

차세대 첨단 도시철도시스템의 적용기술에 관한 연구

박성혁*(한국철도기술연구원), 오세찬(한국철도기술연구원), 여민우(한국철도기술연구원)

Applicable Technology for Advanced Urban Transit System

S. H. Park(KRRI), S. C. Oh(KRRI), M. W. Yeo(KRRI)

ABSTRACT

This paper is about applicable technology for Advanced Urban Transit System. The first step for Advanced Urban Transit System development is marking definition of system requirement, researching foreign country's case, and setting suitable requirement spec for domestic environment. We're also trying to select suitable technology to domestic environment and reflect Advanced Urban Transit System development business through researching and analyzing involved technology form domestic also overseas.

Key Words : Advanced Urban Transit System(차세대 첨단 도시철도시스템)

1. 서론

현재 세계의 철도선진국들은 기존에 운행되는 도시철도시스템에 첨단성, 경제성, 에너지 절감, 친환경 경성 및 교통약자에 대한 배려 등이 반영된 차세대 도시철도시스템을 앞다퉈 개발하고 있다.

차세대 첨단도시철도시스템이라 하면, 기존시스템의 문제점 개선은 물론 도시철도시스템의 관련주체인 차량이용자, 운영자, 적용지역은 물론 국가적인 측면에서 까지 관련 주체별로 요구하는 내용들이 반영된 최적의 도시철도시스템이라 말할 수 있다. 우리나라도 국가경쟁력 확보와 국민편의 증진 및 경제성향상 측면에서 2005년 ~ 2011년 까지 약 6년의 개발기간으로 차세대첨단도시철도시스템 개발 사업을 착수해 현재 기획연구를 통해 적용가능기술을 검토 중에 있다. 또한 기존 노선과의 호환성을 유지하기 위해 기존의 법령이나 사양을 검토하고 있으며 특히 기존시스템의 가장 큰 문제인 경제성을 해결하기 위해 무인운전의 적용, 유지보수의 개선, 에너지 절감 및 친환경경성 확보 등으로 연구를 추진해 나아

가고자 한다.

2. 시스템 조건

2.1 시스템 목표

차세대 첨단도시철도시스템의 목표는 위에서 정의한 대로 차량이용자, 운영자, 적용지역 및 국가적인 측면에서의 요구사항을 반영하여야 하며, 더 나아가 기존시스템의 문제점, 기술의 발전방향 등을 빠짐없이 반영하여야 한다. 우선 먼저 차량을 이용하는 승객입장에서 요구되는 항목은 목적지까지의 신속 정확한 이동 및 역사에서의 대기시간절약, 그리고 차량내에서의 소음, 진동, 전망도, 차내 혼잡을 및 안전성 등의 향상을 요구할 수 있다. 이러한 요구사항은 차량의 성능측면에서 보면 가속 성능의 향상과 짧은 운행시각유지, 차량 경량화, 차량 내 구조개선 등을 통해 만족시킬 수 있다. 그리고 차량운영자 측면에서 보면 차량의 성능을 높이고, 운영유지비용의 저렴화를 통한 경제성을 높이는 쪽으로 시스템 조건을 요구하고 있다.

이를 만족시키기 위해 최대수송수요의 만족과 기존 노선과의 호환을 감안한 차량단면 선정 및 효율적 노선선정을 위해 최대 등판능력 향상과 최소곡선의 원만한 통과성을 요구할 수 있으며, 또한 운영유지비용 절감을 위해 무인운전과 무인검수를 기본적인 조건으로 요구할 수 있다. 다음으로 적용 지역의 경우 친환경성과 도시미관, 지역사회 분리축소 및 수익성 확보 등을 요구할 수 있다. 끝으로 정부 입장에서는 핵심기술의 국산화 및 기술이전을 통한 기반기술 확보와 그리고 에너지 소비의 효율성, 적용장치의 표준화를 통한 호환성 유지 등을 요구조건으로 제안할 수 있다. 이러한 검토사항을 바탕으로 다음의 시스템 목표(안)를 정할 수 있다.

- 1) 장래 교통수요 및 정책을 감안한 최적의 차량 규모제시
- 2) 경제성, 정시성, 안전성, 유지보수성, 에너지 절감, 첨단성 및 일반승객과 교통약자에 대한 서비스향상 등을 충분히 고려한 차량의 성능 사양 및 장치별 주요기기 사양제시
- 3) 차량의 안전운행 보장, 운영처간의 운영유지 보수분야의 기술공유화
- 4) 유지보수의 편리성 및 무점검, 무보수화 확대와 차량기기 및 부품의 표준화
- 5) 차량의 경량화를 통한 선로유지보수의 절감과 에너지 이용효율 증대로 운전전력비 절감
- 6) 정확하고 안전한 무인자동운전체계의 확립
- 7) 25년 이상의 내구성 확보
- 8) 차량과 시설물 등 도시미관과의 환경친화적인 차량
- 9) 친환경성을 감안하여 적용재료를 재활용하기 쉬운 재료를 적용

2.2 시스템 요구조건

시스템 요구조건은 위에서 검토한 시스템 목표를 구체적으로 구현하기위한 조건들로 크게 일반조건과 기술조건으로 분류하여 제안 할 수 있다. 일반조건 경우는 차량운영에 필요한 선로조건, 하중조건, 기후조건 및 기타 요구조건을 들 수가 있으며, 기술조건 경우는 차세대 전동차시스템이 반듯이 기술적으로 갖추어야할 기술적 공통사항과 기존 차량과의 호환을 위해 반듯이 맞추어야 할 주요치수, 운전요구조건, 각 장치별 요구조건과 요즘매

우 강조되고 있는 **RAMS** 조건, 시험평가조건 및 유지보수 조건 등으로 나누어 제안 할 수 있다.

Table 1. Definition of system requirement

요구 조건	주요항목	
일반 조건	선로 조건	최급구배, 최소곡선반경, 캔트, 궤간, 축중, 승강장 높이, 차량한계, 건축한계
	기후 조건	적설량, 강수량, 온도 및 습도, 낙뇌, 대기오염, 태양열 부하
	하중 조건	승객1인당 하중조건, 최대승객하중, 관성질량보상계수
	운전 조건	1일 평균 주행량 등
	기타	환경조건, 전자기파 조건 등
기술 조건	시스템 공통사항, 주요치수, 운전조건, 장치별 요구조건, RAMS 조건, 시험평가 조건, 유지보수 조건 등	

현재 위의 요구조건들의 주요항목을 만족시킬 수 있도록 구체적인 검토를 진행 중 이다.

3. 해외 차세대 전동차 개발사례

현재 해외에서 차세대 전동차개발을 계획하여 개발이 완료된 시스템으로 일본의 **AC Train**을 예로 들 수 있다. 일본의 **AC Train**은 기존의 도시철도시스템에 승객서비스향상, 안전성, 경제성, 친환경성 등이 반영된 기술을 적용하여 현재 시운전 중인 차량으로 조만간 영업노선에 적용될 시스템입니다. 이러한 장점들을 우리기술개발사업에 접목시키고자 상세히 검토해 보았다.

3.1 일본의 AC Train

3.1.1 개발목적

일본의 **AC Train**은 21세기 통근형 전차로 「여

객 서비스 향상», 「수송의 안정성 향상», 「비용 절감», 「접근성», 「친환경성」등 첨단기능의 향상이 요구됨에 따라서 IT(Information Technology) 기술을 바탕으로하는 신기술을 활용하여, 시스템의 안정성 및 신뢰성의 향상과 폭넓은 고객의 요구에 대응한 새로운 서비스를 저렴하게 제공할수 있는 차량개발을 목표로 핵심기술의 개발을 추진해왔다. 또한 이러한 핵심기술들에 대한 종합적인 평가·검증을 목적으로 시제차인 「AC Train」을 제작하여 현재 시운전 중에 있다.



Fig 2. Improvement of passenger service

3.1.2 개발개념

1) System Change

- 차체 구조의 간소화, 범용 전송 기술의 활용에 따른 차내 배선 및 장치 수 감소와 maintenance free화로 운영유지비(maintenance cost)를 저감하고, 연결(連節)방식에 의한 장치 수의 삭감으로 제조비용의 저감을 꾀하였다.
- 경량화 및 직접구동형 주 전동기(DDM)의 적용으로 에너지 효율을 향상시키고, 동력비를 저감하며, 친환경성을 높이기 위해 내장 재료나 부품 교환이 용이한 차체 구조로 renewal cost를 저감하였다.



Fig 1. Articulated bogie

2) 여객 서비스의 향상

- 열차 내에 지상과의 송수신 장치 및 server를 위해 LAN(Local Area Network)을 정비하여, 정보 서비스 제공에 필요한 환경을 구축하였으며,
- 정보 서비스로는 운행 정보의 차내 표시나 특급용 차량 등의 서비스도 상정한 전용단말기나 개인 단말기에 의한 메일 송수신·인터넷 접속과 같은 정보통신을 가능하게 하였다.
- 또한 차량연결 구조개선과 외부 설치구조의 출입문(outside-hang door)으로 실내 폭을 확대하여 혼잡도를 완화하였다.

3) 수송의 안정성 향상

- 동력 제어 시스템의 세분화와 IT 활용에 의한 상호 백업(mutual backup)으로 시스템 신뢰성을 향상시켰으며, 기기의 자기진단 기능과 응급처치 시스템을 구축하여 복구시간의 단축을 꾀하였다.
- 장애시의 지령과 같은 신속한 지원을 목적으로, 기기 고장정보나 운전실 전방(前方) 영상정보를 관계 장소로 전송하기위한 환경도 구축하였다.

4) Barrier free(Transportation accessibility)

- 휠체어를 이용하는 고객이 쉽게 승하차 할 수 있도록 플랫폼과 차량사이의 단(段) 차이간격을 없애는 장치를 일부 출입문에 설치하였다.

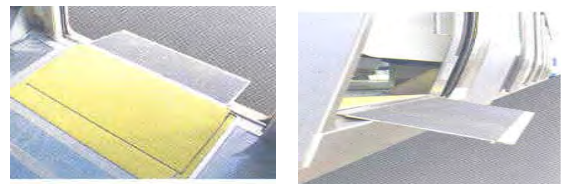


Fig 3. Improvement of Transportation accessibility

- 차체 외부 설치구조의 문(outside-hang door) 방식의 채용과 가이드 레일의 구조를 개선하여 출입구 부분의 레일 단 차이를 없앴으며,
- 시각 장애를 가진 고객을 위해 음성에 의한 문 개폐 안내와, 청각 장애를 가진 고객을 배려하는 표시등에 의한 door 폐쇄 안내를 객용 문에 설치하였다.

5) 친 환경성(Ecology)

- 한층 더 뛰어난 에너지 효율화를 위해, 고효율의 DDM을 채용하는 한편, 차량의 경량화를 추진한

다.

- 제로 폐기물(Zero emission)을 지향하여, 내장 재료를 보다 recycle하기 쉬운 재료를 채용한다.

4. 차세대 전동차 적용기술

위의 해외사례에서 검토된바와 같이 차세대첨단 도시철도기술의 핵심은 크게 이용자에게는 편의성과 안전성확보이며, 운영자에게는 경제적이고 신뢰성이 확보된 시스템의 제공이라 말할 수 있다. 이러한 요구조건을 기본으로 하고 더 나아가 차세대가 요구하는 첨단성과 국가경쟁력강화를 위해 반듯이 요구하는 기술들로 직접구동모터시스템, 전기제동시스템, 볼스타레스 관절대차시스템, 에너지저장시스템, 운영시물레이터, 화상처리식 검지시스템 등을 개발하여 적용하고자 한다. 그림 각 개발 핵심장치에 대해 국내외 개발 현황 및 장단점 등을 검토해보고자 한다.

4.1 직접구동모터(Direct Driving Motor: DDM)시스템

- 1) 직접구동모터시스템은 기존의 동력전달장치와 감속기어를 통해 견인력을 전달하는 시스템과 달리 전동기가 직접 차륜을 개별제어시켜 전동차 속도를 조절하는 방식으로 세계최초로 도시철도시스템에 적용하게 되는 기술도 현재 일본의 차세대 전동차에 일부기술이 적용되어 시험중에 있다.
- 2) 기존 시스템의 감속 구동장치 및 동력전달축 생략으로 인해 부품 수를 감소할 수 있어 유지보수 비용이 절감, 소음저감, 전기 에너지비용(기존대비 7.5%) 절감 등의 장점이 있다.

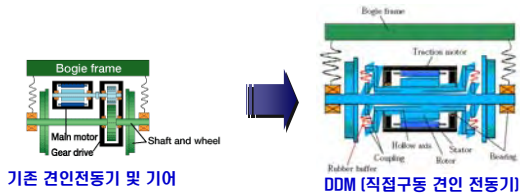


Fig 4. Direct Driving Motor

4.2 풀 전기제동 시스템

- 1) 기존의 전동차 제동은 전기제동과 공기제동에 의해서 정차하는 방식이나, 제안된 제동방식은 완전한 전기제동에 의해서 정차하는 방식으로 기존의 공기제동장치에 의해 발생했던 유지보수의 문제점과 디스크마모로 인한 분진발생 및 소음 등을 개선할 수 있는 시스템이다.
- 2) 정차시 발생하는 회생 전기에너지 활용이 가능하고 디스크마모로 인한 분진발생이 없으므로 환경오염을 줄일 수 있고 차량하부에 취부되는 부품의 50% 를 줄일 수 있어 큰 폭의 경량화 및 유지보수 비용의 절감이 가능하다.

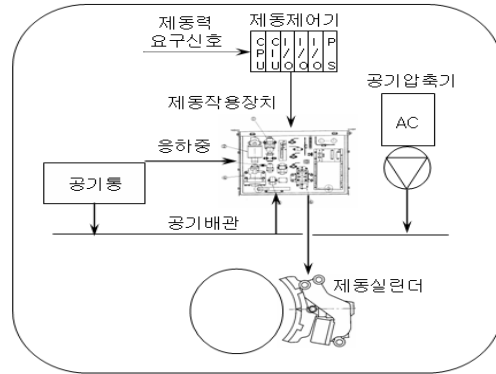


Fig 5. Pneumatic Brake System

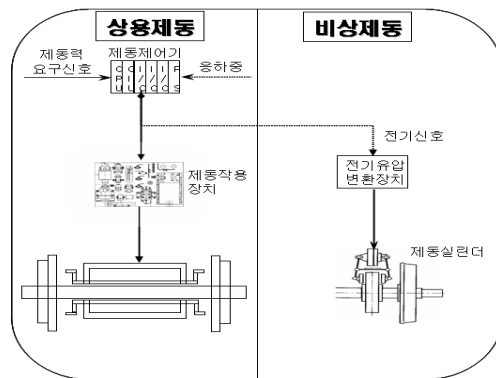


Fig 6. Electric Brake System

4.4 에너지저장 시스템 기술개발

- 1) 에너지 저장시스템은 전동차 감속시 순간적으로 발생된 회생에너지를 저장하여 필요시 다시 전기에너지로 변환하여 사용하는 기술을 말한다.

- 2) 현재는 배터리에 충전한 후 사용하는 방식이 상용화되어 사용하고 있으나 저장시간이 길고 효율이 낮은 문제점 등을 안고 있다.
- 3) 이러한 문제점들을 해결할 수 있는 방식인 플라이휠을 이용한 초전도 방식으로 에너지 저장장치를 개발할 예정이다.
- 4) 개발하고자 하는 초전도 에너지 저장장치는 순간적으로 발생하는 에너지를 저장할 수 있고 효율이 약 95% 정도로 효율적인 에너지 활용이 가능하다.
- 5) 국내에는 아직 초전도 방식의 에너지 저장장치 개발 사례는 없으며, 일본에서 현재 소용량급(1000W급 저장장치 개발) 에너지 저장장치를 개발하여 상용화 하였다.

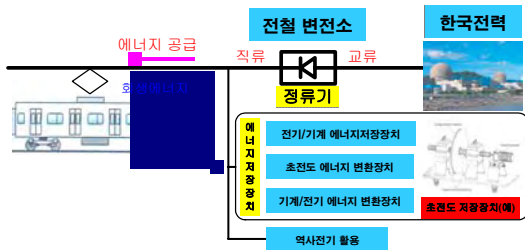


Fig 7. Energy storage systems

4.5 화상처리식 검지 시스템

- 1) 화상처리검지 시스템은 본 기술개발사업의 목표인 이용승객의 안전성 확보와 밀접한 분야로 승강장 선로에 물건이나 사람이 떨어진 경우와 혹은 화재 등의 비상상황발생시 화상처리 검지시스템을 이용하여 컴퓨터가 신속히 검지하여 차량에게 알려 차량의 진입을 막아 사전에 피해를 줄이고자 하는 시스템이다.
- 2) 대구지하철사태와 같은 상황발생시 조기 대처가 가능하며, 승강장 및 선로 감시카메라를 통해 현장상황을 종합사령실 및 차량이 인식하게하여 궁극적으로 전동차 운영의 안전성 확보가 가능하도록 한다.
- 3) 현재 일본의 동일본철도와 독일 Fraunhofer에서 최근 화상처리에 의한 안전장치에 대한 연구를 진행 중에 있으며, 국내에는 개발사례가 없다.

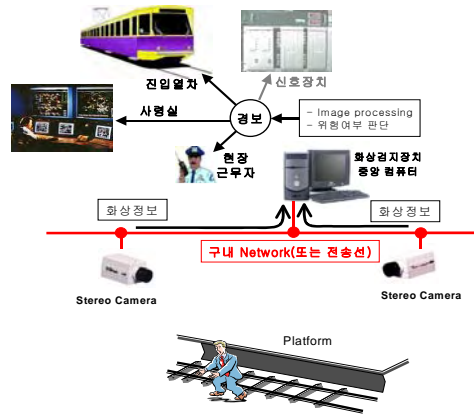


Fig 8. Fallen passenger detection system using image processing technology

4.6 운영시뮬레이터 기술개발

- 1) 차세대 도시철도시스템의 경우 무인자동운전이 기본이 됨에 따라 통합사령실 운영에 대한 안전성을 높이기 위한 사고 시나리오 시뮬레이션을 구현하고 기타 도시철도 운영에 필요한 직원의 교육 등에도 적용이 가능한 무인운영시뮬레이터 개발이 적절한 실정이다.
- 2) 차량의 무인운전을 위해 기본적인 인프라 구축 측면에서 매우 중요하며, 또한 운영자의 지속적인 교육을 통해 사고, 고장시 신속한 대응이 가능하도록하여 차세대 첨단 도시철도시스템의 안전성 확보가 가능하도록 할 예정이다.

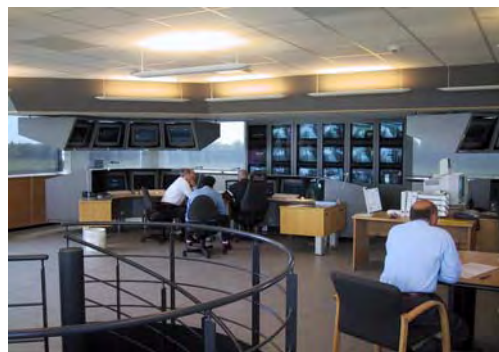


Fig 9. operation simulator

- 3) 해외에는 무인운전을 하고 있는 프랑스, 일본 등에서 개발하여 적용하고 있으며, 국내에서는 주로 고속철도나 일반철도 종사자들의 교육용으로 적용하고 있으나 차량의 무인운전을 위한

운영시플래이더 연구는 전무한 상태이다.

5. 결론

위에서 검토한 각 분야별 적용기술은 현재 철도 선진국의 차세대 도시철도시스템에 적용된 기술보다 한 단계 높은 기술들이 대다수 이다. 물론 최첨단 기술의 적용도 중요하지만 대다수 국민들이 이용하는 도시철도시스템의 경우 시스템 안전성 및 신뢰성의 확보가 그 무엇보다 중요할 것으로 사료된다. 이를 만족시키기 위해 기술개발사업기간동안 개발 핵심장치들의 안전성과 신뢰성 확보에 중점을 둘 예정이며, 더 나아가 개발 핵심장치간의 인터페이스를 원만히 수행하여 세계최고의 차세대 도시철도시스템이 개발될 수 있도록 노력할 예정이다.

또한 개발초기에 시스템 요구사항 정의에서부터 도시철도 운영기관 및 관련기관과의 긴밀한 협조를 통해 지속적으로 시스템 성능 및 신뢰성 향상을 도모하며, 더 나아가 실용화를 위해 정부, 지자체, 운영기관간의 협의체 등을 구성하여 노력할 예정이다. 차세대도시철도기술의 확보는 향후 세계 도시철도시장에서 겪게 될 무한경쟁에서 확고한 위치를 다지기위해 국가적으로도 반듯이 확보되어야 할 기술들이다. 2005년에서 부터 2011년까지 수행하게 될 차세대 첨단도시철도시스템 기술개발사업을 성공적으로 마무리하여 당초 개발목표로 정한 이용승객의 편의증진, 개발시스템의 안전성, 신뢰성, 경제적 확보와 국가적으로 철도핵심기술에 대한 기반기술 확보, 호환성 확보 등을 반듯이 구현할 수 있도록 최선의 노력을 다할 것이다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, “차세대 첨단도시철도시스템 기술개발사업 기획보고서,” 2005.
2. 한국철도기술연구원, “부산시 3호선 (미남R~반송구간) 차량분야 기본설계 보고서,” 1999.
3. 용인시, “용인시 경량전철 실행플랜 최종보고서,” 2001.