시)

* 표정속도 : 33.9km/h (1.3분 운행시간 단축)
* 시간절감가치 : 81.12 × 190,977 × 0.3분 × 365일 = 약 16.9억원/년

※ 시간가치 : 81.12분/인, 평균 대기시간 0.3분 감소



<표 4-4>

< 인천지하철 정차시간 현황 >

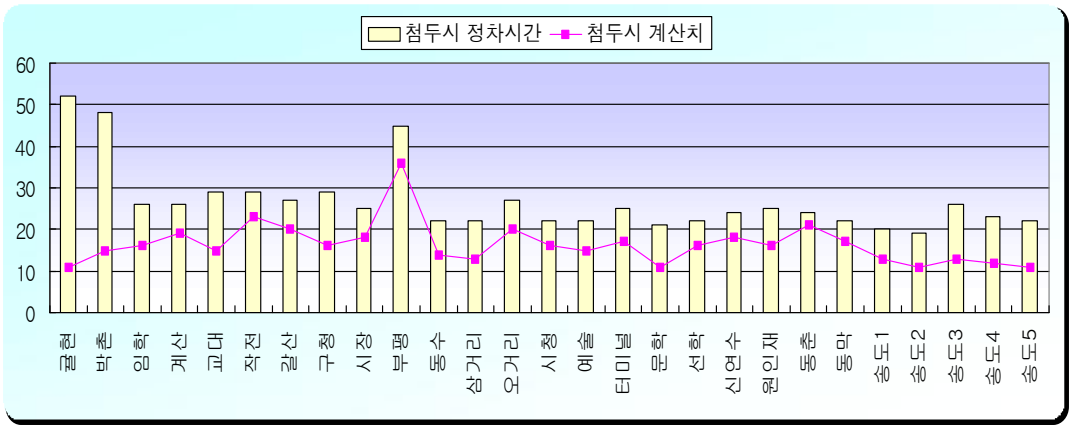
역 명	승·하차 인원(명)		첨두시		비첨두시		
	첨두시	비첨두	정차시간	계산값	ATO	MCS	계산값
귤현	30	19	52	11	50	47	11
박촌	109	32	48	15	34	24	12
임학	134	59	26	16	34	20	13
계산	203	118	26	19	26	24	15
경인교대	125	68	29	15	32	48	13
작전	287	113	29	23	27	22	15
갈산	224	71	27	20	25	30	13
부평구청	130	61	29	16	25	21	13
부평시장	173	111	25	18	24	25	15
부평	660	222	45	39	43	29	20
동수	85	39	22	14	22	24	12
부평삼거리	60	29	22	13	22	22	12
간석오거리	224	118	27	20	23	23	15
인천시청	142	70	22	16	24	20	14
예술회관	112	112	22	15	32	24	15
인천터미널	166	220	25	17	24	23	20
문학경기장	28	25	21	11	25	18	11
선학	133	76	22	16	23	21	14
신연수	179	81	24	18	22	21	14
원인재	132	53	25	16	23	19	13
동춘	247	81	24	21	23	24	14
동막	155	61	22	17	28	21	13
캠퍼스타운	61	35	20	13	27	22	12
테크노파크	30	12	19	11	25	19	10
지식정보단지	58	36	26	13	25	18	13
인천대입구	38	56	23	12	25	19	13
센트럴파크	23	11	22	11	22	18	10
계	3948	1989	724	446	735	646	365

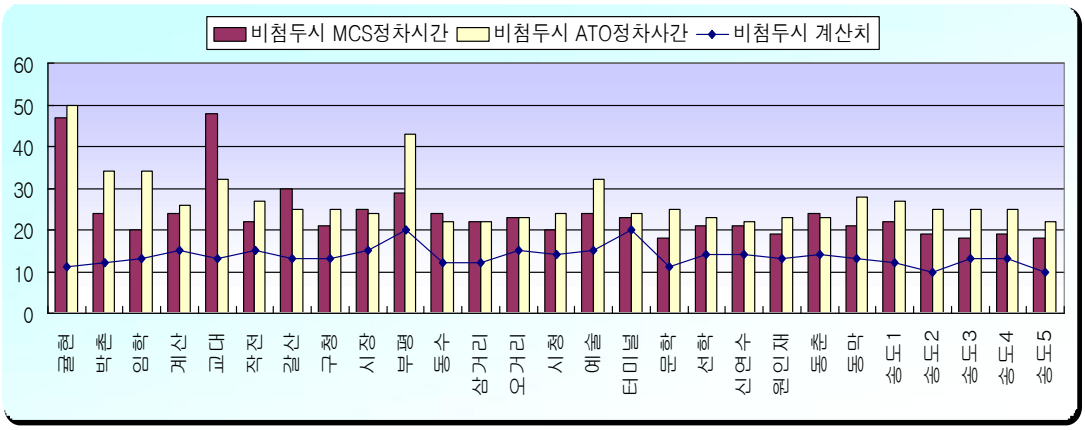
■ 인천지하철 정차시간 분석

○ 요소별 정차시간 검토 예시 (시·종점 및 환승역 제외)

구분	문 열림	승·하차	방송·확인	문 닫힘	출발확인
시 간 (초)	4	7~8	3~5	3	4~5
누 계(초)	4	12	17	20	25
비 고	고정 값		검토대상	고정 값	검토대상

○ 첨두시 및 비첨두시 정차시간 및 계산 값 비교





■ 검토결과

○ 운행구간 조사 결과 계산치 대비 5~8초 정도 높게 나타나는데 이는 승·하차 종료 후 출발 확인 시 소요되는 시간이며 열차 상황에 따라 다를 수 있으나 이중 일부는 단축 가능할 것으로 판단됨

○ 물론 정차시간은 승객 안전과도 밀접한 관계가 있는 만큼 혼잡률, 열차 승객 분포도 및 DIA 스케줄링 등 정밀조사 및 시험운행 등을 통해 결정되어져야 할 것임

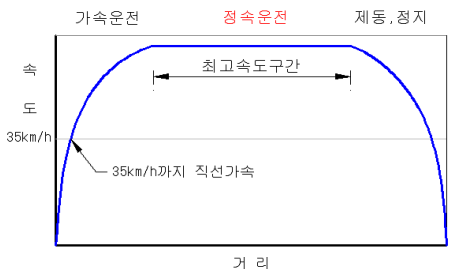
나) 최고 속도 시 정속도 주행

인천1호선 최고속도 운전패턴 방식
* ATO 정속운전(기본) : 최고속도 도달 시 그 속도를 계속하여 유지
* MCS 타행운전(2시간/일) : 최고속도에서 전원 OFF하고 관성력 이용

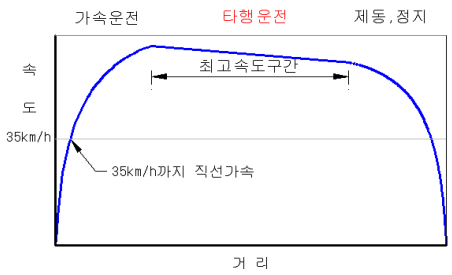
■ 유관기관 전동차 특성 비교

구 분	속도제어	속도별 최고가속도	운전패턴	제동
서울 3, 4호선	쵸퍼방식	35km/h까지 3km/h/s	최고속도-타행-제동	공기제동+발전제동
인천 1호선	VVVF	35km/h까지 3.5km/h/s	최고속도-정속-제동	공기제동+회생제동

■ 운전패턴 모식도



< ATO 정속운전 >



< MCS 타행운전 >

■ 인천지하철 ATO운전 및 MCS운전 특성 비교

(현장 실측치, 비첨두시)

구 분			ATO	MCS	비고	
					증감	비율
하 선 편 도	운행시간(min)		54.2	54.7	△ 0.5	0.9%
	전력량 (kwh)	VVVF	504	457	△ 47	9.3%
		회생전력	198	196	△ 2	1%

■ 검토결과

ATO(정속) 운전 시 MCS(타행) 대비 속도향상 효과는 0.5분에 그쳐 큰 효과가 없는 것으로 나타났으며 소비전력량은 오히려 9.3% 높게 조사 되어 안전성은 높으나 경제성은 떨어지는 것으로 분석됨

4) 역간별 속도향상 simulation 분석

분석범위

* 구 간 : 계양~동막, 하선
* 범 위 : 하선, Slow-order 설정구간 및 곡선부
* 방 법 : 프로그램을 활용한 해석적 방법

분석내용

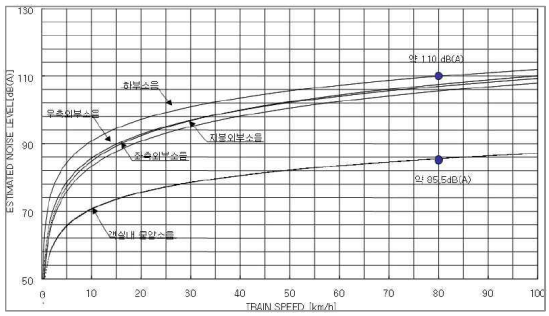
* 운행시간, 소비전력 : S/o해제 및 곡선부 제한속도 향상 후 비교
* 소음, 진동 : 변화치가 작고 허용범위 이내이므로 고려하지 않음

- 직선부 · 소음 : 예측그래프 : 약 1.5db 증가 현장실측 : 평균 약 3db 증가 · 진동 : 변화 미미함 - 곡선부 · 소음 : 속도 향상 시 오히려 감소 · 진동 : 변화 미미함

* 검토조건 : 만차 하중

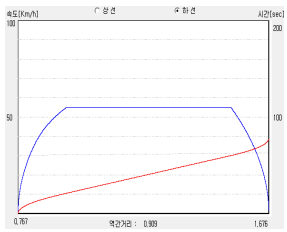
평가

* 비용 : 시스템 소프트웨어 변경 비용 발생 유무
* 운행시간 및 소비전력
* 기존 운행시간, 전력 - 변경 운행시간, 전력(S/o해제 + 제한속도변경)

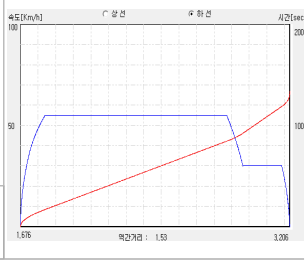


<실험적 예측분석 그래프>

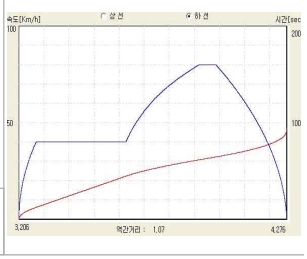
■ 계양 → 귤현

구 분		운행속도(km/h) 설계 속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		50	-	38.0	86	15.3	R 211 20↘	
개선	① S/O해제	-	-	-	-	-		
	② 속도조정	50→55	-	40.0	82	17.6		
	계(① + ②)	55	-	40.0	82	17.6		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (- 4초) ■소비전력 : (+ 15.0%)						

■ 귤현 → 박촌

구 분		운행속도(km/h) 설계 속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		50	-	39.0	141	18.1	R 248 4↗ 29↘	
개선	① S/O해제	-	-	-	-	-		
	② 속도조정	50→55	-	40.8	135	20.5		
	계(① + ②)	55	-	40.8	135	21.4		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (- 6초) ■소비전력 : (+ 13.3%)						

■ 박촌 → 임학

구 분		운행속도(km/h) 설계 속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	70	40.1	96	27.6	R 701 3↗ 7↗	
개선	① S/O해제	-	70→80	40.5	95	29.9		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80	-	40.5	95	29.9		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 1초) ■소비전력 : (+ 6.8%)						

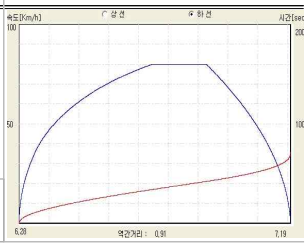
■ 임학 → 계산

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		40 – 80	40 – 70	39.4	101	29.3	R 196 6↗	
개선	① S/O해제	–	70→80	39.4	100	31.7		
	② 속도조정	40→50	–	42.8	93	30.9		
	계(① + ②)	50 – 80	–	43.2	92	33.6		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (– 9초) ■소비전력 : (+ 6.8%)						

■ 계산 → 경인교대

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		50	–	38.0	85	13.5	R 301 3↗ 6↘	
개선	① S/O해제	–	–	–	–	–		
	② 속도조정	50→60	–	41.4	78	18.9		
	계(① + ②)	60	–	41.4	78	18.9		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (– 7초) ■소비전력 : (+ 34.0%)						

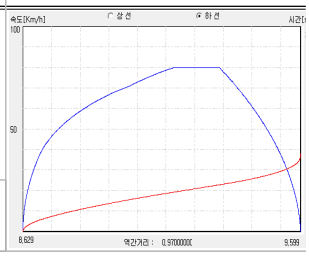
■ 경인교대 → 작전

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	70	44.2	74	24.3	R 301 3↗ 6↘	
개선	① S/O해제	–	70→80	45.5	72	30.5		
	② 속도조정	–	–	–	–	–		
	계(① + ②)	80	–	45.5	72	30.5		
평 가		■비용발생 : (–) ■운행시간 : (– 2초) ■소비전력 : (+ 25.5%)						

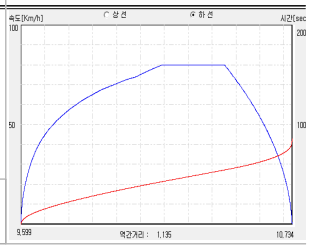
■ 작전 → 갈산

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		70	-	50.7	102	26.5	R 501 R 707 8↗ 11↘	
개선	① S/O해제	-	-	-	-	-		
	② 속도조정	70→80	-	53.4	97	32.3		
	계(① + ②)	80	-	53.4	97	32.3		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (- 5초) ■소비전력 : (+ 21.9%)						

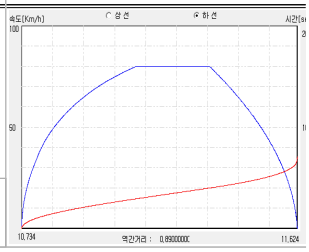
■ 갈산 → 부평구청

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	70	44.7	78	26.1	6↗ 6↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	46.5	76	32.8		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80		46.5	76	32.8		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 25.7%)						

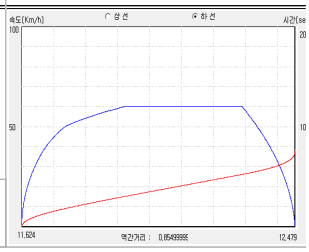
■ 부평구청 → 부평시장

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	70	47.5	87	30.1	9↗ 6↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	49.2	84	36.8		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80		49.2	84	36.8		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 3초) ■소비전력 : (+ 22.3%)						

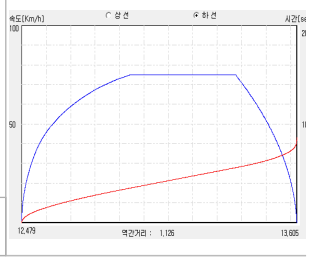
■ 부평시장 → 부평

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	70	43.8	72	26.4	19↘ 15↗	
개선	① S/O해제	-	70→80	45.6	70	30.2		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80		45.6	70	30.2		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 14.4%)						

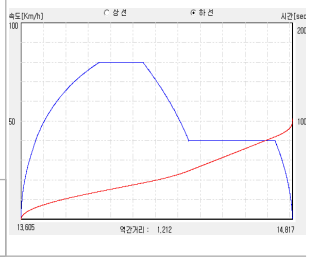
■ 부평 → 동수

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		40	-	32.7	94	28.8	R 246 5↗ 28↗	
개선	① S/O해제	-	-	-	-	-		
	② 속도조정	40→60	-	40.5	76	37.3		
	계(① + ②)	60		40.5	76	37.3		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (- 18초) ■소비전력 : (+ 29.5%)						

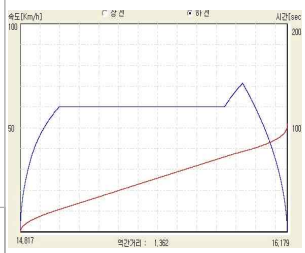
■ 동수 → 부평삼거리

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		70	-	47.1	86	32.1	R 501 3↗	
개선	① S/O해제	-	-	-	-	-		
	② 속도조정	70→75	-	48.2	84	35.3		
	계(① + ②)	75		48.2	84	35.3		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 9.9%)						

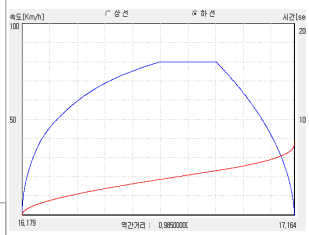
■ 부평삼거리 → 간석오거리

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80 – 40	80→70	41.9	104	18.5	R 799 23↘ 19↘	
개선	① S/O해제	–	70→80	42.7	102	23.2		
	② 속도조정	–	–	–	–			
	계(① + ②)	80 – 40	–	42.7	102	23.2		
평 가		■비용발생 : (–) ■운행시간 : (– 2초) ■소비전력 : (+ 25.4%)						

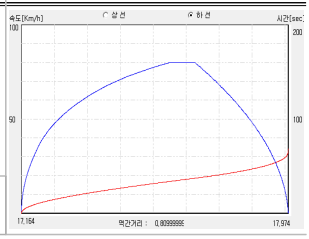
■ 간석오거리 → 인천시청

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		40–55 –45–80	55→50 80→45	38.3	128	25.5	R 396 R 310 R 250 10↗ 3↘	
개선	① S/O해제	–	50→55 45→80	39.6	124	32.9		
	② 속도조정	40→60 55→60 45→60	45→60	46.3	106	24.4		
	계(① + ②)	60–60 –60–80		46.7	105	28.5		
평 가		■비용발생 : (●) ■운행시간 : (– 23초) ■소비전력 : (+ 11.8%)						

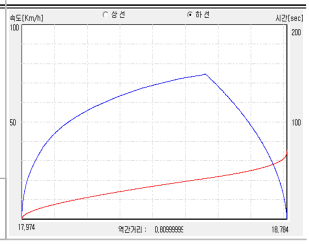
■ 인천시청 → 예술회관

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	44.8	79	25.6	3↗ 3↘	
개선	① S/O해제	–	70→80	46.2	76	32.1		
	② 속도조정	–	–	–	–	–		
	계(① + ②)	80		46.2	76	32.1		
평 가		■비용발생 : (–) ■운행시간 : (– 3초) ■소비전력 : (+ 25.4%)						

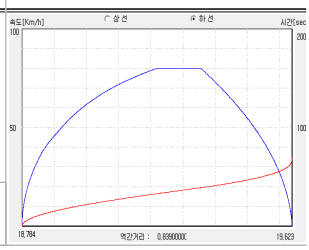
■ 예술회관 → 인천터미널

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O(제한)	운행속도(km/h) 운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	42.2	69	21.8	7↘ 3↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	43.1	67	28.1		
개선	② 속도조정	-	-	-	-	-		
개선	계(① + ②)	80		43.1	67	28.1		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 28.9%)						

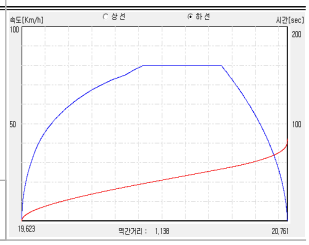
■ 인천터미널 → 문학경기장

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O(제한)	운행속도(km/h) 운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	41.1	71	33.4	R 597 13↗	
개선	① S/O해제	-	70→80	41.3	70	35.7		
개선	② 속도조정	-	-	-	-	-		
개선	계(① + ②)	80		41.3	70	35.7		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 1초) ■소비전력 : (+ 6.9%)						

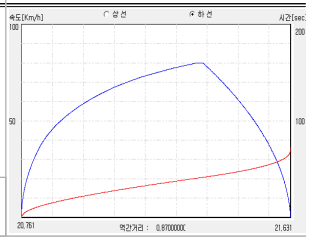
■ 문학경기장 → 선학

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O(제한)	운행속도(km/h) 운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	42.5	71	20.7	13↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	43.5	69	26.4		
개선	② 속도조정	-	-	-	-	-		
개선	계(① + ②)	80		43.5	69	26.4		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 27.5%)						

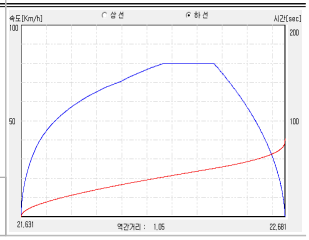
■ 선학 → 신연수

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	47.6	86	25.7	R 854 3↗ 13↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	48.9	83	31.8		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80		78.9	83	31.8		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 3초) ■소비전력 : (+ 23.7%)						

■ 신연수 → 원인재

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	42.8	73	28.3	3↗	
개선	① S/O해제	-	70→80	43.5	72	33.9		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80	-	44.1	72	33.9		
평 가		■비용발생 : ( ) ■운행시간 : (- 1초) ■소비전력 : (+ 19.8%)						

■ 원인재 → 동춘

구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행속도 (km/h)	운행시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80	80→70	46.0	82	29.4	9↗ 4↘	
개선	① S/O해제	-	70→80	47.8	79	35.9		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80	-	47.8	79	35.9		
평 가		■비용발생 : ( ) ■운행시간 : (- 3초) ■소비전력 : (+ 22.1%)						

■ 동춘 → 동막

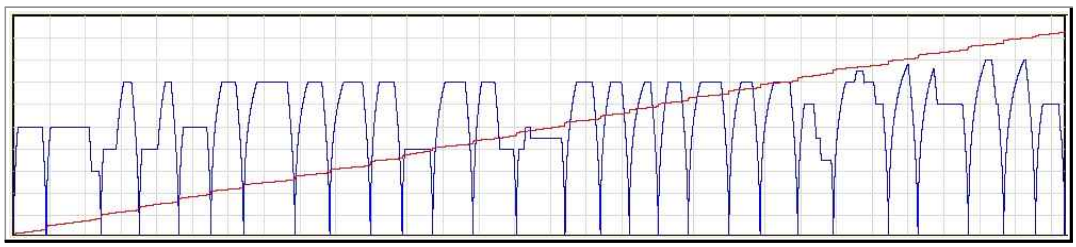
구 분		운행속도(km/h) 설계속도	운행속도(km/h) S/O (제한)	운행 속도 (km/h)	운행 시간 (초)	전력량 (Kw)	주요 선로 조건	비고 (Run curve)
현재		80-45 -35	80→60	36.7	98	17.0	10↘ 4↘	
개선	① S/O해제	-	60→80	37.5	96	25.8		
	② 속도조정	-	-	-	-	-		
	계(① + ②)	80-45 -35		37.5	96	25.8		
평 가		■비용발생 : (-) ■운행시간 : (- 2초) ■소비전력 : (+ 51.7%)						

■ 전 구간 Simulation 비교

부평구청~부평시장 간 서행구간은 시뮬레이션 값으로 대체

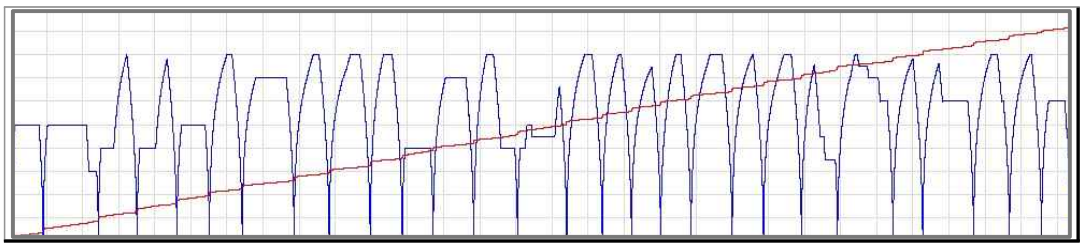
곡선부 속도향상은 소프트웨어 변경 비용 발생

○ 현재 상태



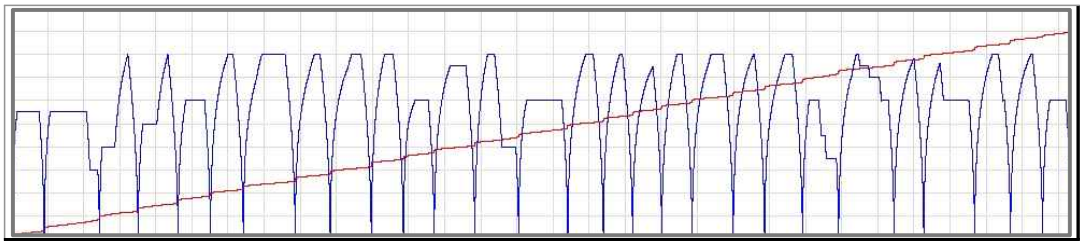
■ 표정속도 32.7km/h ■ 운행시간 54분 ■ 소비전력 734kwh

○ Slow-Order 해제



■ 표정속도 33.5km/h ■ 운행시간 52.7분 ■ 소비전력 815kwh

○ Slow-Order해제 + 곡선부 속도향상



■ 표정속도 34.2km/h ■ 운행시간 51.6분 ■ 소비전력 848kwh

5) 소결

S/O 해제 표정속도2.4%향상, 소비전력 11%증가
* 곡선부 제한속도 조정 : 표정속도 3.6% 향상, 소비전력 3.8% 향상
* 주요 고려사항
- 소요비용 : 소프트웨어 변경 및 적용비용 약 8.2억원 소요
- 소음, 진동 : 허용범위 내에서 미미한 변화 발생 예상
- 레일마모 : 편마모는 미세하게 증가될 것이나 파상마모는 감소 예상

가) 속도향상 검토 결과

■ 속도향상 정량적 분석 결과

○ 열차 성능해석 프로그램을 활용하여 제한속도(S/O)해제 및 곡선부 설정 캔트화에 의한 설계속도 향상을 종합적으로 검토한 결과 <표 4-5> 과 같이 모든 조건을 고려했을 때 표정속도 3.4% 향상되고 별도 비용이 수반되지 않는 S/O 해제에 의한 속도향상은 1.2%로 검토되었으며 소비전력은 속도향상에 따라 12.4%까지 증가되는 것으로 나타남

구 분		기 존	속도향상 후 (S/O해제+곡선부향상)		속도향상 검토 내용		비 고
					S/O 해제	곡선부 속도향상	
표정속도(km/h)		32.7	34.2	4.5(%)	33.5	33.9	구청~시장 제한해제
운행시간 (분)		54	51.6	4.4(%)	52.7	52.1	만차기준
소비전력(kwh)		734	848	15.5(%)	815	762	
전력비용		17.8백만원	20.6백만원	12.4(%)	19.8백만원	18.5백만원	1일(평일)
추가 비용	전기료	-	2.8백만원	12.4(%)	2백만원	0.7백만원	
	ATC변경	-	8.2억원		-	8.2억원	지멘스

<표 4-5. 속도향상 분석에 따른 종합 결과표 >

○ 역간별 세부 검토결과 : <표 4-6 >

<표 4-6>

< 역간별 속도향상 검토 결과 비교 >

구 분	기존상태		①S/O 해제		②곡선부 향상		① + ②	
	시간	전력	시간	전력	시간	전력	시간	전력
계양 ~ 귤현	86	15.3	86	15.3	82	17.6	82	17.6
귤현 ~ 박촌	141	18.1	141	18.1	135	20.5	135	21.4
박촌 ~ 임학	96	27.6	95	29.9	96	27.6	95	29.9
임학 ~ 계산	101	29.3	100	31.7	93	30.9	92	33.6
계산 ~ 경인교대	85	13.5	85	15.5	78	18.9	78	18.9
경인교대 ~ 작전	74	24.2	72	30.5	74	24.2	72	30.5
작전 ~ 갈산	102	26.5	102	26.5	97	32.3	97	32.3
갈산 ~ 부평구청	78	26.1	76	32.8	78	26.1	76	32.8
부평구청 ~ 부평시장	87	30.1	84	36.8	87	30.1	84	36.8
부평시장 ~ 부평	72	26.4	70	30.2	72	26.4	70	30.2
부평 ~ 동수	94	28.8	94	28.8	76	37.3	76	37.3
동수 ~ 삼거리	86	32.1	86	32.1	84	35.3	84	35.3
삼거리~오거리	104	18.5	102	23.2	104	18.5	102	23.2
오거리 ~ 인천시청	128	25.5	124	25.7	106	24.4	105	28.5
인천시청 ~ 예술회관	79	25.6	76	32.1	79	25.6	76	32.1
예술회관 ~ 터미널	69	21.8	67	28.1	69	21.8	67	28.1
터미널~문학	71	33.4	70	35.7	71	33.4	70	35.7
문학 ~ 선학	71	20.7	69	26.4	71	20.7	69	26.4
선학 ~ 신연수	86	25.7	83	31.8	86	25.7	83	31.8
신연수 ~ 원인재	73	28.3	72	33.9	73	28.3	72	33.9
원인재 ~ 동춘	82	29.4	79	35.9	82	29.4	79	35.9
동춘 ~ 동막	98	17.0	96	25.8	98	17.0	96	25.8
동막 ~ 국제업무지구	504	190.2	504	190.2	504	190.2	504	190.2
분석결과	54	734	52.7	815	52.1	762	51.6	848

※ 검토 후 결과 치 : 적용 가능한 최대 향상치 적용, 정차시간 : 역당 30초

■ 열차 운행특성 분석

구 분	기 존	①S/O 해제	②곡선부 향상	① + ②	비 고
운행시간(분)	54	52.7	52.1	51.6	서행해제 조건 · 만차기준
소비전력(kwh)	734	815	732	848	
열차편성	28/15	27/15	27/14	27/14	
평균통행시간 (분)	10.8	10.6	10.4	10.2	
	-	(-)1.9	(-)3.7	(-)5.6	

■ Logit모형에 의한 Skip-stop효과 예측

○ Slow order 해제

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.521	0.0806
결 과	■신규분담률 : 8.06% ■신규통행량 : 192,409 (+1,432)			

○ 곡선부 속도 향상

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.513	0.0812
결 과	■신규분담률 : 8.12% ■신규통행량 : 193,841 (+2,864)			

○ Slow order 해제 + 곡선부 속도 향상

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.505	0.0818
결 과	■신규분담률 : 8.18% ■신규통행량 : 195,273 (+4,296)			

나) B/C 편익분석에 의한 경제성 검토

■ 편익분석

(단위 : 억원)

구 분			년 수						
			2	4	6	8	10	12	14
S/O 해제	비용	투자	-	-	-	-	-	-	-
		전력비	7.01	7.58	8.20	8.87	9.59	10.38	11.23
		계	7.01	7.58	8.2	8.87	9.59	10.38	11.23
	편익	수익	3.81	4.75	5.88	7.20	8.77	10.61	12.77
		시간가치	12.71	14.28	16.04	18.03	20.25	22.75	25.57
		계	16.52	19.03	21.92	25.23	29.02	33.36	38.34
곡선 속도 향상	비용	투자	8.86	9.51	10.17	10.82	11.48	12.14	12.79
		전력비	2.42	2.61	2.83	3.06	3.31	3.59	3.88
		계	11.28	12.12	13	13.88	14.79	15.73	16.67
	편익	수익	7.62	9.51	11.75	14.41	17.54	21.22	25.54
		시간가치	25.41	28.55	32.05	36.05	40.50	45.51	51.14
		계	33.03	38.06	43.8	50.46	58.04	66.73	76.68
S/O 해제 + 곡선 속도 향상	비용	투자	8.85	9.51	10.17	10.82	11.48	12.14	12.79
		전력비	9.56	10.34	11.18	12.10	13.09	14.15	15.31
		계	18.41	19.85	21.35	22.92	24.57	26.29	28.1
	편익	수익	11.42	14.26	17.63	21.61	26.30	31.83	38.32
		시간가치	38.12	42.83	48.13	54.07	60.76	68.26	76.70
		계	49.54	57.09	65.76	75.68	87.06	100.09	115.02

※ 시간가치 산출 : 3-4-4장 경제성 분석 참조

■ 분석조건

○ 수송량 변화
* 수송승객 증가 편익 : 평일에 한해 산정 (총 263일)
* 수송승객 연평균 6% 증가, 요금 100원/2년 인상 적용
* 수송수익 원단위 : 전체 통행거리 10km 미만으로 평균 900원/인 적용
○ 소비전력
* 적용전력 : 만차 대비 90% 반영하여 1대당 평균 690kwh 적용
* 원단위 : 78원/kwh, 연평균 4% 인상률 적용
○ 투자 기회비용 : 연평균 이자율 4% 적용
○ 시간가치 : 81.12원/분 적용

다) 결론

■ 열차 운행속도 향상을 다각적으로 검토한 결과 직선부 Slow-order 해제 시 약 2.4%(1.3분), 곡선부 과다 또는 균형캔트를 안전범위 내에서 설정캔트로 조정하여 약 3.6%(1.9분) 단축 가능한 것으로 검토됨. 특히 곡선부 속도향상은 궤도분야 레일 내구성 증가 및 원활한 열차 주행성 확보를 위해서도 시행이 필요함

■ 그 외 최고속도 및 가·감속도 향상 등은 지속적인 기술연구를 통해 차후 신규노선 건설시 적용 가능할 것으로 보이며 정차시간 단축은 추가적인 조사 및 검토를 거쳐 단축을 시도해 볼 여지가 있다고 판단됨.

■ 위와 같은 속도향상을 위하여 소비전력 증가 및 시스템 소프트웨어 변경에 따른 비용투자가 필수적이므로 이를 위한 비용편익분석을 수행한 결과 모든 방법에서 B/C ratio 2 이상을 나타내어 경제성 있는 것으로 분석되었으나 비용은 고정 값인데 반해 편익은 추정 값이며 특히 시간가치에 대하여는 승객 개개인이 느끼는 효과가 미미해 편익 증가로서 가치가 있는가에 대한 논란이 있을 수 있음.

■ 하지만 승객 만족도 향상과 저탄소 녹색성장 부흥에 따른 대중교통 활성화를 대 전제로 한다면 충분한 기술적 논의를 거쳐 추진해 볼만하다고 판단됨.

2. 대피선 활용

1) 일반사항

시설개량은 철도 고속화를 위한 가장 효과적인 방법이나 고비용이 소요되므로 기초 연구 자료로서 검토

검토 후 효과분석 및 편익분석을 통해 적용 가능성 정량적 분석

가) 국내 철도 고속화 동향

■ 고속화 선로 시스템 구축
○ 기존 도시철도 : 복복선 설치 (경부선, 경인선 등)
○ 신설 도시철도 : 대피선 설치 (공항철도, 9호선 등)
○ 신설 광역철도 : GTX 등
○ 고속철도 : KTX 추가개통 및 장항선, 전라선, 경춘선 고속화 추진 등
※ 녹색교통수단인 철도이용 증대를 위한 고속화 투자 지속방침 : 국토부

■ 차량 및 신호 성능개선 기술개발
○ 틸팅 차량 : “한빛200호” 개발 및 시험운행 중
○ 기존선 이동폐색 시스템 연구 : 국가 R&D 과제로 선정하여 연구

나) 기존선 고속화를 위한 시설개량 방안

대피선 활용
- ■대피선 신규 설치
- ■기존 유치선 활용
  - 분기기 설치/ 분기기 미설치/ Skip-stop 적용

차량개선
- ■틸팅차량 도입 및 고성능(가감속 향상 등) 차량 연구

선로,신호 개선
- ■기존선 이동폐색 시스템 도입 연구
- ■선로조건 변화 : 곡선부 캔트 상향, 곡선반경 확대
- ■분기기 고번화

※ 본 검토에서는 대피선 활용방안에 대해서만 다룸

다) 대피선 운용 검토 개요

■ 검토 방향

○ 이미 건설되어 운영 10년차에 접어든 시설물에 신규 대피선을 설치하는 것은 경제성, 안전성 미비로 사실상 어려운 일이나,

○ 향후 교통여건 및 정책변화에 효과적으로 대응하고 신규노선 건설시 열차운영계획 등에 대비한 기초자료로서 연구하고자 하며,

○ 기 운영 중인 서울 9호선 급행시스템 등을 참고하여 우리 시스템의 급행화가 가능하다고 가정하고 최적 적용방안을 모색함

■ 검토 기본 사항

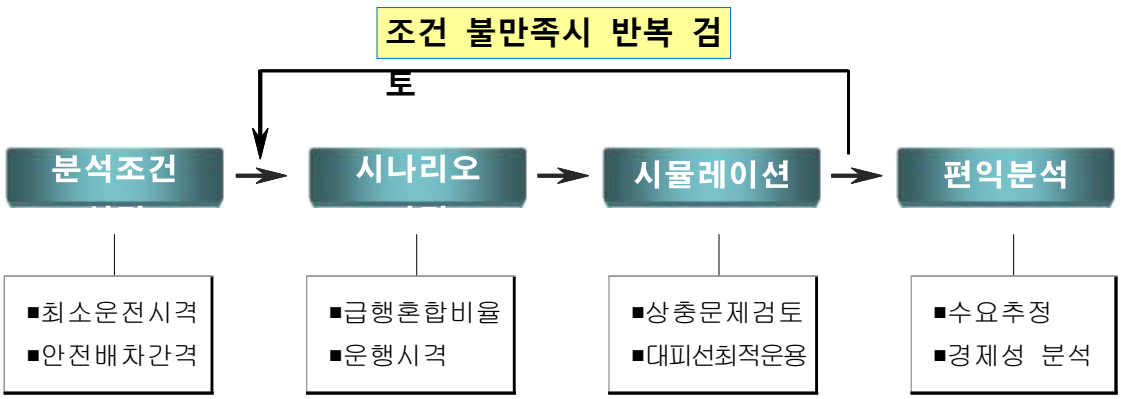
○ 분석조건 : 신규대피선 설치, 기존 유치선 활용

○ 열차제어 : 차상 자동제어장치에 의한 완·급행 속도 제어

○ 열차운행조건 : 완행고정 급행속도조절 방식

○ 분석방법 : 운행선도 시뮬레이션 프로그램 활용

■ 검토 흐름



■ 검토 대상

○ 대 상

신규 대피선 설치	기존 유치선 활용	
	분기기 설치	분기기 미설치
최적 필요개소 선정	상·하행 교행 분기기 설치	■ 기존 유치선 설치방향 의존 ■ Skip-stop 병행 활용

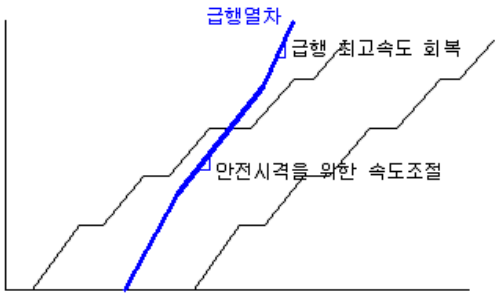
※ 열차 후진에 의한 방법은 안전성 결여로 미 검토

○ 대피선 운용방법 비교

구 분	기존 유치선 활용			신규대피선 설치
	분기기 미설치		분기기 설치	
비 용	CCTV 설치	-	약 15억원/1틀	약 271억원/1선
방 법	후 진	일부구간 급행	제한적 급행	급행
검토 사항	■ATC 미보호 ■주행안전성 ■열차 대기시간	■승객안전성 ■급행효과	■구조물 보강 ■구조해석	■비용대비 효과 ■주변 미원

■ 대피선 운행 유형

○ 완·급행열차 운행 조건



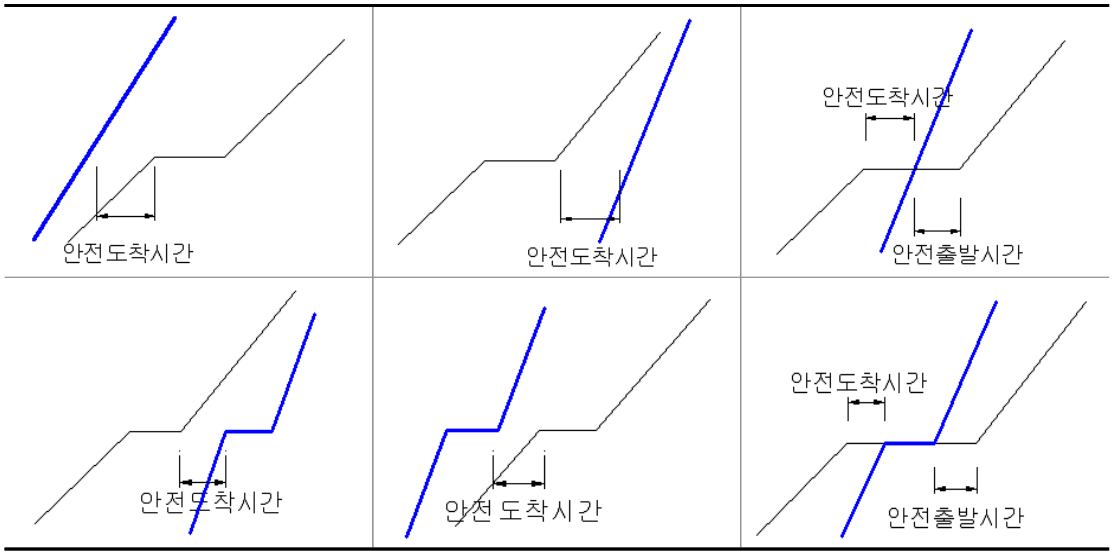
완행고정 급행 속도조절(적용검토방식))



급행고정 완행 속도 조절

○ 완·급행열차 운행 기본 유형

(── : 완행열차, ── : 급행열차)



라) 유관기관 사례 검토(Metro 9)

■ 개 요

○ 규 모 : 개화역~신논현역(25개역), 27km(영업연장)

○ 운 영 : 완행(7~10분 간격), 급행(10~20분 간격)

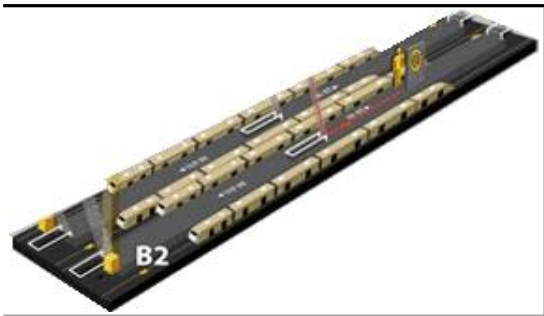
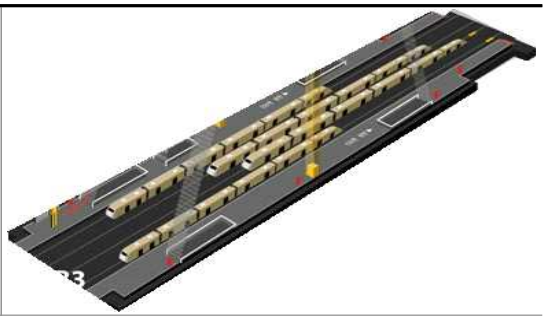
○ 운 행 : 평일 366회(완행 254회, 급행 112회)

○ 표정속도 : 완행(31.2km/h), 급행(54km/h)

■ 노선 및 정차역 개요도

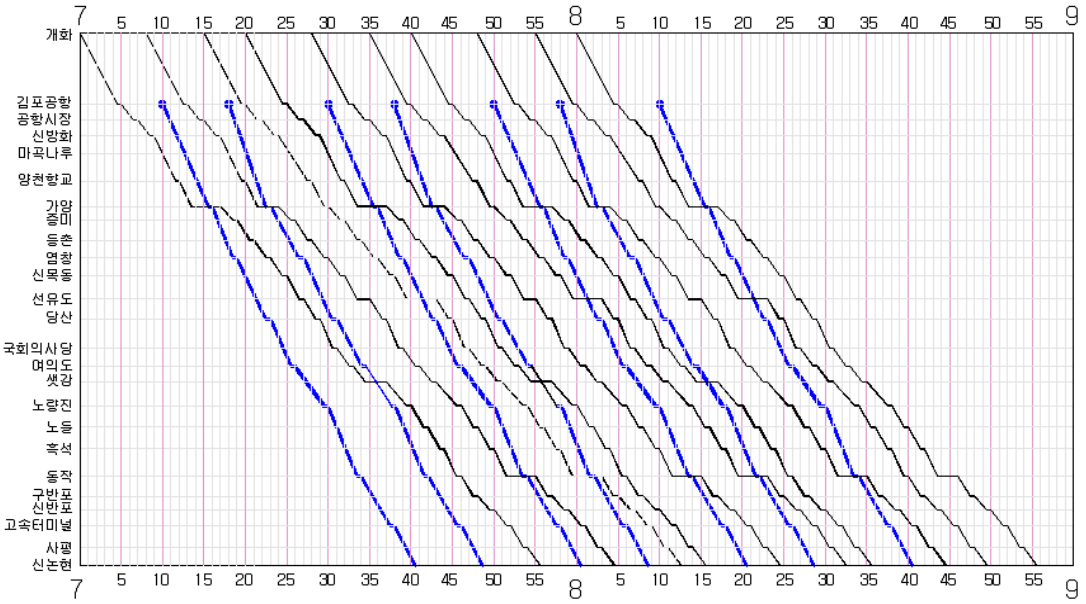
구분	개화	김포공항	공항시장	신방화	마곡나루	양천향교	가양	증미	등촌	염창	신목동	선유도	당산	국회의사당	여의도	샛강	노량진	노들	흑석	동작	구반포	신반포	고속터미널	사평	신논현
급행	×	○	×	×	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	×	○	×	×	○	×	○
완행	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
대피역					●		●					●				●				●				●	
노선도																									

■ 대피선 형식

	
쌍섬식(가양, 동작)	상대식(선유도, 샛강, 사평)

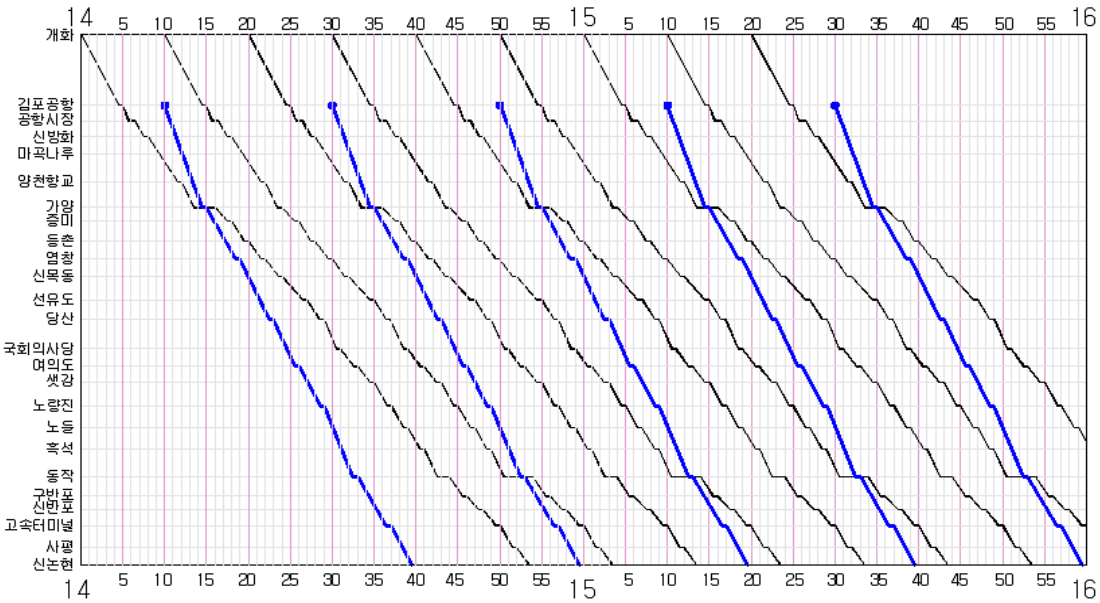
■ 완·급행 운행선도

○ 첨두시 : 8분→7분→5분 간격의 반복적 배차 형식이며 8분 및 7분 간격 사이에서 급행운행(완-급-완-급-완행 반복, 1:1 과 2:1 혼용 배차)



< 첨두시 운행선도 >

○ 비첨두시 : 완행 10분, 급행 20분 간격의 균일한 배차 패턴 (완-급-완행 반복, 2:1배차)



< 비첨두시 운행선도 >

2) 신규 대피선 설치

기존 노선에 신규로 대피선을 설치할 수 있다고 가정하여 검토
배차간격 : 첨두($4_{(완)}$-$4_{(급)}$-$4_{(완)}$-$4_{(급)}$-$4_{(완)}$), 비첨두($5_{(완)}$-$10_{(완)}$-$10_{(완)}$-$5_{(급)}$)
대피선 : 상선(캠퍼스타운, 간석오거리), 하선(부평구청, 선학), 1,084억원 소요
결과 : 표정속도 38.2% 향상 (32.7km/h → 45.2km/h)

가) 사전검토사항

■ 초기 검토조건
○ 최소운전시격 : 본선구간: 30초, 역사구간 : 105초, 역사교행구간 : 80초
○ 완·급행 배차 비율 : 2:1 ~ 4:1
○ 배차간격 : 현재 운용상태 기준 (첨두 4~5분, 비첨두 8~10분)
○ 완·급행 혼용운용 방식 : 완행고정 급행속도조절 방식
○ 열차 운행 조건 : 정차시간(30초), 역 통과속도(60km/h)

■ 급행 정차역 선정
○ 선정기준 : 환승역, 통행량 및 완·급행 균형
○ 정차역 : 총 11개역

구 분	계	내 용	환승역
급행정차	11	■ 통행량 2만인 이상역 : 4개역	부평구청 부평 인천시청 원인재
		■ 시·종점역 및 환승역 : 6개역	
		■ 완·급행 균형 따른 정차역 : 1개역	

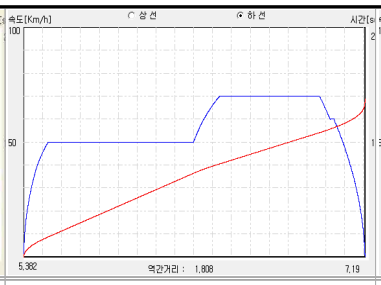
구분	계양	귤현	박촌	임학	계산	교대	작전	갈산	구청	시장	부평	동수	삼거리	오거리	시청	예술	터미널	문학	선학	신연수	원인재	동춘	동막	캠퍼스	테크노	지식정보	인천대	센트럴	국제업무
완행	●	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	○	○	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	●
급행	●				●		●		●		●				●		●		●		●					●			●

■ 급행 운전 조건

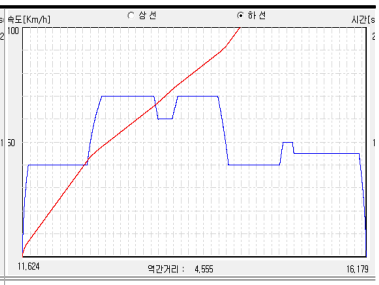
○ 역 구간 시뮬레이션



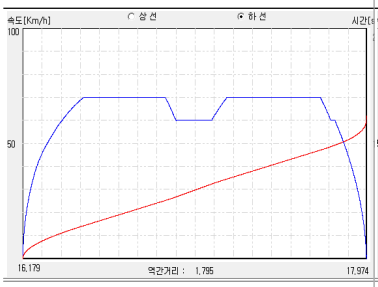
계양 ~ 계산



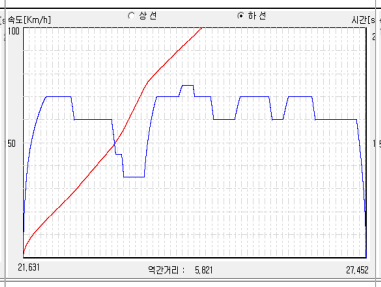
계산 ~ 작전



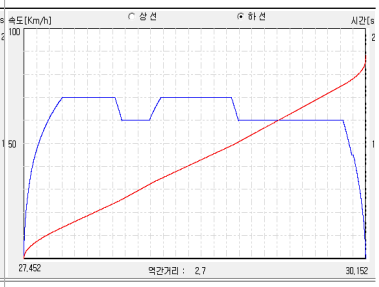
부평 ~ 인천시청



인천시청 ~ 인천터미널



원인재 ~ 인천대입구



인천대입구 ~ 국제업무지구

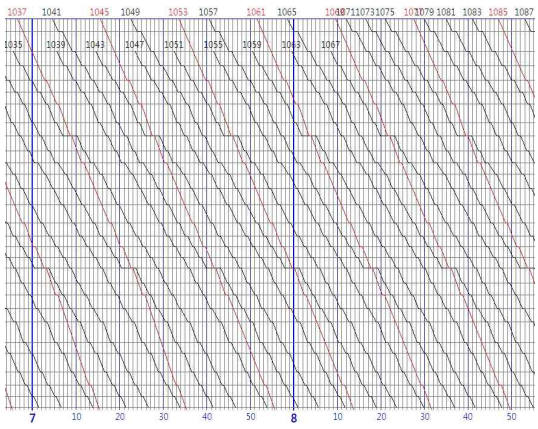
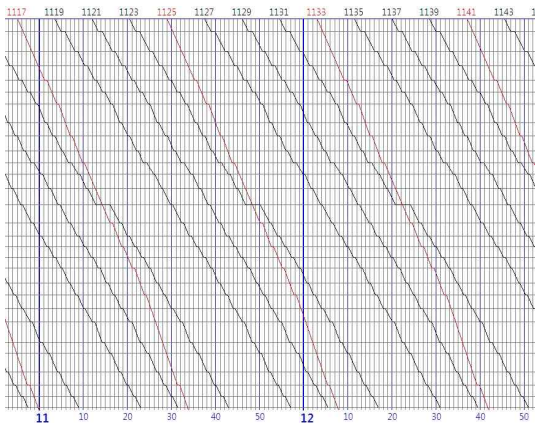
○ 시뮬레이션 결과 운전시분

구간	거리(km)	운전시분(초)		소비전력(kw/h)	
		상선	하선	상선	하선
계양 ~ 계산	4.65	476(356)	370	50.0	71.0
계산 ~ 작전	1.81	138	136	39.6	24.8
작전 ~ 구청	2.41	154	154	52.0	37.4
구청 ~ 부평	2.03	133	135	42.4	42.5
부평 ~ 시청	4.56	336	350	75.0	76.0
시청 ~ 터미널	1.8	124	123	43.8	31.7
터미널 ~ 선학	1.65	116	116	38.1	40.7
선학 ~ 원인재	2.01	133	133	43.1	39.8
원인재 ~ 인천대입구	6.81	390	420	116	110.0
인천대입구 ~ 국제업무	1.7	118	122	35.8	38.7
계	29.4	2118	2059	535.8	512.6

※ 계양 ~ 계산(상선) 운전시분 : 당초 356분 → 476분(지연운행, 2분증가)

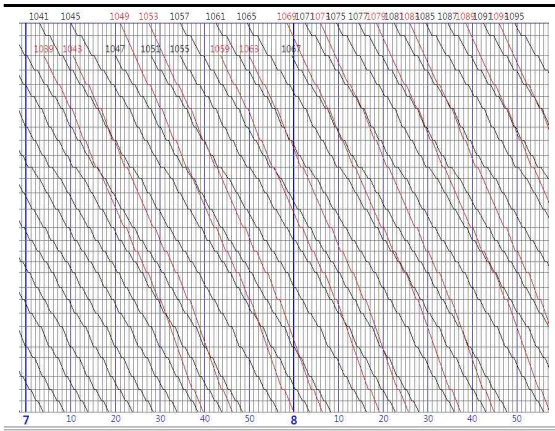
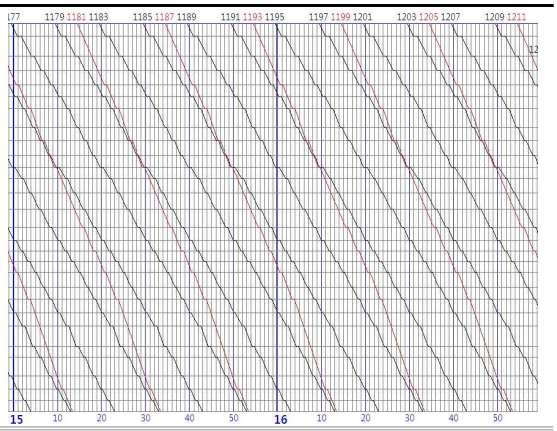
나) 시나리오 설정 및 최적안 선정

■ 시나리오 1안 (현행시간표 적용, 3:1배차)

첨두시	비첨두시
	

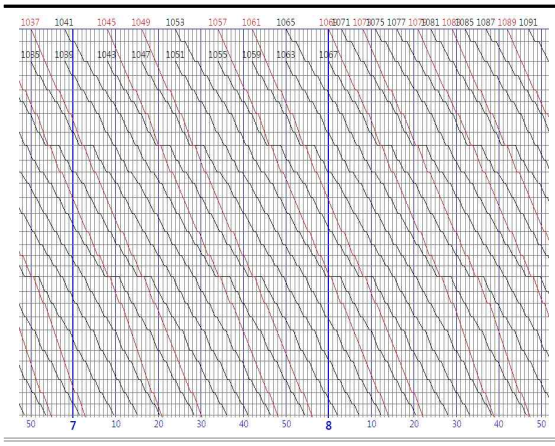
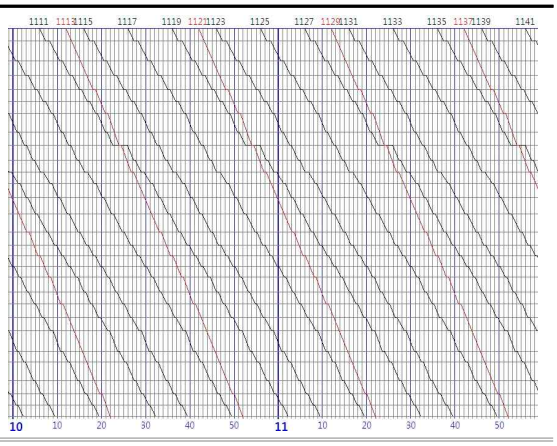
- 배차시간 : 첨두 4.5분, 비첨두 8.5분
- 대피역 : 4개역(부평구청, 간석오거리, 선학, 캠퍼스타운)
- 최대 완행 대기시간 : 첨두시 9분, 비첨두시 17분
- 열차운행회수는 최소화 되나 완행 대기시간이 다소 길어짐

■ 시나리오 2안 (9호선 방식, 1:1~2:1배차)

첨두시	비첨두시
	

- 배차시간 : 첨두 8-7-5분, 비첨두 10분
- 대피역 : 4개역(작전, 부평구청, 간석오거리, 동막)
- 최대 완행 대기시간 : 첨두시 8분, 비첨두시 10분
- 첨두시 급행 시점이 계양, 박촌 2개 역으로 운행 통일성 저하

■ 시나리오 3안 (시나리오 2 배차간격 조정, 3:1배차)

	
첨두시	비첨두시

- 배차시간 : 첨두 8-8-5분, 비첨두 10분
- 대피역 : 4개역(부평구청, 간석오거리, 선학, 캠퍼스타운)
- 최대 완행 대기시간 : 첨두시 8분, 비첨두시 10분
- 급행시점 계양역 통일로 안정성 확보되나 Dia 스케쥴링 다소 난이

■ 시나리오 분석(하행선 편도) 비교 및 최적안 선정

구 분		기존방식	1안	2안	3안
완행배차시간	첨두	4.5분	4.5분	8-7-5분	8-8-5-5분
	비첨두	8.5분	8.5분	10-5분	10-5분
완·급 형태	첨두		완-완-완-급	완-급-완-급-완	완-급-완-급-완-완
	비첨두			완-급-완	완-완-완-급
완행대기시간(첨두/비첨두)		4.5/8.5	9/17	8/10	8/10
급행비율		-	3:1	1:1 ~ 2:1	3:1
필요 대피선 수		-	4	4	4
급행 시점		-	계양	계양, 박촌	계양
열차편성	첨두	28	26	28	28
	비첨두	15	14	17	16
방식결정		승객편의성, 운행 안정성을 고려하여 3안 방식 적용			

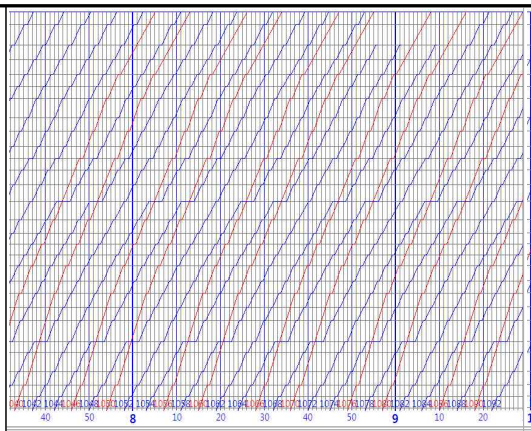
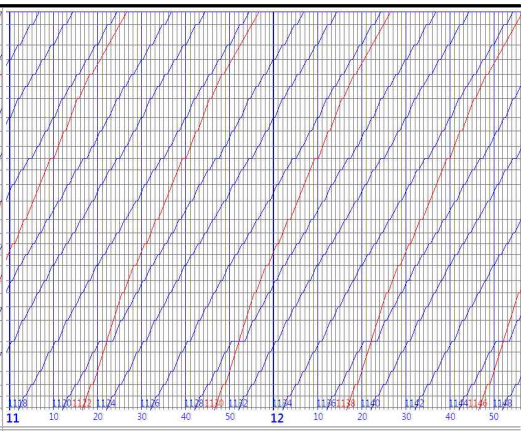
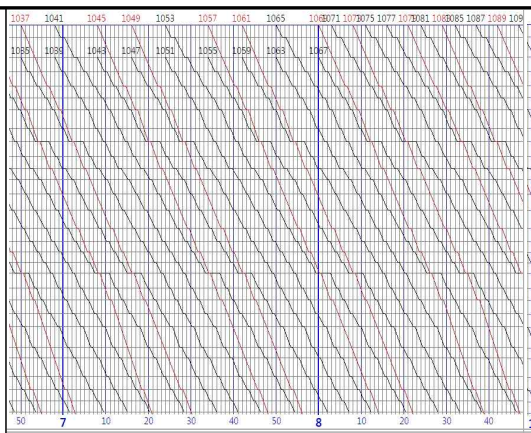
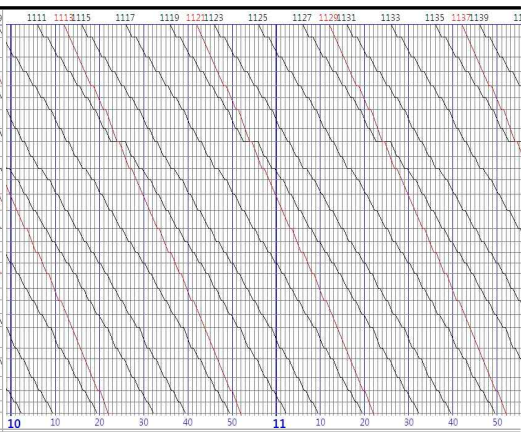
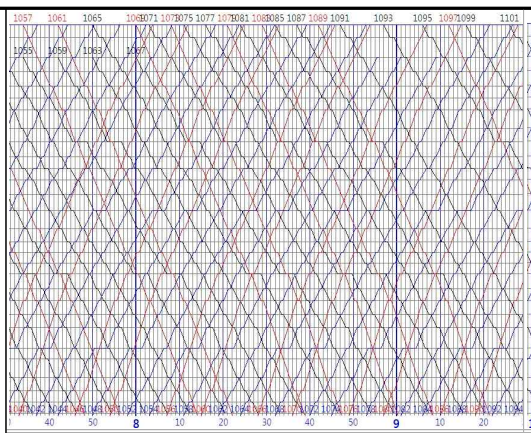
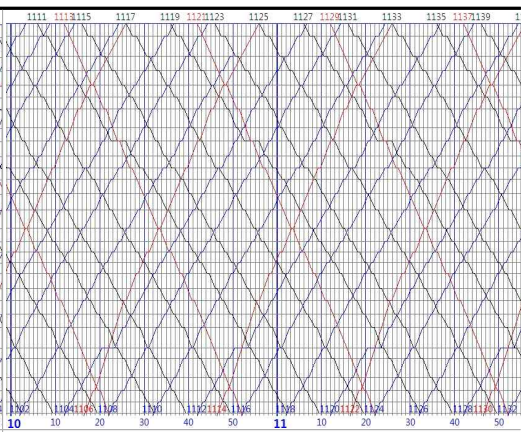
■ 최적안 선정 결과

○ 배차간격 : 첨두(4-4-4-4-5분), 비 첨두(10-10-5-5분)

○ 기본 완·급 운행형태 : 첨두(완-급-완-급-완), 비첨두(완-완-완-급)

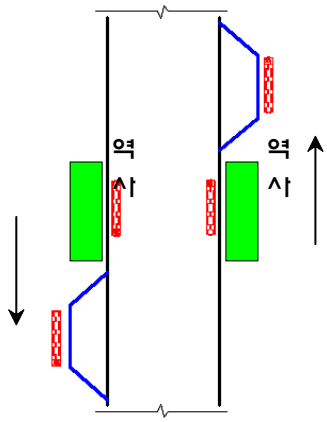
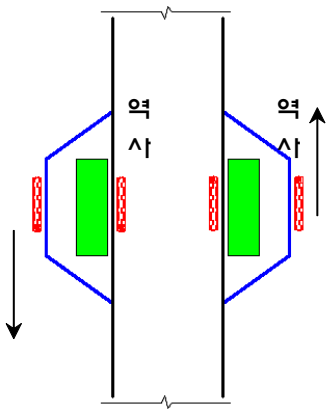
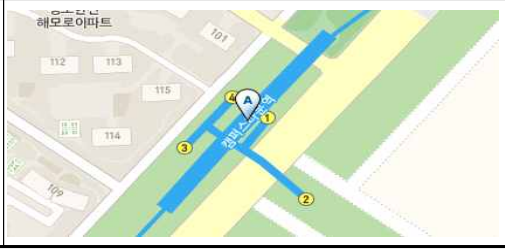
○ 대피선 : 4개역(부평구청, 간석오거리, 선학, 캠퍼스타운)

○ 운행회수 : 약354회 예상 (기존 대비 13% 증가, 9호선 366회와 유사)

상선		
	첨두시	비첨두시
하선		
	첨두시	비첨두시
상·하선		
	첨두시	비첨두시

다) 개략적 대피선 설치(안)

■ 위치 및 설치형태

구분	위치도	설치형태
부평구청		
간석오거리		전·후 유치선 설치
선학		
캠퍼스타운		쌍섬식(역사 여유공간 확보 시)

라) 효과분석

■ 열차성능 분석

구 분			운행시간 (분)	표정속도 (km/h)	소비전력 (kwh)	열차편성 (대)	비 고
기존운행			54	32.7	734	28/15	
완·급행 혼용운행	완행		59	29.9	734	28/16	■열차1대 기준 ■지연구간 - 상선 - 2분 (계산~계양)
			(+)9.3%	(-)8.5%	-		
	급행	상선	40	44.1	535.8		
			(-)25.9	(+)34.8	(-)27.0		
		하선	39	45.2	512.6		
			(-)27.8%	(+)38.2%	(-)30.2%		

■ 운행특성 분석

구 분		통행량 (인)	비율 (%)	평균통행시간 (인/분)	평균대기시간 (인/분)	비 고
각역정차		190,977	-	10.8	6.7	기존방식
특성 비교	급 행	90,753	47.6	9.1	13.2	기존방식 대비
	증가율(%)	-	-	(-)15.7	(+)97.0	
	완행	190,977	100	10.8	9.6	
	증가율(%)			-	(+)43.3	

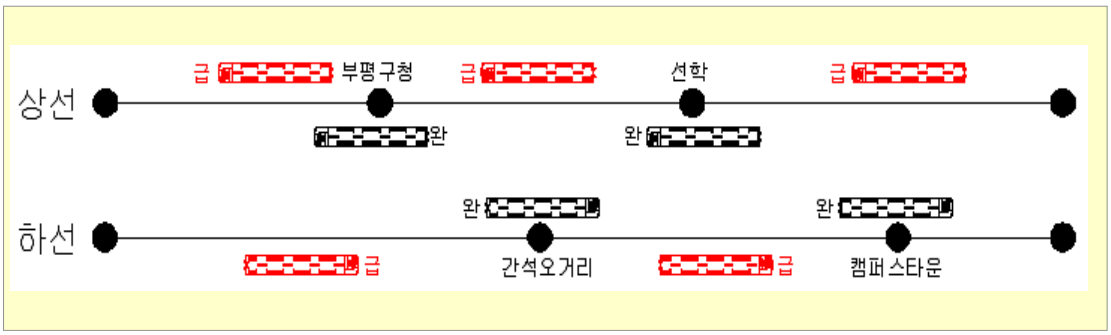
※ 급행 통행량 산정 시 급행 미정차역 하차승객 고려
: 급행을 타기위한 환승승객 고려

■ Logit모형에 의한 급행도입 효과 예측

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.461	0.0852
결 과	■신규분담률 : 8.52% ■신규통행량 : 203,390 (+12,413)			

마) 검토 결과

■ 운행 모식도



■ 검토 결과

○ 환승역 및 통행량을 고려하여 시·종점 포함 11개역을 정차역으로 선정하고 Simulation을 수행한 결과 급행열차는 전체구간 기준으로 운행시간이 14분 단축되어 표정속도가 45km/h까지 상승되었으나, 완행열차는 급행 대피시간이 필요하여 운행시간이 5분 증가하고 표정속도가 29.9km/h로 저하되었음.

○ 신규로 건설해야 하는 대피선은 총 4곳으로 주로 도심지에 위치하고 있으며 지하구조물 시공에 따른 교통, 보상, 민원 및 고가의 시공비용 등 상당한 어려움이 산재해 있고 노선의 길이 및 환승조건이 아직 충분치 않아 현재로서는 투자가치가 없다고 볼 수 있으나, 표정속도 향상에 가장 적합한 방법이므로 향후 교통여건 및 정책 변화 시 기초자료로 활용할 수 있도록 효과 및 비용을 계량적으로 제시하였음.

○ 급행운행 방식은 9호선 방식을 우리 운행방식에 맞게 변형한 것으로 첨두시 1:1~2:1 배차(완-급-완-급-완), 비첨두시 3:1배차(완-완-완-급)형식이며 이 경우 기존대비 열차운행회수가 약 15%가량 증가할 것으로 예상되나 소비전력이 열차 1대당 약 30%가량 감소되어 비용면에서 전력비 증가량이 상당부분 상쇄됨.(전체 증가량 대비 70% 상쇄)

○ 도입 효과로는 표정속도가 약35% 향상되어 39분 만에 전 구간을 주파할 수 있고 전환수요에 의해 신규 수단 분담률이 0.52% 상승하여 약 2,413명의 신규 승객수요 창출이 예측됨.

3) 유치선 활용 (분기기 설치)

기존 유치선에 하선과 유치선 교행 분기기 설치를 가정하여 검토

배차간격 : 첨두($3.5_{(완)}$-$3_{(급)}$-$3.5_{(완)}$-$6_{(완)}$-$5_{(완)}$),
비 첨두($5_{(완)}$-$10_{(완)}$-$10_{(완)}$-$5_{(급)}$)

대피선 : 상선(동막, 작전), 하선(작전, 예술회관), 분기기설치(작전역 하선방향)

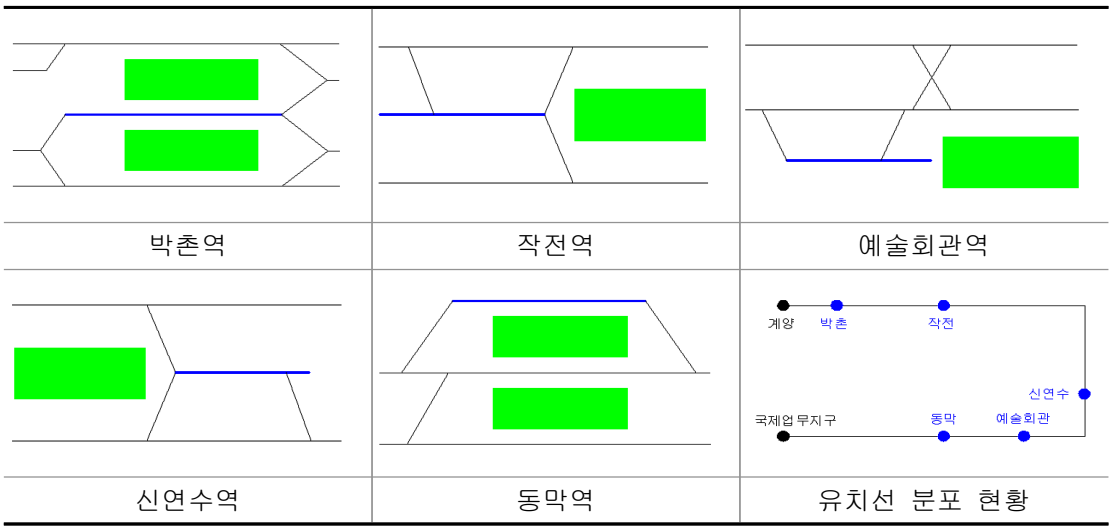
결과 : 표정속도 29.6% 향상 (32.7km/h → 42.4km/h)

가) 사전 검토사항

■ 검토 배경

○ 기 검토한 바와 같이 신규설치는 도시철도 특성상 설치가 난이하고 막대한 비용이 소요됨에 비해 그 효과는 단일노선에 따라 한계가 있으므로, 차선책으로서 기존 유치선을 대피선으로 활용하는 방안에 대에 검토하고자 하며, 기존 유치선의 효과적인 대피선 활용을 위하여 상·하선 교차 분기기 설치가 필요하고 이는 시설물 구조해석 등의 안정성 검토가 필수적이나 본 검토에서는 기술적으로 분기기 설치가 가능하며, 열차안전에 지장이 없다고 가정함

■ 기존 유치선 부설 현황



나) 반복 시뮬레이션 수행에 따른 최적 운영방안 도출

■ 초기 검토 조건

○ 검토방향

* 기존 유치선에 상·하선 교행 분기기 설치를 가정한 검토
* 한 유치선을 상선과 하선 모두 사용하는 경우가 없도록 함

○ 열차운행조건

* 최소운전시격 : 본선구간 : 30초, 역사구간 : 105초, 역사교행구간 : 80초
* 완·급행 배차 비율 : 3:1 (첨두7-6-5분, 비 첨두10분)
* 배차간격 : 첨두7-6-5분(완-급-완-완), 비 첨두10분(완-급)

※ 9호선 운행방식에서 급행 횟수를 줄임

* 완·급행 혼용운용 방식 : 완행고정 급행속도조절 방식

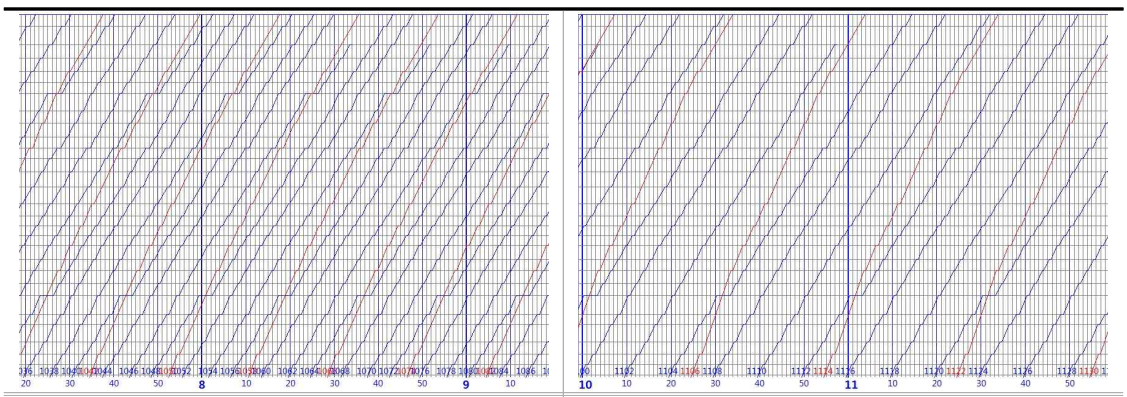
※ 대피선 위치에 따라 급행속도가 유동적으로 저하됨

* 열차 운행 조건 : 정차시간(30초), 역 통과속도(60km/h)

○ 정차역 설정 (신규 대피선 설치와 동일)

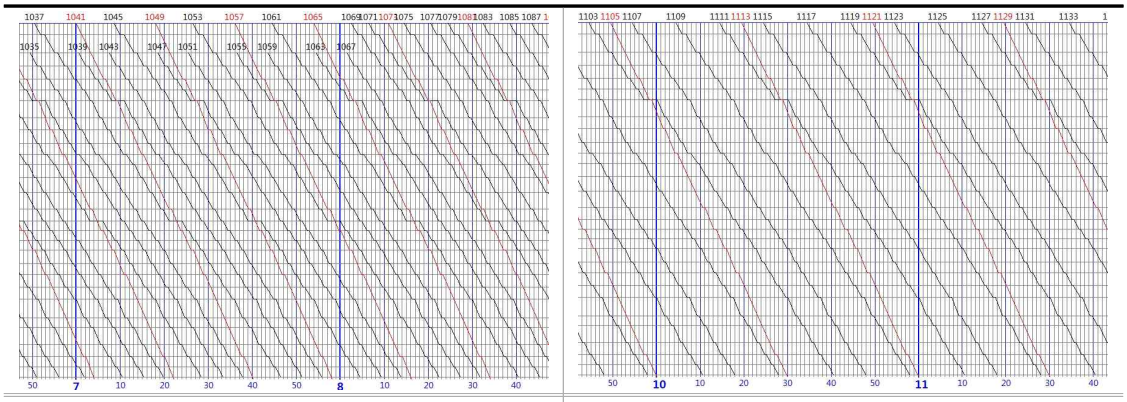
구분	계양	귤현	박촌	임학	계산	교대	작전	갈산	구청	시장	부평	동수	삼거리	오거리	시청	예술	터미널	문학	선학	신연수	원인재	동춘	동막	캠퍼스	테크노	지식정보	인천대	센트럴	국제업무
완행	●	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	○	○	●	○	●	○	○	○	●	○	○	○	○	●	○	○	●
급행	●				●		●		●		●				●		●		●		●					●			●

■ 시뮬레이션 결과



첨두시 | 비첨두시

< 상선 >



첨두시	비첨두시

< 하선 >

■ 대피선 운용 방법

구 분	상 선	하 선	비고
첨두시	동막역, 작전역	작전역, 예술회관역	■분기기 설치 - 작전역 하선
비첨두시	동막역	작전역	

■ 급행속도조절 방식에 따른 운전시분 변화 (첨두 시간/비 첨두 시간)

구간	상 선				하 선			
	당초		변경운행		당초		변경운행	
	시분	전력	시분	전력	시분	전력	시분	전력
계양 ~ 계산	356	81.7	356/400	81.7/59	370	71.0	370	71.0
계산 ~ 작전	138	39.6	138	39.6	136	24.8	136	24.8
작전 ~ 구청	154	52.0	200/154	22.0	154	37.4	154	37.4
구청 ~ 부평	133	42.4	150/133	33.0	135	42.5	135	42.5
부평 ~ 시청	336	75.0	370/336	64.0	350	76.0	350	76.0
시청 ~ 터미널	124	43.8	124	43.8	123	31.7	123	31.7
터미널 ~ 선학	116	38.1	116	38.1	116	40.7	116	40.7
선학 ~ 원인재	133	43.1	133	43.1	133	39.8	133	39.8
원인재 ~ 인천대	390	116	500/390	63.0/116	420	110.0	500/500	58.0
인천대 ~ 국제업무	118	35.8	118	35.8	122	38.7	122/150	38.7/20.0
계	1880	567.5	2087/2042	464/494	1937	512.6	2017/2167	461/442

라) 효과분석

■ 열차성능 분석

구 분			운행시간 (분)	표정속도 (km/h)	소비전력 (kwh)	열차편성 (대)	비 고
기존운행			54	32.7	734	28/15	
완·급행 혼용운행	완행		59	29.9	734	28/16	■열차1대 기준 ■ 첨 두 시 와 비 첨 두 시 중 불리한 쪽 기술
			(+)9.3%	(-)8.5%	-		
	급행	상선	40.4	43.7	494		
			(-)25.2	(+)33.6	(-)32.7		
		하선	41.6	42.4	442		
			(-)22.9%	(+)29.7%	(-)39.8%		

■ 운행특성 분석

구 분		통행량 (인)	비율 (%)	평균통행시간 (인/분)	평균대기시간 (인/분)	비 고
각역정차		190,977	-	10.8	6.7	기존방식
특성 비교	급 행	90,753	47.6	9.2	12.6	기존방식 대비
	증가율(%)	-	-	(-)14.8	(+)103	
	완행	190,977	100	10.8	9.4	
	증가율(%)			-	(+)51.6	

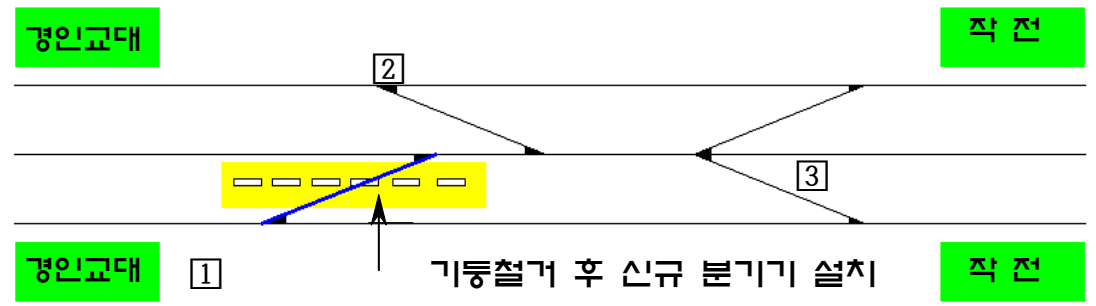
※ 급행 미정차역 승차승객 미고려(단 급행환승을 위해 미정차역 하차승객은 고려)

■ Logit모형에 의한 급행도입 효과 예측

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.465	0.0849
타교통수단 분담률 변화	■ 버스 (0.263→0.257), ■ 승용차 (0.503→0.491) ■ 택시 (0.006→0.006)			
결 과	■신규분담률 : 8.49% ■신규통행량 : 202,674 (+11,697)			

라) 분기기 설치 검토

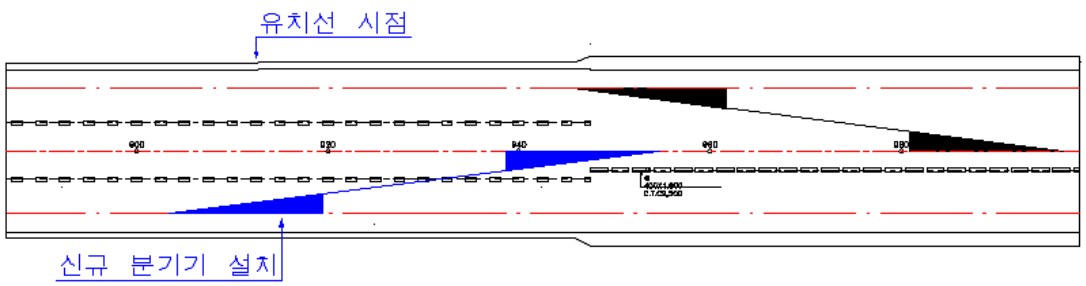
■ 분기설치 개념도





1 | 2 | 3

■ 도면검토



■ 검토내용

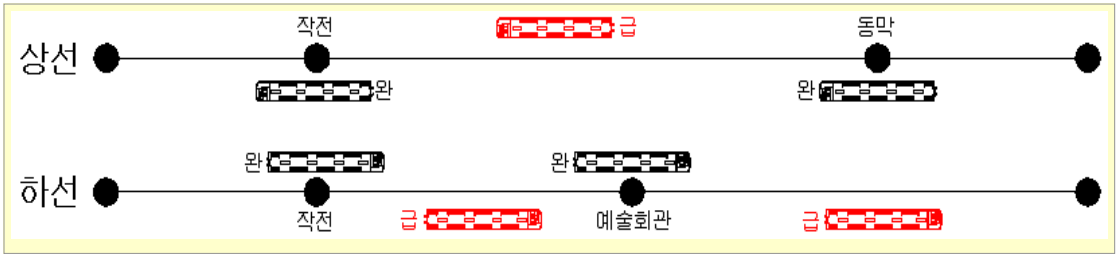
○ 분기기 설치공간은 확보되나 분기기 설치구간에 있는 기둥 및 하부거더 약 50m 정도를 제거해야 함 (기둥 400×1,100 CTC2,500)

○ 실 운행선상 시공으로 국내 사례가 없으며 열차 안전운행에 상당한 영향을 끼치게 되므로 면밀한 사전검토 필요

○ 예상비용 : 15억원 이상 (재료비, 시공비, 구조물 철거 및 보강비)

마) 검토결과

■ 운행 모식도



■ 검토 결과

○ 선로에 설치되어 있는 역사 유치선을 활용한 대피선 운용을 검토한 결과 최적운용이 되기 위해서는 작전역 하선 방향에 분기기를 설치해야 하는 것으로 검토되었으며, 분기기 설치 시 공간 확보는 가능하나 기둥, 하부 거더 제거 및 구조물 보수·보강이 선행되어져야 하며 야간작업시간 부족, 중장비 진입난이 등 작업성이 결여되고 구조해석의 결과에 따라 설치가 불가능할 수도 있어 어려움이 예상됨.

○ 정차역은 11개역 그대로 적용하여 분석한 결과, 상선(동막, 작전), 하선(작전, 예술회관) 4개의 대피선으로 운영되며 급행열차는 안전시격을 위해 다소 속도가 저감되어 운행시간이 13분 단축됨에 따라 표정속도가 42.5km/h로 향상되고 완행은 급행 대피를 위해 5분 증가하여 29.9km/h로 저하됨

○ 유치선을 대피선으로 사용 시 가장 문제점은 동막역을 제외한 모든 대피선이 선로 내에 위치하고 있어 승객들이 어두운 선로에서 3분가량을 대피해야하기 때문에 승객들의 심리적 불안감이 증가되어 민원의 대상이 될 가능성이 높음

○ 급행방식은 9호선 방식에서 급행회수를 줄인 방식으로 전체운행회수는 기존과 비슷하나 급행열차 소비전력이 35%가량 저감되어 전력 면에서는 경제적인 운용방식이 가능할 것으로 보이며 전환수요에 의한 신규수요 창출은 분담률 대비 0.49% 증가한 11,697명이 증가할 것으로 예측됨

4) 유치선 활용 (분기기 미설치)

기존 유치선을 분기기 설치없이 대피선으로 활용하는 방법 검토

배차간격 : 첨두($4.5_{(완)}$-$4.5_{(완)}$-$4.5_{(완)}$-$4.5_{(급)}$),
비 첨두($6_{(완)}$-$8.5_{(완)}$-$8.5_{(완)}$-$6_{(급)}$)

대피선 : 상선(동막, 작전), 하선(예술회관, 신연수)

결과 : 표정속도 20% 향상 (32.7km/h → 40.0km/h)

가) 사전 검토사항

■ 검토 배경

시설개량은 철도 고속화를 위한 가장 효과적인 방법이나 고비용이 소요되므로 기존 유치선 설치 방향만을 고려하여 추가 비용 없는 유치선 활용방안 검토

■ 초기 검토 조건

○ 검토방향

* 작전역과 예술회관역 사이 9개 역사에는 유치선이 없어 일관적인 급행 운영이 어려우므로, 통행량이 많은 역을 기준으로 정차역을 선정하되 완행열차 승객의 편의성을 최대한 고려하여 반복적 시뮬레이션 결과에 따라 최적 급행 정차역 지정

○ 열차운행조건

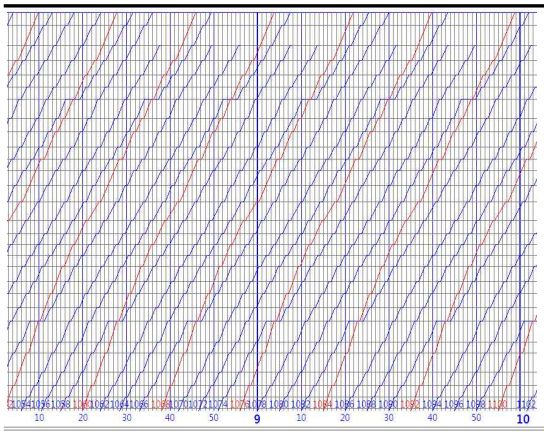
* 최소운전시격 : 본선구간: 30초, 역사구간 : 105초, 역사교행구간 : 80초
* 완·급행 배차 비율 : 3:1
* 배차간격 : 첨두 4.5분, 비첨두 8.5 - 5분
* 완·급행 혼용운용 방식 : 완행고정 급행속도조절 방식
* 열차 운행 조건 : 정차시간(30초), 역 통과속도(60km/h)

○ 유치선 방향에 따른 선별 이용가능 대피선

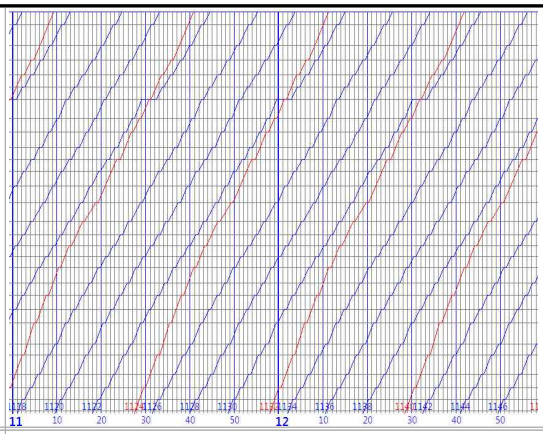
구 분	상 선	하 선
가능 대피선	동막, 작전, 박촌	박촌, 예술회관, 신연수, 동막

나) 반복 시뮬레이션 수행에 따른 최적 운영방안 도출

■ 시뮬레이션 결과

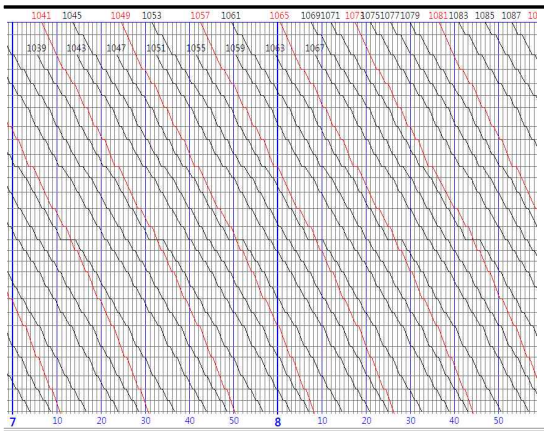


첨두시

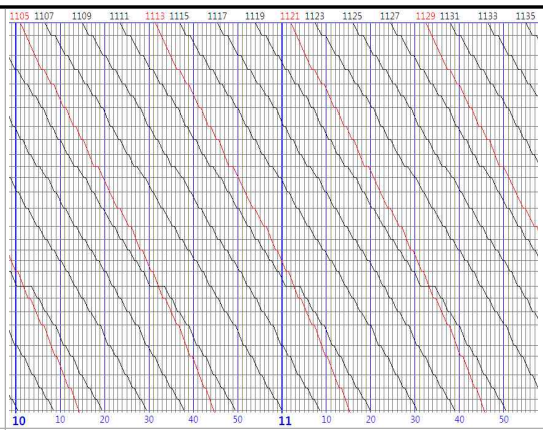


비첨두시

< 상선 >



첨두시



비첨두시

< 하선 >

■ 정차역 설정

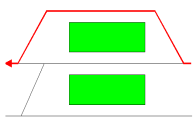
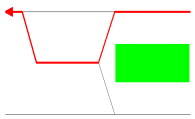
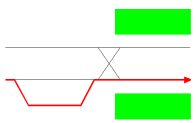
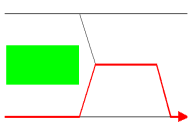
구분	계양	귤현	박촌	임학	계산	교대	작전	갈산	구청	시장	부평	동수	삼거리	오거리	시청	예술	터미널	문학	선학	신연수	원인재	동춘	동막	캠퍼스	테크노	지식정보	인천대	센트럴	국제업무
완행	●	○	○	●	●	○	●	●	●	○	●	○	○	●	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
급행	●			●	●		●	●	●		●			●	●		●		●		●		●		●		●		●

※ 시뮬레이션에 의한 최적 정차역 선정

■ 운전시분

구간	거리(km)	운전시분(초)		소비전력(kw/h)	
		상선	하선	상선	하선
계양 ~ 임학	3.51	272	288	69.3	47.4
임학 ~ 계산	1.11	103	101	22.2	29.3
계산 ~ 작전	2.91	138	136	39.7	45.1
작전 ~ 갈산	1.44	102	102	38.8	26.5
갈산 ~ 부평구청	0.97	78	78	27.6	26.1
부평구청 ~ 부평	2.03	150(133)	135	42.4	42.5
부평 ~ 간석오거리	3.19	250(215)	300(260)	65.3	57.1
간석오거리 ~ 인천시청	1.36	150(135)	128	18.2	25.5
인천시청 ~ 인천터미널	1.80	150(124)	123	43.9	31.7
인천터미널 ~ 선학	1.65	116	116	38.2	40.8
선학 ~ 원인재	2.0	133	133	43.2	39.9
원인재 ~ 동막	2.05	136	157	43.9	32.3
동막 ~ 테크노파크	2.36	132	149	47.8	53.7
테크노파크 ~ 인천대입구	2.40	158	156	56.3	49.7
인천대입구 ~ 국제업무	1.71	118	118	35.8	38.7
계	29.4	2186	2220	632.6	586.3

■ 대피선 활용

구 분	상 선		하 선	
첨두시	동막역, 작전역		예술회관역	
비첨두시	작전역		신연수역	
유치선방향	 <동막>	 <작전>	 <예술회관>	 <신연수>

다) 효과분석

■ 열차성능 분석

구 분			운행시간 (분)	표정속도 (km/h)	소비전력 (kwh)	열차편성 (대)	비 고
기존운행			54	32.7	792/734	28/15	■열차1대 기준
완·급행 혼용운행	완행	상선	59	29.9	792	28/16	
			(+)10.7%	(-)9.7%	-		
		하선	56.5	31.2	734		
			(+)6.0%	(-)5.7%	-		
	급행	상선	44.0	40.1	632		
			(-)17.4	(+)21.1	(-)20.2		
		하선	44.5	39.7	586		
			(-)16.5%	(+)19.9%	(-)20.2%		

■ 운행특성 분석

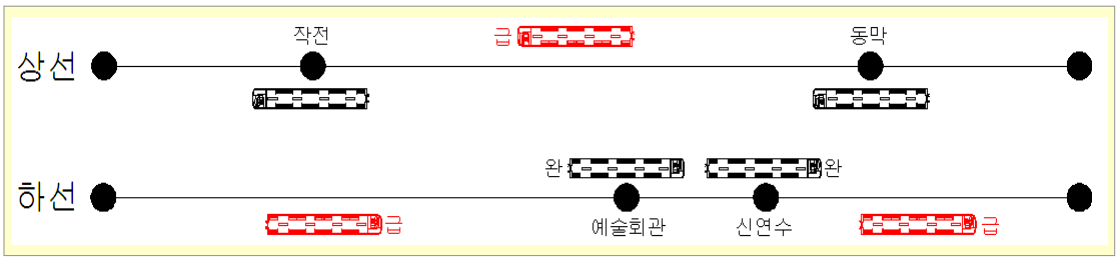
구 분		통행량 (인)	비율 (%)	평균통행시간 (인/분)	평균대기시간 (인/분)	비 고
각역정차		190,977	-	10.8	6.7	기존방식
특성 비교	급 행	122,083	64.0	9.6	16.7	기존방식 대비
	증가율(%)	-	-	(-)11.1	(+)149	
	완행	190,977	100	10.8	9.5	
	증가율(%)	-	-	-	(+)41.8	

■ Logit모형에 의한 급행도입 효과 예측

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.481	0.0837
결 과	■신규분담률 : 8.37% ■신규통행량 : 199,809 (+8,832)			

라) 검토결과

■ 운행 모식도



■ 검토 결과

○ 유치선 활용방안 중 분기기 설치 등 비용투자 없이 유치선 설치 방향만을 의존하여 대피선으로 운용하는 방안을 검토한 결과 상선방향으로 동막역, 작전역을 활용하고 하선방향으로는 예술회관역(첨두), 신연수역(비 첨두)역을 활용하여 급행운용이 가능한 것으로 검토되었음

○ 문제점으로는 유치선 간격이 균일치 않아 상·하선 균형적인 대피선 활용이 불가능하고 또한 완·급행 안전시격 확보가 난이 하여 급행속도 조절 및 정차시간 조절을 통한 세밀한 스케줄링 작업이 요구되며, 또한 영업시간 중 모든 유치선을 대피선으로 활용함으로서 열차 고장 등에 의한 비상대피선이 없어 운행안전성이 저하되는 문제점이 있음

○ 정차역은 시·종점 포함 총 16개역으로 선정되었으며 급행열차 운행시간은 약 10분 단축되어(44분) 표정속도가 40km/h로 향상되었고 완행열차는 대피역이 2개인 상선은 59분, 대피역이 1개인 하선은 56.5분으로 각각 표정속도가 29.9km/h, 31.2km/h로 검토되었으나 당초 상선 운행시간이 1분가량 짧으므로 전체 운행시간은 비슷하며 소비 전력은 약 20% 감소되는 것으로 나타남

○ 배차간격은 현재 운행방식에 완·급행 3:1 배치로 구성하였으나 비첨두 시간대 완행 대기시간이 최대 14분(9호선은 12분)으로 길어지는 문제점이 있어 필요에 따라 배차시간 조정이 필요할 것임

○ 급행도입 후 전환수요에 따른 신규분담률 상승은 0.37%로 8,832명의 승객 증가가 예측됨

5) 유치선 활용(Skip-stop)

분기기 설치 없는 유치선 활용방안에 Skip-stop 적용 검토(A,B,C패턴)

배차간격 : 첨두($4.5_{(완)}$-$4.5_{(완)}$-$4.5_{(완)}$-$4.5_{(급)}$),
비첨두($5_{(완)}$-$8.5_{(완)}$-$8.5_{(완)}$-$5_{(급)}$)

대피선 : 상선(동막, 작전), 하선(신연수)

결과 : 표정속도 19% 향상 (32.7km/h → 39km/h)

가) 사전 검토사항

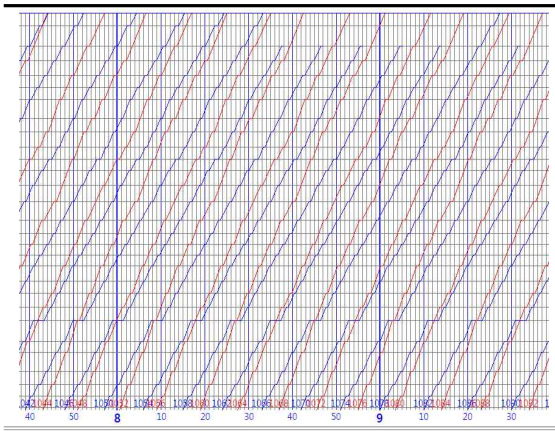
■ 초기 검토 조건
○ 최소운전시격 : 본선구간: 30초, 역사구간 : 105초, 역사교행구간 : 80초
○ 완·급행 배차 비율 : 1:1
○ 배차간격 : 첨두 4.5분, 비 첨두 8.5 - 5분
○ 완·급행 혼용운용 방식 : 3패턴 (A, B, C)
○ 열차 운행 조건 : 정차시간(30초), 역 통과속도(60km/h)
■ 급행 정차역 선정
○ 선정기준 : 시종점역 및 환승역을 제외하고 모든 역 홀짝 Skip-stop
○ 정차역 : 총 29개역

구 분	계	내 용	환승역
모두정차	6	■ 시·종점역 및 환승역 : 6개역	부평구청 부평 인천시청 원인재
Skip-stop 정차	6	■ A 패턴 : 12역	
		■ B 패턴 : 11역	

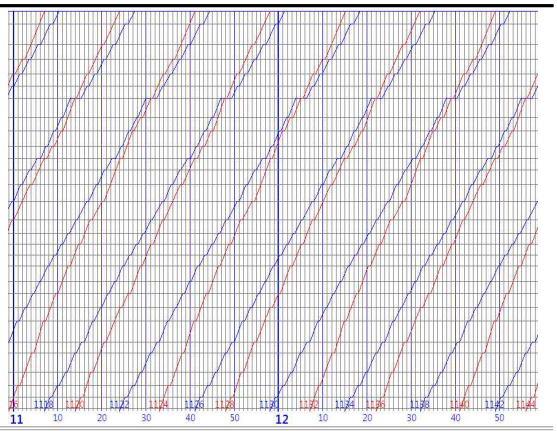
구분	계양	귤현	박촌	임학	계산	교대	작전	갈산	구청	시장	부평	동수	삼거리	오거리	시청	예술	터미널	문학	선학	신연수	원인재	동춘	동막	캠퍼스	테크노	지식정보	인천대	센트럴	국제업무
A	●	○	×	○	×	○	×	○	●	×	●	○	×	○	●	○	×	○	×	○	●	×	○	×	○	×	○	×	●
B	●	×	○	×	○	×	○	×	●	○	●	×	○	×	●	×	○	×	○	×	●	○	×	○	×	○	×	○	●
C	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

나) 반복 시뮬레이션 수행에 따른 최적 운영방안 도출

■ 시뮬레이션 결과

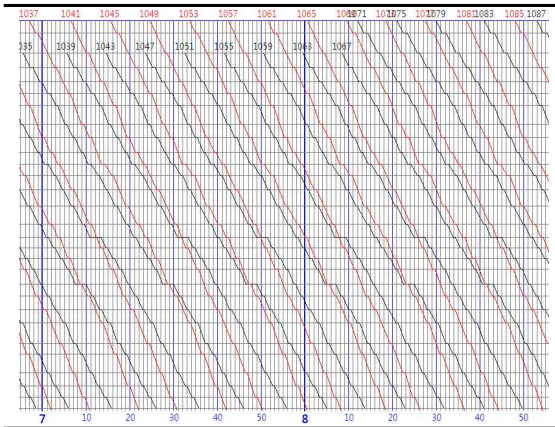


첨두시

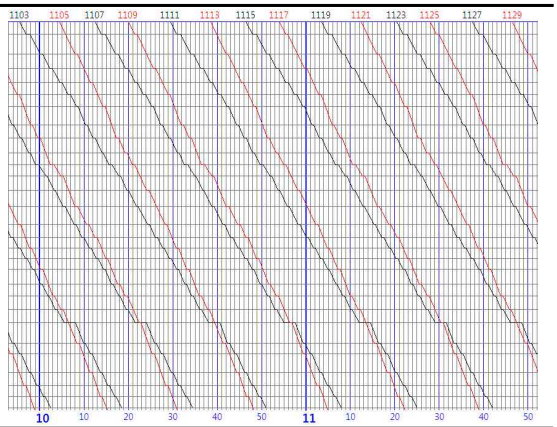


비첨두시

< 상선 >

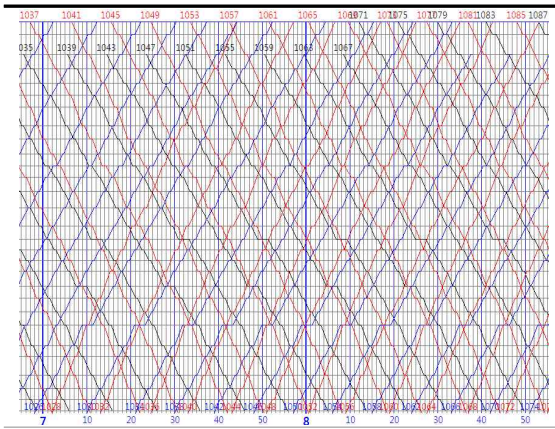


첨두시

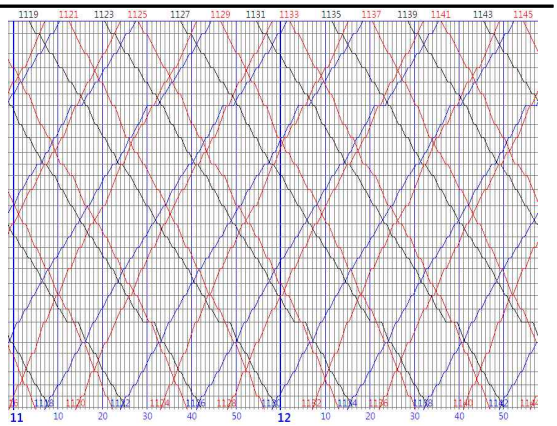


비첨두시

< 하선 >



첨두시



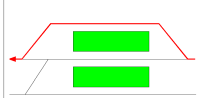
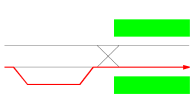
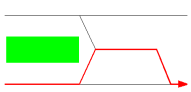
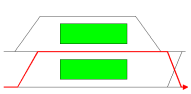
비첨두시

< 상·하선 >

■ 시뮬레이션 결과 운전시분

A 패턴	운전시간		소비전력		B 패턴	운전시간		소비전력	
	상선	하선	상선	하선		상선	하선	상선	하선
계양-귤현	87	86	22.1	15.3	계양-박촌	197	207	54.8	23.8
귤현-임학	205	223	56.7	41.6	박촌-계산	180	179	35.4	51.1
임학-교대	167	164	29.3	33.7	계산-작전	137	137	39.8	24.8
교대-갈산	153	150	53.4	35.3	작전-구청	154	154	52.5	37.5
갈산-구청	78	78	26.1	26.1	구청-시장	87	87	27.4	30.1
구청-부평	133	135	42.4	42.5	시장-부평	72	72	29.0	26.4
부평-동수	94	94	28.8	28.8	부평-삼거리	149	160	28.5	51.4
동수-오거리	165	165	37.6	37.6	삼거리-시청	197	215	62.2	37.5
오거리-시청	135	128	18.2	25.5	시청-터미널	124	123	43.8	31.7
시청-예술	79	79	29.1	25.6	터미널-선학	116	116	38.2	40.8
예술-문학	113	113	35.2	39.9	선학-원인재	133	134	43.2	39.8
문학-신연수	133	132	52.6	31.4	원인재-동춘	82	82	26.4	29.4
신연수-원인재	72	73	24.0	28.3	동춘-캠퍼스	166	186	48.0	45.6
원인재-동막	136	157	45.6	32.3	캠퍼스-지식정보	146	148	39.4	54.2
동막-테크노	153	149	47.7	53.7	지식정보-센트럴	122	121	48.9	49.2
테크노-인천대	158	156	56.2	49.7	센트럴-국제업무	73	73	21.5	18.7
인천대-국제업무	118	122	35.8	38.7					
계	2,179	2,204	640.8	586	계	2,135	2,194	639	592

■ 대피선 활용

구 분	상 선		하 선		
첨두시	동막역		예술회관역, 신연수역		
비첨두시	작전역		동막역		
유치선 방향	 <동막>	 <작전>	 <예술회관>	 <신연수>	 <동막>

다) 효과분석

■ 열차성능 분석

구 분			운행시간 (분)	표정속도 (km/h)	소비전력 (kwh)	열차편성 (대)	비 고
기존운행			54	32.7	792/734	28/15	■열차1대 기준
완·급행 혼용 운행	C 패턴 (완행)	상선	56.5	31.2	792/734	28/14	
			(+)6.0%	(-)5.7	-		
	A 패턴	상선	45.3	38.9	641		
			(-)15.0	(+)17.5	(-)19.0		
		하선	45.7	38.6	586		
			(-)14.3	(+)16.6	(-)20.1		
	B 패턴	상선	44.1	40.0	639		
			(-)17.3	(+)20.8	(-)19.3		
		하선	45.1	39.1	592		
			(-)15.4	(+)18.1	(-)19.3		

■ 운행특성 분석

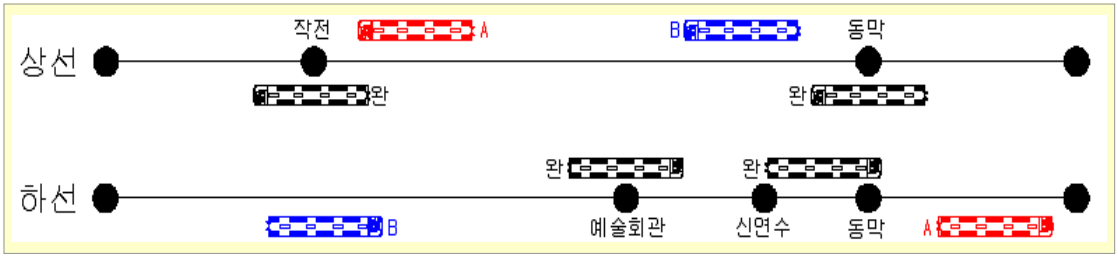
구 분		통행량 (인)	비율 (%)	평균통행시간 (인/분)	평균대기시간 (인/분)	비 고
각역정차		190,977	-	10.8	6.7	기존방식
특성 비교	A 패턴	73,484	38.4	9.7	9.3	기존방식 대비
	증가율(%)			(-)10.2	(+)38.8	
	B 패턴	82,998	43.5	9.8	9.2	
	증가율(%)			(-)9.3	(+)37.3	
	C 패턴	34,495	18.1	10.8	11.9	
	증가율(%)			-	(+)77.6	

■ Logit모형에 의한 급행도입 효과 예측

수 단	기존상태		Skip-stop 후	
	효용	분담률	변화된 효용	예측 분담률
지하철	-17.53	0.08	-17.489	0.0831
결 과	■신규분담률 : 8.31% ■신규통행량 : 198,377 (+7,400)			

라) 검토결과

■ 운행 모식도



■ 검토 결과

○ 제 5장에서 기 검토한 Skip-stop 방식을 유치선을 활용한 대피선에 접목하여 Skip정차 A, B 2가지 type과 전역정차(완행) C type 으로 구분하여 검토한 결과 시뮬레이션에 의해 시·종점 포함 총 17개 정차역이 선정되었고 대피선은 상선방향에 동막역(첨두), 작전역(비 첨두) 그리고 하선방향에 신연수역(첨두), 예술회관역(첨두), 동막역(비 첨두)으로 검토되었음

○ 전반적으로 운행형태는 6-4-3장의 분기기 설치 없는 유치선 활용 방안과 유사하나 열차 형태별로 정차역이 모두 다르고 특히 통행량 구분 없는 일괄적인 패턴별 역사 구분 방식이기 대문에 B패턴 통행량이 A패턴에 비해 1만명 가까이 많게 나타나고 있으며 이는 원하는 패턴을 타기 위해 대기시간이 상당히 길어지게 되므로 첨두시 혼잡률 증가로 이어질 수 있으며 또한 5장에서 기 검토했듯이 이용승객의 혼란 가중이 예상됨

○ 배차형태는 현행 배차간격에 A-C-B-C 형태로 이루어져 있으며 운행 시간은 평균 약 9분 단축되고 표정속도는 약 15% 향상되어 39km/h 정도로 상승하는 것으로 검토되었으며 소비전력은 약 20% 감소하는 것으로 검토됨

○ 전환수요에 따른 수단분담률 증가는 0.31%(7,400명) 증가하여 전체적으로 6-4-3장 결과와 유사함

5) 소결

신규대피선 설치 : 표정속도 45.2km/h (-14.3분), 비용 약 1,084억원
유치선 분기기 설치 : 표정속도 42.4km/h (-11.7분), 비용 약 15억원
유치선 분기기 미설치 : 표정속도 39.7km/h (-9.3분)
Skip-stop 적용 : 표정속도 39.1km/h (-8.2분)

가) 분석 결과 비교

■ 급행운행 방식 (첨두/비 첨두)

구 분	신규대피선	분기기설치	분기기미설치	Skip-stop
배차 간격	8-8-5/10	7-6-5/10	4.5/8.5	4.5/8.5
완·급 비율	2:1/3:1	3:1	3:1	3:1
최대완행대기시간	8/10	7/10	9/13.5	9/17
열차편성	28/16	28/16	28/16	28/14

- 신규대피선 설치 시 2:1 배차가 가능하며 나머지 모두 3:1 배차임
- 최대완행시간은 분기기 설치시가 가장 적으며 열차편성은 모두 비슷함

■ 대피선 방식

구 분	신규대피선	분기기설치	분기기미설치	Skip-stop
소요 대피선	4(상2, 하2)	4(상2, 하2)	4(상2, 하2)	4(상2, 하3)
운용방법	역사대피	선로 유치선 대피		
정차역	11	11	16	A(18),B(17),C(29)
투자비용	약 1,084억원	약 15억원	-	-

- 대피선은 모든 방식에서 4개 역사가 필요한 것으로 나타남
- 신규 대피선 설치 시 역사대피선 확보로 승객편의 증대되나 투자비용 고가

■ 열차 운행특성(급행기준)

구 분	기 존	신규대피선	분기기설치	분기기미설치	Skip-stop
평균통행시간(분)	10.8	9.1	9.2	9.6	9.7
평균대기시간(분)	6.7	13.2	12.6	16.7	9.3
비율(%,표정속도)	-	(-)15.7	(-)14.8	(-)11.1	(-)10.2

■ 평균대기시간은 급행만을 기다리는 승객에 해당되는 수치로서 완행 선택의 여지가 있으므로 이는 대피선 없는Skip-stop 과는 다름
■ 완행열차의 경우 배차간격 등가 및 급행 대피시간 발생으로 약 2~3분 증가

■ 열차 성능 분석(하선기준)

구 분		기 존	신규대피선	분기기설치	분기기미설치	Skip-stop
운행시간(분)	급행	54	39.0	41.6	44.0	45.1
	완행		59.0	59.0	56.5	56.5
표정속도(km/h)	급행	32.7	45.2	42.4	39.7	39.1
	완행		29.9	29.9	31.2	31.2
소비전력(급행)(kwh)		734	513	442	586	592

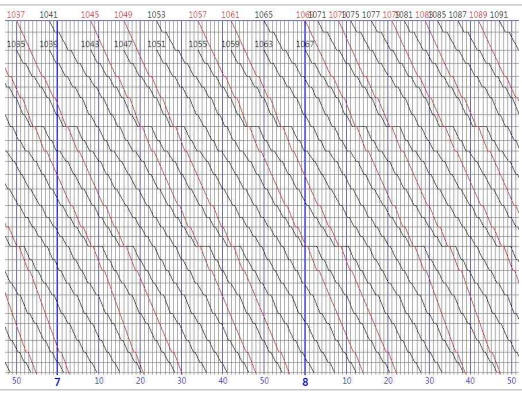
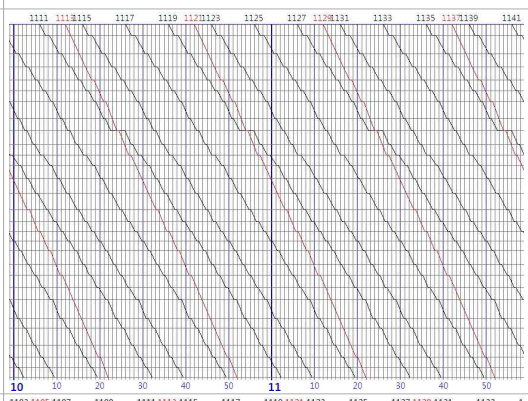
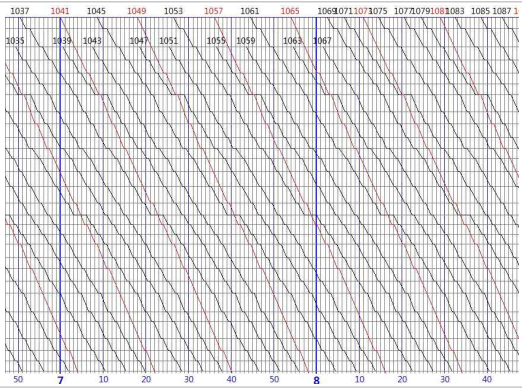
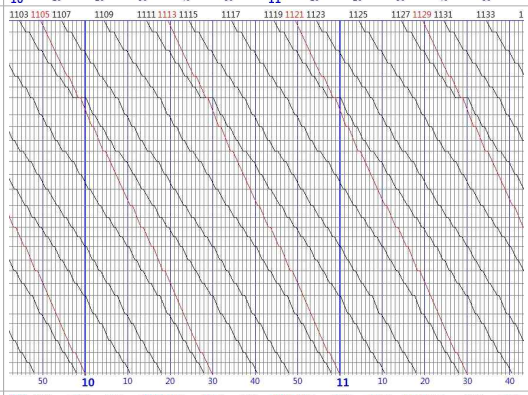
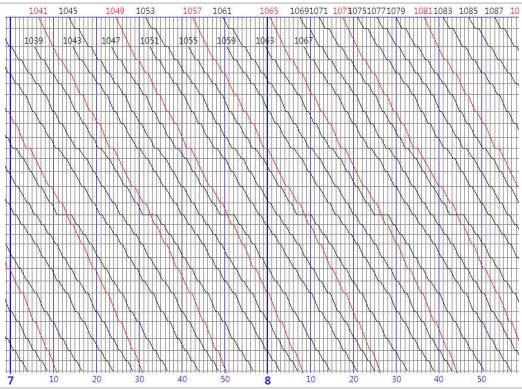
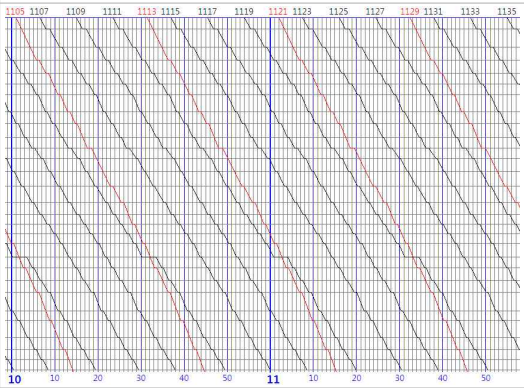
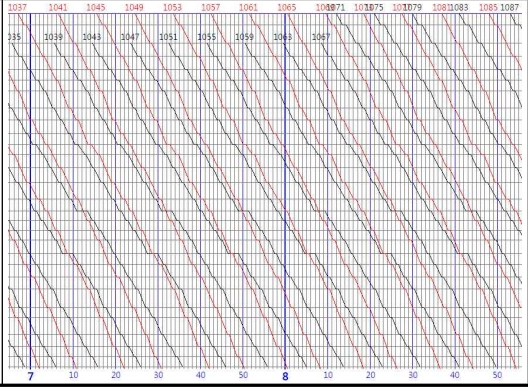
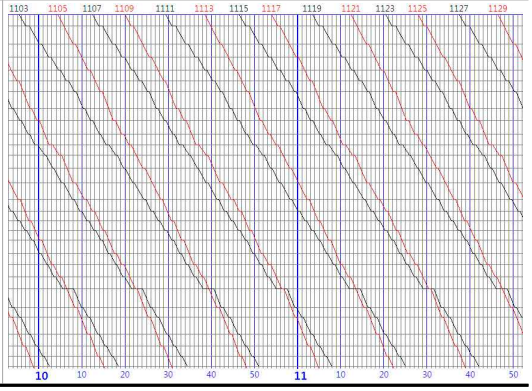
■ 급행 표정속도는 6~12km/h 정도 향상되나 완행 표정속도는 저하됨
■ 전력량은 급행도 임시 저감되며 분기기설치의 경우 급행속도조정에 따라 타 방식에 비해 더 감소됨

■ Logit모형에 의한 수단분담률 변화 적용 Skip-stop효과 예측

구 분	기 존	신규대피선	분기기설치	분기기미설치	Skip-stop
수단분담률(%)	8.0	8.52	8.49	8.37	8.31
총 통행량(인)	190,977	203,390	202,674	199,809	198,377
증가량(인)	-	12,413	11,697	8,832	7,400

■ O/D분석에 의한 평균통행시간 변화량에 대한 효용함수를 적용한 수치임
■ 신규대피선 이외의 방식의 경우 선로대피로 인한 승객불편 발생으로 모형적용 전환수요에 미치지 못할 수 있음

■ 방식별 운행선도(하선)

구분	첨두시	비첨두시
대피선설치		
분기기설치		
분기기미설치		
스킵스탑활용		

나) 결 론

■ 편익분석

○ 분석조건 : 각종 계수 인상율은 「제 4장 열차운행속도향상」편을 따름

○ 분석결과

구 분			년 수						비고
			5	10	15	20	25	30	
신규 대피선 설 치	비용	투자	1,172	1,173	1,175	1,177	1,178	1,180	전력량은 열차횟수 증가분과 소비전력 감소분 합산적용
		관리	2.76	3.36	4.08	4.97	6.04	7.35	
		계	1,174.7	1,176.3	1,179.1	1,181.9	1,184.1	1,187.4	
	편익	수익	48.06	76.00	125.18	188.46	294.24	431.26	
		시간가치	176.69	172.15	230.37	308.29	412.57	552.11	
		계	224.75	248.15	355.55	496.75	706.81	983.37	

■ 검토결과

○ 급행도입의 최적방식은 신규 대피선을 설치하는 것이며 그 외 비용절감차원에서 검토한 유치선 활용방안은 승객들의 선로 내 대피 및 비상시 유치선 사용불가 등 값으로 환산 불가한 negative 요인들이 있으므로 신규대피선 설치방식에만 편익분석을 수행하였으며 그 결과 아직은 경제성 부족한 것으로 나타남.

○ 유치선을 활용하는 방안에 대해서는 본 검토결과를 바탕으로 영업시간 유치선 활용 가능성, 차상장치에 의한 급행 속도조절 기술적 검토, 선로 내 분기기 설치 등 시설개량 가능여부 및 DIA스케줄링 용이성 등에 대한 충분한 추가적 논의 및 검토 후 각 방법의 기초자료 분석 및 고객니즈 동향에 따라 적정한 방식으로 응용과 변형을 거쳐 적용해 볼 수 있을 것임.

3. 결론

1) 본 연구에서는 인천지하철 경쟁력 확보 연구의 일환으로써 기존선 열차 속도향상에 대해 검토하였으며 크게 세 가지 분류로 나누어 속도 향상의 구체적 방안과 효과를 계량적으로 제시하였음.

가) **첫째** 현재 운행 중인 열차속도를 높이는 방안을 검토한 결과 직선부 Slow-order를 해제하는 방법 및 곡선부 제한속도 향상 방법이 가능할 것으로 검토되었고 추가조사가 필요하나 정차시간 단축도 시도 가능한 것으로 분석됨.

나) **둘째** 특정역을 무정차 통과하는 Skip-stop 시스템 도입을 검토한 결과 전체 통행시간은 단축되나 대기시간도 같은 비율로 증가되어 사실상 통행시간 감소 효과는 없는 것으로 검토 되었고 다만 무정차 통과에 따른 소비전력 감소 및 열차편성 축소 효과가 있는 것으로 나타남.

다) **셋째** 실질적 급행도입 방법인 대피선 활용방안에 대해 검토한 결과 최적효과를 내기 위하여 신규 대피선 설치가 필요하고, 기존 유치선을 활용하는 방법은 어느 정도 속도향상 효과가 있으나 선로 상 대기 등 시민들의 적극적인 협조가 필요한 방안임. 따라서 현재로서는 실행이 용이하지 않지만 영업 중 열차안전 및 시민 불편 등을 심층 검토 후 장기적인 정책방향으로 대피선 활용을 추진해야 할 것으로 판단됨.

2) 본 연구의 주목적인 속도향상 및 수송 분담률 증가를 가시적 성과로 이끌어내기 위해서는 신규대피선 설치 등 대피선 활용이 가장 적합하지만 단기적 시행이 어려워 먼저 상대적으로 시행이 용이한 제한속도 해제 등을 시행할 수 있겠으나 사실상 소비전력 증가 등 추가비용 대비 승객들이 느끼는 표정속도 향상효과가 미미하여 시행당위성 확보가 어려울 것으로 보이며, 장기적인 관점에서 볼때 대피선 활용이 신규노선 건설보다는 적은 비용이 소요되고 보다 효율적인 기존선 운용이 가능하므로 **향후 수송전망 및 노선증가 등을 고려하여 수송승객 증가에 따라 경제성 확보가 예상될때 신규대피선 설치를 통한 급행운영 방식을 최적 실행방안으로 추진**하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

3) 각 방식을 중첩하여 적용할 경우 표정속도 상승값

구 분	기존 시스템 개선			대피선 활용			
	S/O해제	정차시간	곡선부속도	Skip-stop	유치선활용	분기기설치	신규대피선
개별표정속도	33.5	33.9	33.9	36.5	39.7	42.4	45.2
중첩 표정속도	33.5 (1.3분단축)						
	34.8(3.7분단축)						
	35.6(4.4분단축)						
	39.8(9.7분단축)			(제외)			
	44.2(14.1분단축)			(제외)	(제외)		
	46.5(16.1분단축)			(제외)	(제외)	(제외)	
	49.5(18.3분단축)						

※대피선을 활용하지 않는 3가지 방안과 대피선 활용을 동시에 적용 시 최대 49.5km/h까지 표정속도 향상

※정차시간 단축 : 역당 3분 가정

4. 제언

도시철도 속도 향상은 고객들에게 시간을 돌려주어 만족도 향상에 따른 전환수요 발생으로 수송수입 증가 및 대중교통 활성화의 거시적 효과를 거둘 수 있음. 따라서 추진 주체별로 다음과 같이 건의함

구 분	내 용	주 체
정책추진	■ 속도향상 단계별 적용방안 우선순위 결정 ■ 기술적, 관리적 실행방안 검토 ■ 효과적 추진을 위한 대 시민 공감대 형성	Metro
도시정비 · 제 도	■ 도시철도 이용 활성화를 위해 역세권 개발은 대중교통 지향적으로 도시개발 사업 추진(TOD 개발) ■ 신규노선 건설시 환승역만 이용할 수 있는 급행시스템 마련 적극 검토	시, 정부

바. 전문가 자문회의

NATM터널 확공에 따른 소요 공사비용 자문

일시 : 2013년 1월 8일
장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

NATM터널 확공에 따른 소요 공사비용 자문 의견서

1. 기존운행터널 NATM터널로 확공 가능 여부
   - 1989년 이후 진행된 2기 지하철의 경우 터널기술의 발전과 새로운 공법의 도입 등으로 기존 개착터널(Cut-and-cover Tunnel) 방식에서 mine터널로 전환하여 대부분 건설되었음.
   - 지하철 터널의 경우 산악터널에 비해 터널이 계획되는 심도가 낮아 산악터널과 같은 지반조건을 기대할 수는 없으나 지하철 건설 당시 NATM 터널이 가능한 지반에 건설되었고, 건설이후 상당기간이 경과되어 지반응력 재배치로 안정된 상태에 있으므로 근접영향을 최소화 하기위한 굴착공법, 보조공법, 미진동 굴착방법 등을 통하여 기존 터널 확장은 가능할 것으로 판단됨.

2. 운행중인 기존터널 확공사례
   - 터널 공용중 확공 사례는 국내에는 아직 보고되어 있지 않으나 가까운 일본에서는 40여 차례 적용한 사례가 있음.
   - 기타 외국사례는 문헌 조사를 통해 알아볼 수 있음.

3. 확공에 따른 소요 공사비 산출
   - 기존터널을 확장하는 방법으로 가시설 설치후 개착터널로 건설하는 방식, 지반내 특수구조물을 설치하여 굴착하는 방법, 지반 자체의 자립성을 이용하여 NATM 터널로 굴착하는 방법 등으로 대별될 수 있음.
   - NATM터널로 확공하는 방법의 경우, 신설하는 것보다는 다소 많은 공사비가 예상되지만 도심구간의 보상비 등을 고려하면 타 공법에 비해 비교적 경제적으로 건설할 수 있을 것으로 판단 됨.

자문위원 : 전 덕 찬 (인)

광역철도 속도향상을 위한 인프라 및 차량의 후보 과제도출 자문

일시 : 2013년 2월 5일

장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

■ 운행속도 향상을 위한 가,감속 성능 향상

① 가속성능 향상을 위한 추진제어장치 개선 및 견인전동기 특성 연구와 개발 필요

② 가,감속 성능 향상시 JERK 제어를 위한 추진/제동 제어방안 확립

③ 속도향상과 출입문 폭 확대에 따른 차내 유입 소음 차단 방안 수립

■ 정위치정차 정밀도 개선 (±350mm → ±100mm)

① 차량 각 주요기기의 성능 개선 필요

- 각 기기간 통신주기 및 응답시간 개선
  (추진제어장치 : 역행차단시간, 제동장치 : 제동응답시간, 종합제어장치 : 기기간 통신시간등의 개선 필요)
- 제어정밀도 향상을 위한 기능향상 필요
  (차량 중하중 검출 및 이를 응용한 제어 정밀도 확보, JERK 제어 및 제동제어 개선을 위한 제동 지령의 선행성 확보 추진등)
- 차량 회생제동과 공기제동 BLANDING 방식의 개선
  (차량 회생제동 소멸시점에서의 전공절환 (회생제동 → 공기제동 절환) BLANDING 방식으로는 정위치 정차 ±100mm 정밀도 확보가 불가능할 것으로 판단됨 → 영구자석동기전동기등을 응용한 정지점까지의 회생제동 적용방식으로 전환 필요)

② 정위치 정차 정밀도 확보를 위한 연구 필요사항

- 차량 점착력 향상을 위한 연구
  (운행 차량의 점착계수 (차륜과 주행면 간의 마찰계수, 통상 철제차륜은 약 17%, 고무차륜은 23%를 적용함) 값으로는 주위환경 변화에 따른 정위치 정차 정밀도를 보증할 수 없으므로 점착계수 향상을 위한 연구 필요)
- 차량관성 계수의 정확한 산출과 검증 필요
  (정지점에서는 차량 관성계수(관성질량)가 정차 정밀도 확보에 큰 영향을 미치므로 여러조건을 종합한 정확한 관성계수를 산출하고 시뮬레이션 및 실제 검증을 통해 확인하여 정지 제어에 활용되도록 해야함)
- 차량 정량화 추진 방안 연구
  (정지 정밀도 확보 및 수송력과 직결되는 차량 경량화 추진에 대한 차량 각 부분별 연구 필요)

자문위원 : 김 찬 수 (서명)

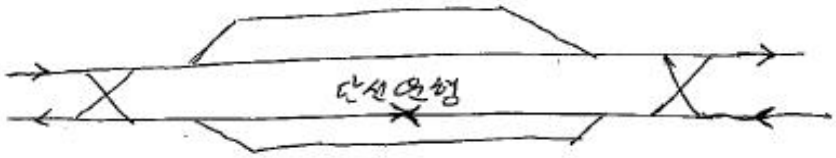
광역철도 속도향상을 위한 인프라 및 차량의 후보 과제도출 자문

일시 : 2013년 2월 5일

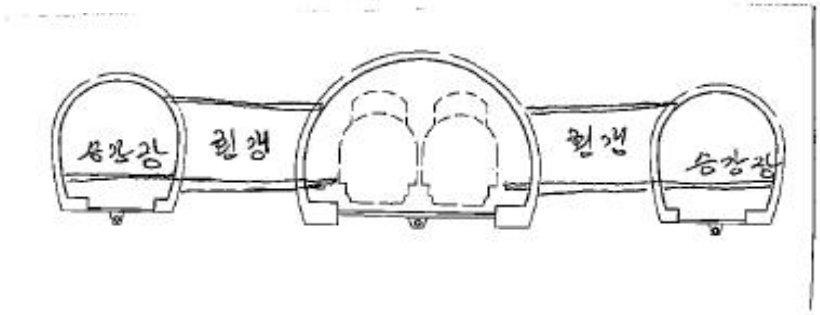
장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

□ 대피선 설치를 위한 기존 터널 개량관련 자문의견

- 기존 복선터널을 3-Arch터널로 개량은 복선 운행중에는 안전상 불가능하며, 시공구간의 시종점부에 분기기를 설치하여 비첨두시간에 단선운행하여 시공해야 할 것으로 판단됨.



- 기존 복선터널을 3-Arch터널로 개량보다는 정거장구간은 단선병렬(승강장)에 횡갱으로 복선터널 연결하는 방안



자문위원 : 정 순록

광역철도 속도향상을 위한 인프라 및 차량의 후보 과제도출 자문

일시 : 2013년 2월 5일

장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

광역철도 속도 향상을 위하여 급곡선형 분기기를 고려시 차량(다관절 열차)과 현장의 설치, 사용조건을 충분히 고려 하여야 할 것 같습니다.
특히 곡선부에 분기기를 설치케되면 외방, 내방등 곡선반경에따른 다양한 특수분기기가 형성됨으로 인하여 수명단축 및 유지보수 자재수급에 문제가 발생합니다.
또한 구배가 심한 구간 및 정차역에 근접하여 분기기를 설치시 시, 제동에의한 이상마모에 따른 분기기의 수명단축과 탈선의 위험이 증가 합니다.
따라서 운행열차 및 사용조건에대한 검토가 선행되어야 할것으로 판단되며, 이를 기준으로 최적화된 분기기의 설계, 제작이 이루어져야 할것으로 판단됩니다.
이을러 분기기 구간의 크로싱에서는 필연적으로 결선부가 발생하며 정차역 인근에 분기기를 설치시 충격에의한 소음과 진동이 증대되리라 판단되어 결선부를 제거한 특수형 가동크로싱이 고려되어야 할것으로 판단됩니다. 상기의 내용을 근거로 분기기 개발시 수행되어야할 과제는 아래와 같습니다.

■ 급 곡선형 분기기 개발관련 연구테마

1. 다관절 열차와 I/F를 고려한 해석, 설계기술개발
   - 차량동역학을 이용한 선형, 단면 및 하부강성 설계기술
   - 설치 위치(곡선부, 구배, 정차역 전후), 사용조건(열차의 시, 제동등)에 따른 분기기 최적화 기술개발
   - 소음, 진동 저감 및 내마모성 향상을 위한 특수 포인트, 크로싱 설계기술 개발
   - 분기기 내부형(침목형) 전철기 시스템 및 신호장치 기술개발

2. 급 곡선형 분기기 제작 기술 개발
   - 특수강 크로싱 소재 제작, 가공기술 개발
   - 도상구조에 적합한 체결시스템 및 부설공법 연구
   - 침목형 전철기 제작 및 기술개발

3. 급 곡선형 분기기 안전성 평가를 위한 성능평가 기법 및 기준 정립
   - 분기기 성능검증을 위한 현장부설 및 모니터링 시행

자문위원 : 황 광 하 (인)

급행화 기획과제 세부 과제 도출 (차량분야) 기술자문

일시 : 2013년 4월 4일

장소 : 한국철도기술연구원7동 2층회의실

◦ 연구개발 기간 검토 : 총3년이 적절함
- 1차년도 : 요소기술(DDM등) 설계 및 시제품 제작
- 2차년도 : 시제품 시험 및 성능개선
- 3차년도 : System Intergration 및 시험선 시험·시운전 실시

◦ 차량분야 주요 기술개발 내용검토:
- 고성능 DDM 신규개발 / 추진제어장치 추가 제작
- 차량 개조 : 3M-3T ⇒ 4M-2T (M car 1량 증대)
- 대차 : Frame 신규제작 및 차축 신규제작
  (2 set) (16 set)
- 주행저항 저감방안
- 정밀 추진제어 (전속도영역 전기제동 수행)

※ 기존 차세대 전동차 (국책개발)의 누수, 소음 등에 대한 문제점/개선방안에 대해서는 추후 검토요.

◦ 차량분야 사업 참여방법 및 과제명 검토:
- 사업 참여 방법 : '세부과제'로 참여가 적절
- 과제명 : 고성능(급행화) 전동차 차량시스템 기술개발.

자문위원 : 김 국 진

도시철도 급행화 경제성 분석에 대한 편익항목 및 분석방법론 적정성 자문 의견서

종합 의견	○ 본 연구의 경우 R&D 기획과제로 본 사업을 위한 해당기술개발의 적정성 및 개발효과에 대해 초점을 맞추어야 할 것으로 보임. ○ 개발효과 측면을 계량화하기 위해 한국개발연구원(KDI)의 『도로철도부문 사업의 예비타당성 조사표준지침연구(제5판)』을 준용하여 경제성분석을 수행하였으나, 본 사업의 목적이 일반 도로 및 철도 SOC건설사업의 투자타당성을 판단하는 것이 아니기 때문에 이러한 지침을 활용한 경제성 분석은 본 사업의 효과분석이라는 취지에 적합하지 않은 것으로 판단됨. ○ 현재 도시철도 급행화에 대한 정책적 필요성은 인정되고 있는 바, 기술적 타당성 및 이로 인한 효과를 계량화시키는 것에 초점을 맞출 필요가 있음. - 기술적 타당성의 경우 급행열차 도입을 위해 현재의 방식으로 대피선이 건설될 경우 공사비 증가와 기하구조 및 선형문제 등으로 인한 대피선 건설의 어려움을 언급하고, - 현행 기술에 비해 본 사업에서 제시하는 기술을 도입 시 공사비 감소효과, 운행효율성 증대, 관리측면의 용이성 등을 직접적 효과로 제시함이 바람직. ○ 만일 경제성 분석이 필요할 경우 지금과 같은 방식의 시나리오 설정은 부적절함. 일반적으로 경제성 분석을 위해서는 사업미시행시와 시행시에 대한 정의가 선행되어야 하며, 본 사업의 경우 현 대피선 적용이 사업 미시행, 그리고 신규 개발된 기술 적용이 사업시행으로 정의되어야 할 것임. - 즉, 속도증가로 인한 효과는 사업미시행/시행의 경우 동일하기 때문에 비용감소 및 운행효율화 또는 관리용이성, 기술개발효과 등으로 본 사업의 효과를 설정하는 것이 타당함. ○ 회의자료와 관련한 내용적 적절성에 대한 의견은 이장호 교수와 동일하며, 다만, slide6과 같은 방식으로 통행시간절감편익산정식을 구축할 경우 범주를 나누어서 적용함이 타당할 것임. - 이는 예비타당성조사 사업 규모, 주변 네트워크 및 교통상황 등에 따라 편익발생패턴이 상이하기 때문에 이러한 범주를 구분하여 모형개발이 적절

자문위원명 : 정성봉

2013년 5월 일

도시철도 급행화 경제성 분석에 대한 편익항목 및 분석방법론 적정성 자문 의견서

종합 의견	1) 수단 O/D 재산정 ○ 지침 상에 제시된 다항로짓모형은 선형의 효용함수를 가지고 있기 때문에 탄력도가 이러한 선형을 갖는 것은 당연한 결과임 ○ 따라서 선형회귀분석의 결과를 쓴다고 하기 보다는 로짓모형에서 유도되는 통행시간 절감에 따른 수요탄력도를 적용한 것으로 기술하는 것이 바람직함 ○ 로짓모형의 직접탄력도는 다음과 같이 산정될 수 있음. 다만 현 단계가 공로부문을 고려하지 않으므로 철도분담률은 기준년도의 값을 활용하는 것이 필요하며, 기종점별로 탄력도를 계산하여 적용하는 것이 필요함 $E = [1 - P_n(i)] \cdot x_{ink} \cdot \beta_k$ 여기서 $P_n(i)$: 철도선택확률(분담률) x_{ink} : 철도통행시간 β_k : 통행시간 parameter (ref. "Discrete Choice Analysis" Ben-Akiva and Lerman, MIT Press) 2) 통행배정 ○ TransCAD 내에 있는 optimal strategy 이외의 모듈을 적용하거나, 최적전략을 그대로 사용하는 경우 급행노선에 대해서 waiting time factor를 줄여서 입력하는 형태로 현실을 모사하는 것이 필요함 3) 편익산정 ○ 추정된 선형회귀모형식에서 회귀식 보다 아래에 있는 관측점의 사업들을 확인하는 것이 필요하고, 만일 인천도시철도가 아니라면 본 분석에 있어서 과다하게 추정한 것이 아님을 보일 수 있으리라 판단됨 ○ 엄진기 박사님 과제에서 개발 중인 프로그램을 사용한 것으로 제시하는 것도 하나의 방안이 될 수 있을 것임 4) 기타 ○ 국가 R&D로서의 필요성이 더 극대화하여 나타내기 위해서는 인천도시철도가 아니라 기존 광역철도 노선 등을 대상으로 하여 기존 차량을 이용하는 경우에는 사업비가 많이 소요되어 경제성을 확보하기 어렵지만, 본 연구개발사업에 의해서 개발되는 차량을 이용하는 경우에는 충분히 경제성을 확보할 수 있다는 형태로 보여주면 더 좋을 것으로 판단됨

자문위원명 : 이 장 호 (인)

2013년 5월 7일

도심구간 터널 개량을 위한 세부과제 도출

일시 : 2013년 5월 14일

장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

○ 도심구간 터널 개량을 위한 세부과제 도출과 관련하여 지반조사, 운영중 지장최소화 시공계획, 연구개발성과 유효성검증, 건설기술 패키지 개발로 구분하여 세부과제 및 세세부 과제 항목을 아래와 같이 정리하였습니다.

○ 추가적인 세세부 과제 도출 및 중복성 여부는 판단은 관련분야 논의 후 보완이 필요합니다.

대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구

- NATM 터널 및 박스구조 지하정거장 대피선 설치방안 연구

구분	세부 과제	세세부 과제
지반조사 및 기준	도심지 지반정보 획득을 위한 장비 및 자료분석기술 개발	•도심지구간 물리탐사 신뢰성 향상방법 개발 - 민원 등 현장여건에 의한 시추조사 미시행 구간에 대한 지반정보 획득 •인접구간 지장물 및 지반정보 획득기법 연구 •건설관련 기준 체계화
운영중 지장 최소화 시공계획 (시공간 제약 및 승객 이용 편의성 고려)	기존구조물을 활용한 대피선 설치방안 연구	•신설터널 시공에 의한 병렬터널 시공계획 연구 - 적정이격거리, 주변지반 거동분석 등 •기존터널을 활용한 다층아치(2, 3 ARCH) 시공계획 연구 - 주변지반 거동분석, 시공순서, 굴착에 따른 영향구간 선정 등 •운영중인 터널 지보재 내구성 등 장기안정성 연구 - 환경조건, 화학적 침식 등 지보재 열화특성 분석
	운영중 터널의 합리적인 확폭굴착방안 연구	•발파굴착에 의한 운영중 터널 확폭굴착방안 연구 •터널확폭시 지보시스템 적용방안 연구 •확폭터널을 위한 프로텍터 설치 및 시공방안 연구 - 전차선 지장을 최소화한 프로텍터 설치 방안 연구 - 영업 운전 중 개량공사에 따른 시공간 제약 극복 방안 연구 - 영업 운전 중 개량공사에 따른 이용객 편의 향상 방안 연구 •시공성, 안정성 등을 고려한 기존구조물 철거방안 연구
	시공성, 안정성, 유지관리 향상을 위한 개선사항 연구	• 조건별 효율적인 버력처리 방안 연구 • 숏크리트 리바운드 분진 최소화 방안 연구 • 시공 및 운영중 환기, 방재, 배수처리 방안 연구 • 시공중 작업자의 안정성 확보를 위한 연구 • 비상시 안전대책 수립방안 연구
연구개발성과의 유효성 검토	연구개발성과의 유효성 검토	• 시뮬레이션/ 실대형 실험 등을 통한 개발공법에 대한 안정성 검증 • 시공계획별 정량적인 경제성 검토
건설기술 패키지 개발	급행/완행 운행을 위한 대피선 건설기술의 패키지 개발	• 대피선 건설기술의 패키지 개발 및 모듈화 -다양한 현장여건에 직접 적용이 가능토록 설계 및 시공 가이드 개발 -세부과제별 연구 성과물들은 최종 연구성과로 구축하게 될 "건설기술 메뉴얼" 내에 모듈(module)로서 위치하게 되어, 추후 후속연구 또는 기술개발에 따라 독립적으로 대체가 가능하도록 계획함.

자문위원 : 전 덕 찬 (인)

광역철도 속도향상 기술개발 기획과제의 후보과제 도출 및 RFP 검토 자문 의견서

광역철도의 속도 향상을 위하여는 고성능 전동차의 개발과 더불어 특수한(급곡선, 축소형 가동크로싱등)분기기의 개발이 수행되어야 하며, 이는 선로의 안전성 향상을 위하여 필수적인 조건입니다.

특히 국내에 사용되는 저번수의 특수형 분기기(경전철, 트램등) 시스템은 거의가 수입에 의존하고 있으며, 국내 다양한 사용조건에 적합한 특수형 분기기시스템의 국내 기술개발 필요성이 대두되고 있습니다.

또한 대피선에 적용코저하는 Y형 선로에는 양개분기기가 적용되어야 할것으로 판단되며, 이는 열차가 상시 곡선으로 운행됨으로서 횡압에의한 텅레일 및 노즈레일의 마모가 심할것으로 판단됨으로 내마모성을 증대할수 있는방안의 연구가 필요합니다.

더군다나 대피선의 최소화로 급곡선을 형성하게 되면 분기기의 곡선이 축소됨으로 인하여 텅레일의 길이에 제약을 받게되고 전환력이 커짐으로 이에 적합한 포인트부(텅레일) 구조와 선로전환기가 개발되어야 할것으로 판단되며, 도심구간에 고정 크로싱을 사용시 결선부로 인하여 충격 소음을 유발케됨으로 소음을 저감할수있는 가동형 크로싱의 개발 또한 필요할것으로 판단되나, 이 또한 분기기의 길이가 짧은 구간에 설치를 위한 특수한 구조의 가동크로싱이 개발되어야 할것으로 판단됩니다.

아울러 특수형 저번수 분기기의 경우 거의 대부분이 경전철 시스템으로 적용되고 있으나, 국내 광역철도의 경우 중전철이 운행중에 있으며, 이에 적용을 위하여는 아래의 연구가 수행되어야 할것으로 판단됩니다.

■ 광역철도 속도향상을 위한 특수형 분기기 개발연구

구 분	세부과제	세부연구내역
분기기 설계기술개발	차량과의 I/F를 고려한 해석 기술 개발	• 분기기 성능향상을 위한 설계변수(횡가속도, 횡가속도 급변화율, 공격각) 해석 및 설계기술개발(Jerk ≤ 1m/sec³)
	선로전환기 I/F해석기술	• 분기기 내장형 선로전환기 성능 요구사항 도출 - 전환시간 ≤ 4.3sec • 전환력 전달 메카니즘 해석 및 설계기술개발
	특수형분기기 선형설계	• 특수형 포인트 및 가동크로싱 설계기술개발 - 전환력, 강성을 고려한 최적 설계기법
	내마모성 향상기술	• 분기기 텅레일, 노즈레일 단면 성능향상을 위한 설계변수(접촉각, 레일응력)해석 및 설계기술개발
	소음, 진동 저감기술	• 분기기 하부강성 해석 및 설계기술개발 (소음, 저감 목표치 제시)
분기기 제작기술개발	포인트부 제작기술개발	• 마모, 내구성 향상 제작기술 개발
	특수강 크로싱 개발	• 특수강 소재개발 및 마모, 내구성 향상 기술개발
	분기기내장형 전철기 개발	• 분기기 내장형 선로전환기 제작기술 개발 - 동력 전달장치, 쇄정장치, 밀착검지장치
	탄성체결장치 제작기술 개발	• 하부강성 및 처짐을 고려한 탄성체결장치 최적화 - 내구성 및 최적 강성확보를위한 패드제작기술 (5년간 패드강성 변화율 25% 이내, 분기기 각 구간 강성 차이 ±10% 이내)
분기기 성능평가 기술개발	분기기 시제품 성능평가	• 국내,외 규정에따른 특수분기기 성능평가 절차서 정립 • 시제품 조립체 성능평가 기준정립, 평가 • 시제품 현장부설계획(TEST-BAD) 및 설치 성능평가
	현장부설공법 개발	• 현장조건별 분기기 도상설계 및 부설공법 개발
	분기기 운영, 관리기법개발	• 분기기 유지, 보수, 관리기준 정립

자문위원명 : 황 광 하 (인)

2013년 6월 12일

광역철도 속도향상 기술개발 기획과제의 후보과제 도출 및 RFP 검토 자문 의견서

종합 의견	1) 『광역도시철도 혼잡도 완화방안 연구』 관련 추가보완사항 ○ 열차 내 객차별 air spring 압력도 수치를 이용한 혼잡도 분석 ○ 플랫폼 열차도착정보 외에 객차별 실시간 혼잡도 정보 제공으로 열차 내 차량별 균일한 탑승 및 승하차시간 단축유도 ○ 플랫폼과 차량간 혹은 차량 내 승객 움직임 모사를 위한 시뮬레이션 프로그램 개발 - 차량문 확폭, 좌석재배치 등에 따른 영향을 분석 2) 수요 및 경제성 분석관련 연구과제 제안 ■ 과제명 : 광역도시철도 급·완행 운행에 따른 평가 방법론 연구 ○ 급행열차 출발시각 대비 대기시간 분포 연구 - 급행 운행 시 획일적인 대기시간 적용으로는 급·완행 운행에 따른 수요증가 분석 한계 - 경인선, 서울지하철9호선 등 급행운행 노선 조사분석 ○ 급행 차내시간 단축과 대기시간 증가에 따른 열차 선택행태 분석 - 급행 및 완행 정차역 기종점 유형별 급완행간 환승행태 분석 ○ 완행열차의 대피시간 추가와 급행열차의 차내시간 단축 등에 따른 수단선택행태 분석 - 기존선 급행운행에 따른 타 교통수단에서의 전환량 분석방법론 ○ 급행 및 완행간 열차이용패턴을 반영한 transit assignment 구현방안 연구 ○ 광역도시철도 급·완행 운행에 따른 편익산정 방법론 연구 - 승하차시간 단축, 표정속도 향상에 따른 통행시간 절감효과 분석 - 기존선 급행운행에 따른 타 교통수단에서의 전환에 따른 편익분석 3) 추가보완사항 ○ 국가 R&D로서의 필요성이 더 극대화하여 나타내기 위해서는 기존 차량을 이용하는 경우에는 사업비가 많이 소요되어 경제성을 확보하기 어렵지만, 본 연구개발사업에 의해서 개발되는 차량을 이용하는 경우에는 충분히 경제성을 확보할 수 있다는 형태로 보여주면 더 좋을 것으로 판단됨

자문위원명 : 이 장 호 (인)

2013년 6월 12일

광역·도시철도 급행/완행 운행기술 개발 RFP 검토

일시 : 2013년 06월 19일

장소 : 한국철도기술연구원 7동 2층 회의실

○ 기존 광역·도시철도의 급행/완행 운행기술 RF에 대한 검토 내용을 아래와 같이 정리하였읍니다.

○ RFP의 연구 개발 내용이 기 진행하고 있는 기술개발 내용을 응용하는 경우가 많고, 기 도출된 연구 결과를 종합하여 차량 및 SYSTEM 조합에 따른 검증등을 포괄적으로 포함하고 있는 것으로 보이므로, 그 부분에 대해서는 실제 과제 진행시 조율과 조합이 필요할 것으로 판단됩니다.

광역·도시철도 급행/완행 기술 개발 RFP 검토

구분	RFP 검토
차량 및 SYSTEM INTERFACE 분야	- 변전소의 급전 용량 및 회생량 증대에 따른 회생 수용율 등, 전력 용량에 대한 검토와 시뮬레이션 실시 필요. - 가 감속도 향상시 져크 제어를 위해서는 역행 및 제동 응답 시간에 대한 조정과 역행 초기, 제동 시작점에서의 토크값 제어에 대한 기술 검토와 확인이 필요할 것으로 판단되므로 그 부분에 대한 신호 INTERFACE 검토 필요. - 급행 차량의 역사 무정차 통과에 의해 발생하는 열차풍등에 의한 역사 시설물 (특히 PSD 부분) 의 영향에 대한 기술 연구가 진행되어야 하며, 필요시 풍동등에 대한 시뮬레이션 실시가 진행 되어야 함.
차량 연구 개발 분야	- 이용승객의 혼란 방지와 편의성 증진을 위한 방송/표시기등 차량 SERVICE 기기의 기능에 대한 INTERFACE 검토 필요. - 연구 개발에 대한 내용과 시험이 차세대 전동차와 중복되고, 차세대 전동차의 연속으로 수행되는 항목은 재검토 필요. - 0 속도까지의 완전 전기제동 사용을 위하여 M car로 개조하는 것은 논리에 맞지 않음 (전동기와 인버터 조합에 따라 전기제동 system이 결정되므로 추진제어와 전동기 기술개발 내용에 포함시켜야 함) - 1C1M 방식의 인버터에 대해 기기배치를 위하여 DC 전용 개조에 대한 방안 수립 필요 (1C2M의 SYSTEM 조립 또는 제어 이중계에 의한 1BOX내에서의 1C1M 2set 조립등의 방안 제시 필요)

자문위원 : 김 찬 수

광역철도 속도향상 기술개발 기획과제의 후보 과제도출 및 RFP 검토 자문 의견서

일시 : 2013년 6월 19일

장소 : 한국철도기술연구원7동2층회의실

○ 광역철도 속도향상 기술개발 기획과제의 후보 과제도출 및 RFP 검토와 관련하여 기존 인프라 활용 및 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구와 관련하여 RFP 추가의견을 아래와 같이 정리 하였습니다.

○ 기존 인프라를 활용한 급행/완행 운행방안 연구관련 추가항목

- Y 분기기 개량시 기존 시설물 간섭에 따른 시공성 개선방안 연구

○ 대피선 건설을 통한 급행/완행 운행방안 연구관련 추가항목

- 여유승강장을 활용할 경우 대피선 연장 최소화를 위한 급각 분기기 설치에 대한 기준 정립 연구
- 기존터널 활용시 기존터널과의 접속부에 대한 시공계획 연구
- 운영중인 터널 확장에 대한 라이닝 내구성 등 장기 안정성 연구
- 기존 개착정거장에 대피선 설치시 기존구조물 철거방안 연구
- 운영중 터널에서 발파굴착시 이용객 및 작업자의 환경 개선방안 연구

자문위원 : 정 순록 (정인)

광역철도 속도향상 기술개발 기획과제의 후보과제 도출 및 RFP 검토 자문 의견서

종합 의견	**1) 광역·도시철도 급행/완행 운행기술 개발** ○ **(연구개발 필요성 수정)**본 RFP에 제시된 연구개발 필요성은 실제 사업의 목표 및 내용에 따른 필요성과 다소 일치하지 않음 - 본 RFP에 제시된 연구내용은 고성능 전동차 핵심기술 연구와 기존 인프라 활용한 급행/완행 운행방안 연구 등 요소기술개발 및 인프라의 효과적 활용을 통한 건설 및 운영 효율성 증대이나, - RFP에 제시된 연구개발 필요성은 출퇴근 시간단축 및 철도분담률 제고 등을 위한 도시철도의 급행/완행 운영 자체의 필요성에 대한 내용으로 운영계획 및 정책적 측면에서의 필요성으로 제시 ☞ 본 연구의 필요성은 운영·전략적 요구에 의해 급행/완행 운영의 필요성은 인정되고, 실제 운영되고 있으나 이러한 운영전략을 뒷받침해 줄 수 있는 차량요소 및 건설비용 효율화를 위한 기술적·Infra 측면에서의 연구개발사업이 필요함을 강조해야 할 것임. ○ **(연구개발내용 관련 유사 사업에 대한 국내·외 중복성 검토)**현재 철도공사에서 연구 중인 기획과제와의 중복성 검토 필요 ○ **(연구내용 또는 과제 추가)** 본 사업의 경우 실제 철도노선에 적용을 위한 실용화 및 응용연구 성격이므로, 연구개발 완료 후 실제 노선으로의 적용성 검토를 위한 기본 또는 실시설계 수준의 기술적용방안에 대한 구체적 연구가 필요 - 이미 기획과제 단계에서 본 연구 및 기술개발사업의 필요성 및 효과분석은 어느 정도 인정이 되었다고 볼 수 있는 바, - 이러한 기술 적용으로 인한 수요변화 및 편익산정, 그리고 전환량 분석의 경우 기존 방법을 활용하는 수준에서 충분히 분석 가능할 것으로 보임. 실제 최근 수행되고 있는 철도건설 타당성 용역에서 급행화에 따른 효과분석을 함께 시행하고 있으며, 이에 따른 통행시간절감, 수단전환에 의한 편익분석 등은 이미 반영되고 있음.

종합 의견	**1) 광역·도시철도 급행/완행 운행기술 개발** ○ **(연구내용 및 방법에 대한 일관성 필요)** 광역·도시철도 혼잡도 완화방안 연구의 경우 대부분의 연구내용이 혼잡도 분석과 정차시간 등 현황조사와 출입문 확폭 및 개폐시간 단축을 위한 연구로 구성되어 있는데, 이는 혼잡도 완화방안으로 보기에는 기존의 혼잡도 완화 개념과 맞지 않는 것으로 보임. - 도시철도에서의 혼잡도라고 함은 일반적으로 차량내에서의 객차용량과 재차인원의 관계를 통해 정의되는 개념임. - 본 과제에서 제안한 연구내용의 경우 혼잡도 완화방안이라기 보다는 '열차 정차시간 감소방안'으로 보는 것이 좀 더 적절할 것으로 사료됨. - 만일, 열차 정차시간 감소를 통해 열차운행간격을 증대시킬 수 있다면, 이는 혼잡도 감소방안으로 볼 수 있으나, 이러한 부분에 대한 내용은 없으므로 연구과제명과 연구내용이 다소 맞지 않는 것으로 보임. - 또한, 타 자문의견에서 제시된 객차별 실시간 혼잡도 정보제공으로 인한 균일한 탑승 및 승하차시간 단축유도의 경우 금번 BEXCO에서 개최된 철도 물류산업전에서 KOTI에 의해 이미 소개된 내용이므로 RFP에 반영하기 위해서는 차별화된 기술개발이 필요할 것으로 보임. **2) 고성능 전동차 기술개발** ○ **(연구개발내용 관련 유사 사업에 대한 국내·외 중복성 검토)**현재 철도공사에서 연구 중인 기획과제와의 중복성 검토 필요

자문위원명 : 정 성 [illegible]

2013년 6월 19일