

도시철도시스템기술의 주요 현안과 개선 방향

Technical Issues of Urban Transit System

한석윤* 이호용** 홍재성*** 정종덕****
Han, Seok Youn Lee, Ho Yong Hong, Jai Seong Chung, Jong Duck

ABSTRACT

Urban transit is defined as "Transportation facilities and carriage by track like railway where is constructed and operated in urban area" in Korean urban railway law. Several hundreds of urban transits are operated in the world, and Korea also has 19 lines 590km in several cities like Seoul, Busan etc.

In this paper, we classify urban transits and describe the general characteristics of urban transit. And then review major technical issues and present the direction to technical progress.

1. 개요

도시철도가 런던에서 1863년에 개통된 이래 세계적으로 수백 종이 운영되고 있으며, 우리나라도 서울과 부산 등 대도시에서 19개 노선 590여km 에서 운행되고 있는 매우 중요한 대중 교통수단이다. 도시철도시스템은 차량, 급전, 신호통신, 선로시스템, 운영시스템 등으로 구성된 복합시스템이다. 이러한 시스템에서 중요한 것은 ①사전에 정해진 시스템의 기능유지, ②자연재해, 설비고장 등에 의한 시스템기능의 혼란 ③시스템기능에 영향을 주는 인간의 행위의 세가지 요소가 균형을 이루는 것이다. [1]

본 논문에서는 운영환경에 따라 다양한 형식으로 개발되어 운영되고 있는 도시철도시스템을 분류하고 도시철도의 일반적인 기술적 특징을 서술하며, 운영기관 등에서 갖고 있는 주요 현안사항에 대해 고찰하고, 도시철도시스템기술의 발전방향을 제시한다.

2. 도시철도의 정의 및 분류

2-1) 도시철도의 정의

1) 일본에서는 도시철도란 "대도시권에서 여객수송용으로 사용되는 철도"로 정의하고 있으며 [2], 미국 대중교통연합(APTA, American Public Transportation Association)에서는 적용기술 및 운영 특성에 따라 여러 종류로 나누어 정의하고 있다. [3]

2) 국내 도시철도법에서는 도시철도란 "도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통권역에서 건설·운영하는 철도 등 궤도에 의한 교통시설 및 교통수단" 으로 정의하고 있다.

2-2) 도시철도의 분류

도시철도는 목적에 따라 여러 유형으로 분류할 수 있는데 그 중 몇 가지만 소개한다.

* 한국철도기술연구원 도시교통기술개발센터 수석연구원, 정회원
E-mail : syhan@krri.re.kr, TEL: (031)460-5701 FAX: (031)460-5749
** 한국철도기술연구원 도시교통기술개발센터 선임연구원, 정회원
*** 한국철도기술연구원 도시교통기술개발센터 선임연구원, 정회원
**** 한국철도기술연구원 도시교통기술개발센터 책임연구원, 정회원

1) 수송능력에 의한 분류

- 중량(重量)전철시스템(heavy rail transit) : 시간·방향당 30,000 ~ 50,000 pphd
- 경량(輕量)전철시스템(light rail transit) : 시간·방향당 5,000 ~ 30,000 pphd
- 소형(小型)전철시스템(PRT ; personal rapid transit): 시간·방향당 3,000 ~ 6,000 pphd

2) 도입공간에 의한 분류

- 고가; 고가교
- 지상; 다른 교통기관과 동일 평면을 사용하지만 타 교통수단과 교차시 통행장애가 되지 않아야 한다.
- 지하; 다른 교통수단과 독립, 통상 도로 아래

3) 수송노선 형태에 따른 분류

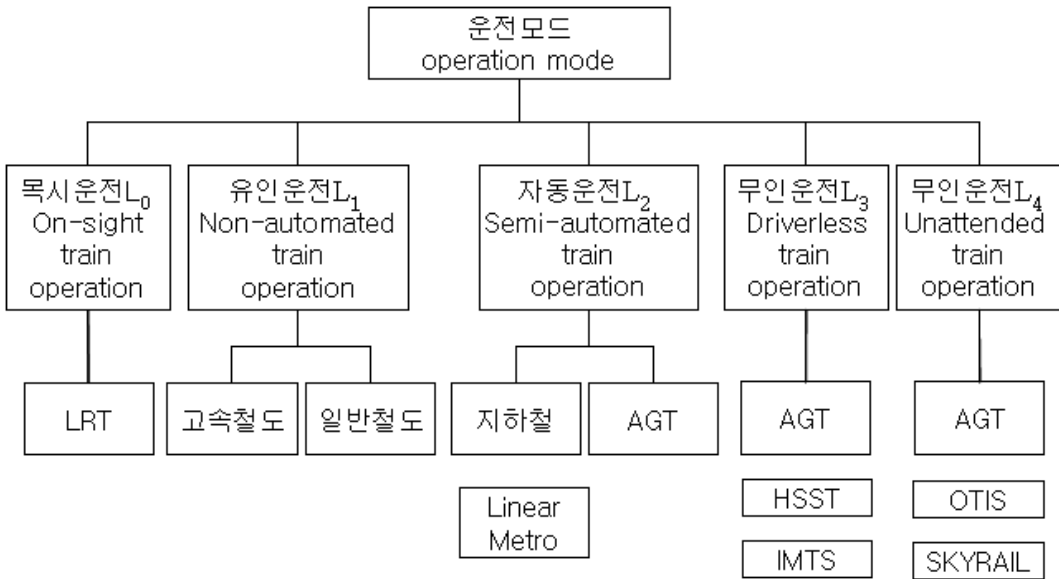
- 전용방식
- 부분공용방식; 노선방향은 다른 교통시스템과 fence, 고저차(高低差) 등으로 분리되지만 교차로에서는 다른 차량 및 보행자와 동일 평면으로 교차하는 방식(가이드웨이 버스)
- 공용방식; 일반교통과 노면을 공용으로 사용하는 방식, 우선신호, 특정차선 등이 있는 경우도 이 방식에 속함(예; 노면 전차)

4) 궤도방식에 의한 분류

- 궤도 방식
- 무궤도 방식; 기관사의 조종에 따라 운행하며 주로 고무타이어를 사용
- 특수궤도 방식; 연속성 있는 수송형태로 움직이는 보도와 로프에 의해 운행되는 도시형케이블카가 전형적인 예이다.

5) 신호·운전방식에 의한 분류: 운전모드에 따라 목시운전, 유인운전, 자동운전, 무인운전 도시철도시스템으로 구분한다. [4,5]

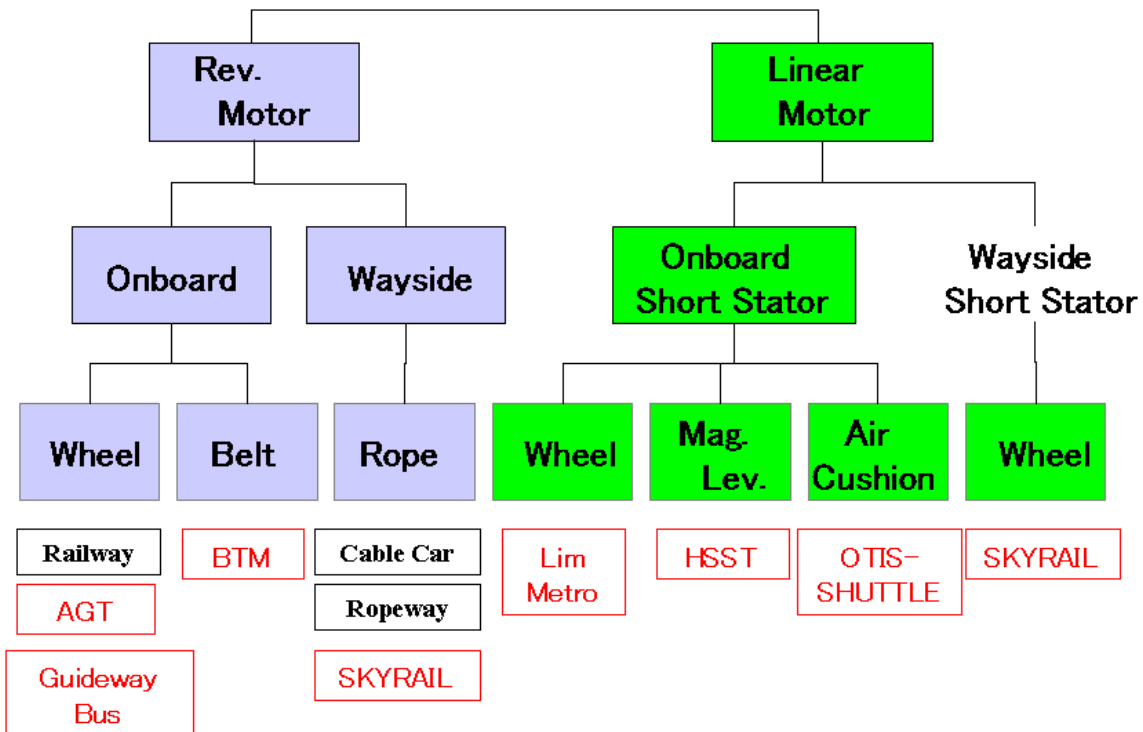
IEC 62290-1 Ed.1에서는 열차운전의 기본기능에 대한 책임을 기관사, 승무원, 그리고 시스템 중 누가 부담하느냐에 따라 분류한다. 목시운전(L₀, on-sight train operation)은 시스템이 운전과 관련하여 어떠한 관여도 하지 않고 기관사가 운전하는 방식이다. 유인운전(L₁, non-automated train operation)은 기관사가 운전실에서 운전하며 위험상황에 대처하고, 신호에 따라 정차하며 시스템은 기관사의 활동을 감시하는 방식이다. 자동운전(L₂, semi-automated train operation)방식에서는 기관사가 운전실에서 위험상황 발생시 열차를 정차하며, 열차의 가감속 및 속도는 시스템에 의해 자동으로 지원되나 역에서 열차의 안전한 출발은 기관사의 책임이다. 무인운전(L₃, driverless train operation)은 운전실에 기관사가 없으며 화재, 지진과 같은 비상시 대처를 승무원(attendat)이 처리하는 운전방식이다. 완전 무인운전(L₄, unattended train operation)은 열차에 기관사, 승무원 없이 모든 제어를 시스템으로 처리하는 운전방식이다.



주) LRT : light railway transit ·AGT : automated guideway transit
 HSST : high-speed surface transport ·OTIS : 공기부양식 system
 IMTS : intelligent multi-mode transit system

< Fig 1. 운전모드에 따른 분류 >

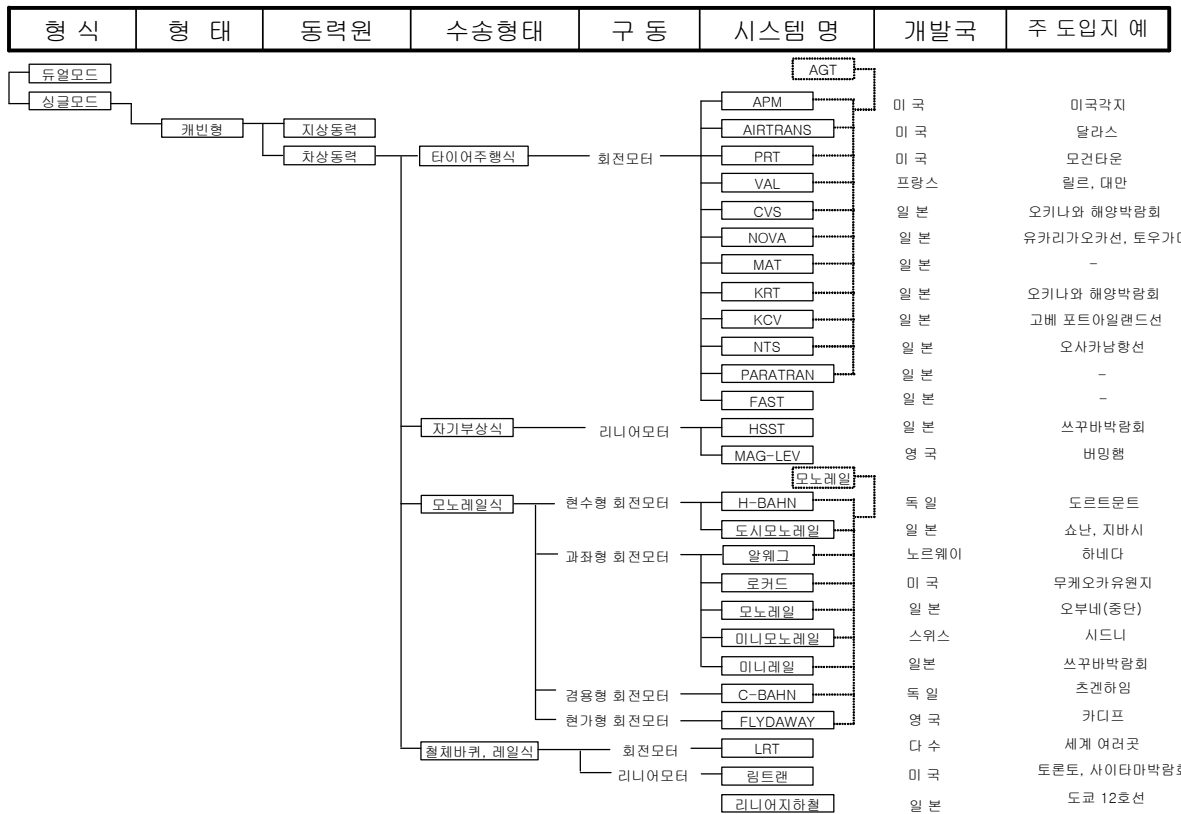
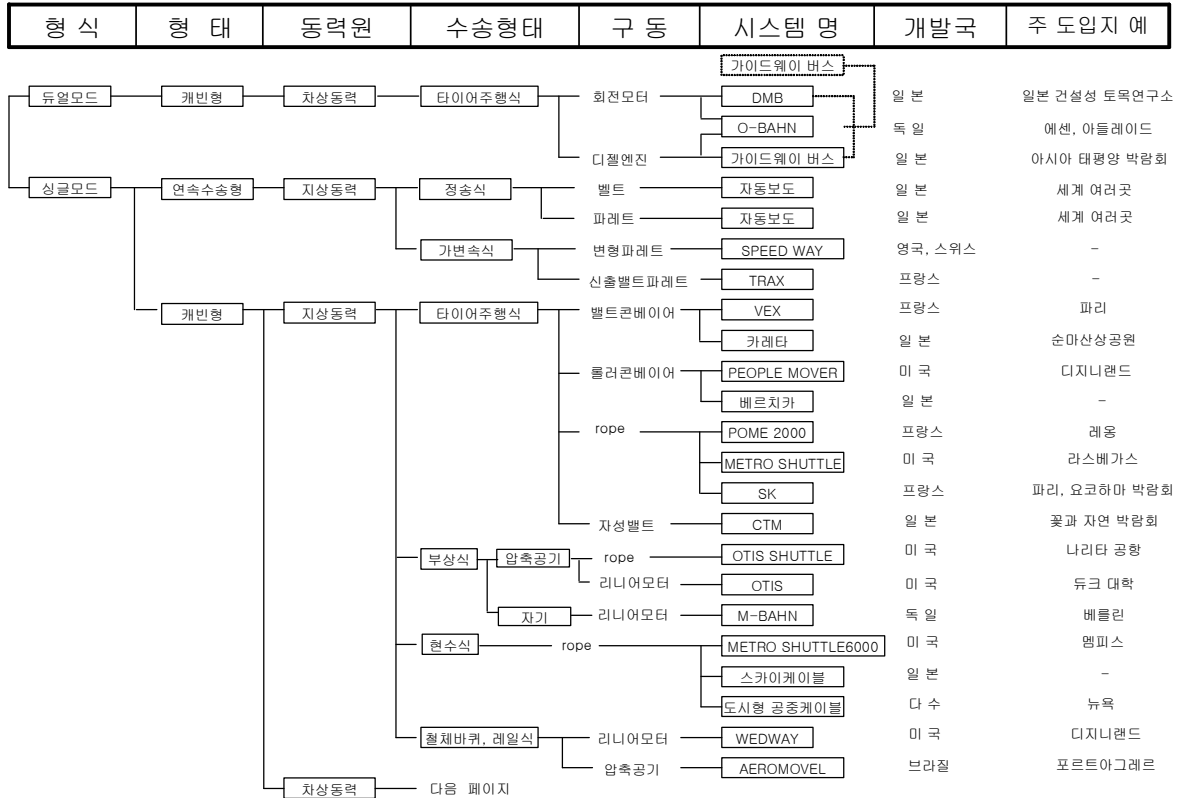
6) 지지방식과 구동 방식에 의한 분류 [5]



주) BTM: permanent magnet, Sky Rail: LIM + Rope
 IMTS: magnet + remote control

< Fig 2. 지지방식과 구동방식에 따른 분류 >

7) 기구학적인 구조에 의한 분류 [6]



< Fig 3. 기구학적인 구조에 의한 분류 >

3. 도시철도시스템의 기술적 특징

도시철도가 항공기, 자동차 등과 같이 승객을 수송하는 대중교통수단이지만 이들과는 달리 궤도에 따라 제약된 진로만을 운행하는 정진로성, 2방향 주행, 여러 차량이 1편성으로 운행되는 특징을 갖고 있으며, 안전성, 정시성, 쾌적성, 속도성, 친환경성, 대량수송성 등의 장점이 있다. 도시철도는 기존 철도보다 역간거리가 상대적으로 짧아 차량의 가감속능력이 우수해야 하며, 좁은 공간에서 많은 승객이 계속해서 이용함으로 이에 대해 다양한 설비를 구성하고 있어야 한다.

4. 국내 도시철도시스템의 주요 현안

4-1) 직통운전 및 상호운영성(interoperability)

가) 국내외 동향

- 상호운영성은 수준에 따라 국제규격 IEC 62290-1/Ed 1(International Electrotechnical Commission)에서 4단계로 구분하고 있으며, 유럽의 경우 UGTMS(Urban Guided Transport Management System) 프로젝트를 통해 표준화와 상호운영성을 연구하고 있다. 일본의 경우에도 각 노선별로 열차를 상호운영할 수 있게 함으로서 승객의 수송수요와 편이성 향상, 노선운영의 유연성 향상을 도모하고 있다.

나) 국내 현안

- 국내 수도권 광역철도노선의 경우 상호운영성을 확보하여 운행하고 있으나, 지자체의 경우 각 노선별로 상이한 시스템이 채택되어 있고, 각 노선은 노선별로 깊이가 달라 구조적으로 상호운영이 어렵고, 대피선이 없어 직통운전 또는 급행운전도 어려운 실정이다.

- 또한 수도권의 경우에 시외에서 도심지로 진입시 도로교통수단보다 시간이 많아 소요되어 경쟁력이 뒤지고 있는 실정이다. 노선의 구조도 대피선이 없어 직통운전 또는 급행운행을 하기 어려운 구조로 되어 있다.

다) 개선방향

- 기존노선의 경우 직통운전 또는 급행운행을 하기 위해서는 신호설비의 개선, 대피선의 신설이 필요하며, 노후노선의 개량시 노선의 신설에 준하는 수준의 대규모의 개량일 필요하고 노선 신설시에는 이러한 사항을 고려한 노선계획 및 설계를 하여야 한다.

4-2) 수송능력향상을 위한 고밀도 제어시스템

가) 국내외 동향

- 도시철도의 신호시스템은 고정폐색방식의 궤도회로가 주류를 이루고 있으나 유지보수 및 건설비의 절감 등의 이점과 IT기술의 발전으로 해외의 경우 이동폐색방식의 통신기반 신호시스템(CBTC)으로 점차 이동하고 있으며, 국내의 경우에도 도시철도표준화사업에서 중량전철용 CBTC차상장치를 국산화하여 신뢰성시험을 수행중에 있다.

나) 국내 현안

- 국내 도시철도의 신호시스템은 해외 신호시스템의 전시장이라고 할 수 있을 정도로 다양한 시스템이 적용되어 있으며, 시격은 첨두시간의 경우 약 3분정도이다.

다) 개선방향

- 국내 지하철에서도 유지보수비의 절감과 1분30초까지 고밀도정밀제어를 위해서는 이동폐색 방식의 통신기반의 신호시스템(CBTC)을 적용하는 것이 바람직하다. 더구나 정부에서 지원한 도시철도표준화사업에서 CBTC신호시스템에 대한 표준사양을 작성하고 차상장치를 국산화하였으므로 향후 건설되는 또는 노후노선의 개량시 이러한 표준사양을 적용하여야 할 것이다.

4-3) 가변편성

가) 국내외 동향 [11]

- 일본의 경우 동경시내 지하철에서는 가변편성을 운행하고 있지 않으며, 교외선 통근전차인 JR 동일본Joban line 등에서 시행되고 있다. 가변편성이 도심노선에서 어려운 이유는 연결 및 분리에 소요되는 시간이 5~7분정도로서 3분정도인 도심운행구간에서 가변편성을 위한 시간, 장소, 잉여차량전동차의 유

치장소 문제, 스크린도어를 설치된 구간에서의 제어 및 승객안전문제 등이다.

- 국내의 경우 철도공사가 운영중인 디젤동차에 대해 경부선과 호남선에 대해 운영하고 있으나 도시철도에서는 없다.

나) 국내 현안

- 서울시 지하철에서 가변편성을 위해서는 가변편성을 위한 장소, 인력, 시간대 등을 면밀히 검토하고 또한 스크린도어가 설치된 곳에서의 제어와 승객안전문제 등 여러 요소가 검토되어야 한다.

- 가변편성시의 에너지절감 효과, 가변편성에 필요한 인력 비용, 가변편성을 위한 차량가격 증가 등 경제적인 효과를 종합하여 타당성이 있는 노선에서면 시행하여야 할 것이다.

다) 개선방향

- 승무원이 단독으로 신속히 할 수 있도록 복합연결기 채택, 방송이나 행선표시·열차종별표시 방법개선, 열차제어방식 개선 등 현재시스템의 개선이 필요하다. 또한 중련편성이 가능한 구조로 열차를 설계하여야 한다. 즉 열차제어와 승객이 운전실을 통과하여 다음 차량으로 이동이 가능하도록 운전실도 개선하고 열차를 중련편성의 개념으로 설계한다.

4-4) 유인운전과 무인운전

가) 국내외 동향

- 일본의 경우 코베 포트라이너 경량전철이 1981.2 개통당시에는 유인운전이었지만 1982.4에 무인운전으로 전환한 것이 경량전철 무인운전의 최초의 사례이다. 이후 프랑스 VAL, 뮌헨의 LIM AGT 등이 무인운전을 하고 있다. [7]

- 국내에서 건설되는 경량전철의 경우 무인운전을 기본으로 건설되고 있으나 지하철의 경우 1인 자동운전을 기본으로 한 기술을 채택하고 있다.

나) 국내 현안

- 무인운전을 구현하기 위해서는 설비의 보완뿐만 아니라 비상시 발생할 수 있는 운전업무의 자동화, 운행 시 발생하는 여러 가지 이상상황에서 승객의 안전을 확보하여 안전하고 쾌적한 수송을 실현시켜야 한다. 특히 (1)주행중인 차량을 역 사이에 정지시키지 않을 수단과 정지했을 경우라도 다음 역까지 주행을 가능한 수단을 강구한다. (2)차량주행에 직접적으로 관여하는 장치는 이중계나 2유닛으로 구성하고 1계 혹은 1유닛이 정지해도 기능은 유지할 수 있도록 구성한다. (3)가선 정전에 따른 역 사이 정차 등으로 보조전원장치가 멈췄을 경우 주요기기는 ‘운전기능’, ‘운수지령과의 연락기능’, ‘승객에 불안감을 주지 않는 기능’을 유지할 수 있도록 한다.(4)지상측보안장치의 주요부분은 다중계로 하고 시스템은 fail-safe를 채택한다. (5)차량에 이상이 발생했을 경우 신속히 대피, 유도 등의 대처를 취할 수 있도록 체제를 정비한다. [8]

- 유인운전 도시철도시스템을 무인운전화하기 위해서는 많은 시설투자가 필요하다. 예를 들면 신호보안 및 통신시스템 등의 주요설비에 대한 2중계 구성, 차량기기의 상태는 상시 감시되고 이상발생 시에는 열차무선과 연계하여 운수지령에 신속하게 정보를 제공해야 한다. 무인화에 따른 안전성 보완 측면에서 열차에 승무원이 탑승하거나 여러 편성의 열차를 교대로 순시하기도 한다. 따라서 지하철을 무인운전하기 위해서는 인건비 절감, 시설투자비 및 유지관리비 등을 면밀히 검토해서 결정해야 할 것이다.

다) 개선방향

- 경량전철의 경우와는 달리 지하철은 편성당 많은 차량으로 구성되어 있고, 지하에서 운행되고 있으므로 각 종 안전대책 보완 등에 대한 기술적인 문제뿐만 아니라 지하구간에서 무인운전을 수용하려는 사회적인 공감대 형성도 필요하다.

- 따라서 지하구간에서의 무인운전은 충분한 연구를 추진하고, 이를 검증한 후 시행하여야 한다.

4-5) 도시철도표준화

가) 국내외 동향 [9]

- 표준(standard)이란 ‘관계되는 사람들 사이에서 이익 또는 편리가 공정하게 얻어지도록 통일단순화를 도모할 목적으로 물체, 성능, 능력, 배치, 상태, 동작, 절차, 방법, 수속, 책임, 의무, 권한, 사고방식, 개념 등에 대하여 정한 결정’으로 KSA3001에서 정의하고 있으며, 도시철도표준화는 “설계, 제작, 시험에서부

터 구매, 운영, 유지보수 등 전 단계에 걸쳐 이를 효율적으로 수행하기 위한 표준을 설정하고 이에 필요한 제반활동을 수행하는 것”으로 정의할 수 있다.

- 표준화의 추진방식은 도시철도가 많이 건설되어 있고 기반기술이 높은 경우에 추진하는 방식과 기반기술이 취약하여 기술개발과 동시에 표준화를 추진하여 국가의 산업을 견인하는 역할도 하는 방식으로 구분할 수 있으며, 국내의 경우 후자의 방식으로 추진되고 있다. 국내 도시철도표준화에 대한 법체계는 세계적으로도 상당한 수준에 있다고 생각된다.

- 유럽은 신호표준화를 위한 ETCS(European Transport in Control Sys.), UGTMS(Urban Guided Transport Management System), 일본의 신교통시스템에 대한 표준화(983년), 신뢰성관련 IEC 규격화 등 선진국의 경우 표준화에 대해 많은 노력을 기울이고 있다.

- 도시철도표준화연구가 '95년부터 수행하여 중량전철차량에 대한 표준화기준(표준사양, 성능시험기준, 차량안전기준, 정밀진단기준, 품질인증요령)이 고시되었으며, 신호, 급전, 선로분야에 대해서도 사양작성을 완료하고 고시를 위한 행정적인 과정에 있으며, 통신, 역사설비, 교류 분야에 대해서도 연구를 계속 수행 할 예정이다. 경량전철의 경우에도 고무차륜 및 철제차륜형식 차량에 대한 표준사양은 '98에 고시하였고, LIM형, 모노레일형의 차량에 대해서도 고시를 위한 연구를 수행하고 있다.

나) 국내 현안

- 현재의 표준화는 차량위주로 고시되어 있으며 고시된 사양도 권고사항이다. 따라서 운영기관에서 실제로 발주하는 차량시스템의 경우 표준사양을 기본으로 하고 있으나 상호운영성 측면에서 인프라에 대한 표준화가 고려되고 있지 못하다.

- 유지보수와 관련하여 많은 개선이 이루어지고 있으나 기술발전에 따른 검수주기의 보완이 필요하다. 전자부품이 많이 적용되는 현대의 시스템은 부품에 따라서는 분해정비를 늘릴수록 신뢰도가 저하되는 경우가 있으며, 제품의 질은 개선되고 있으나 검수주기는 기존의 경우와 동일하게 하는 경우, fail-safe, fool-proof 등 안전도 향상과 기능 및 성능유지를 위한 설계 등이 적용되고 있음에도 유지보수체계는 이러한 사항을 반영하지 못하고 있는 경우 등이다.

다) 개선방향

- 표준화는 신뢰성의 향상, 비용절감, 중복투자방지, 값싸고 편리한 서비스제공 등의 많은 이점이 있다. 이러한 이점에 불구하고 제품 다양성의 저해, 기술발전의 저해 등의 우려도 있음으로 표준화전담기구를 상시 운영하여 지속적으로 표준화를 추진하는 것이 바람직하다. 표준화전담기구를 통해 표준화기준의 개선 및 신규작성, 제도의 개선 및 운영방안 연구를 지속적으로 추진하여 표준화의 효과를 극대화하여야 할 것이다.

- 현재의 표준사양은 권고사항으로 되어 있으나 상호운영성 확보 및 직통운전이 가능한 구조로 하기 위해 일부 내용은 강제사항으로 규정할 필요가 있다.

- 부품의 호환성을 향상하기 위해 표준화의 레벨을 어느 정도 할 것인가는 매우 중요한 요소이다.

- 시스템의 검수주기와 유지보수 체계에 대한 표준화와 정보화를 통하여 기술의 발전추세에 부합하고 유지보수자료의 축적을 통한 효율화, 비용절감을 도모하여야 한다.

- 수요자 지향적인 표준화를 강화하여야 한다. 즉 비상상황시 대처하기 위한 설비, 승객의 삶의 질 향상에 부합하는 설비 등에 대해서도 표준화를 강화하는 것이 바람직하다.

4-6) 도시철도의 접근성

가) 국내외 동향

- 도시철도는 정해진 궤도를 주행하므로 택시나 버스와 같은 대중교통수단보다 접근성 측면에서 불리하다. 이러한 도시철도의 접근성을 향상하기 위해 소형전철시스템(personal rapid transit, PRT)이 개발되어 일부 지역에서는 상용화를 위해 건설을 추진중이다. 또한 전용궤도를 주행하다가 일반도로를 주행할 수 있는 다양한 형태의 dual mode 시스템도 개발되어 운영되고 있으며, 철도연에서도 이러한 차량을 개발하고 있다.

나) 국내의 기술현안

- 국내에서 소형전철시스템은 시험용으로 개발한 적은 있으나 상용화된 사례는 없으며, 소형전철시스

템이 국내에 운영되기 위해서는 제도적인 보완과 함께 무인제어네트워크 등 핵심기술을 개발해야 한다.

- 정부의 대중교통법에 따라 철도연구원에서 개발하고 있는 바이모달저상굴절차량시스템이 완료된다면 국내의 수준도 세계 선도국가들 수준에 도달할 것으로 생각된다. 다만 연료전지의 경우가 상당한 변수로 작용할 것이다.

다) 개선방향

- 소형전철시스템의 경우 선진국의 기술개발에 대해 비교우위를 접하기 위해 국내에서도 핵심기술에 대한 연구개발 추진과 관련제도의 정비가 시급하다.

5. 도시철도시스템기술의 발전방향

5-1) 도시철도시스템의 향후 방향

1) 도시개발계획과 연계된 교통시스템으로서의 도시철도계획을 더욱 강화해야 한다. 즉 도시계획 또는 개발계획 수립시 부터 도시의 주변환경과 조화성, 도시의 타 교통시스템과의 연계 및 환승시스템을 고려한 역사설비, 향후의 수송수요 등을 복합적으로 고려한다. [10]

2) 비용절감 효과가 큰 도시철도표준화시스템 표준화를 강화한다. 표준화의 효과는 지속적으로 추진할 경우에 효과가 더욱 커진다.

3) 국내 도시철도건설 및 운영 경험의 공유

국내에 도시철도가 도입된지 30년이 지났으며, 경량전철건설도 지자체에서 추진되고 있다. 각 노선건설 및 운영의 경험과 교훈, 애로사항 등에 대해 데이터베이스를 구축하여 서로 공유할 필요가 있다. 또한 애로사항이나 기술현안에 대해서는 공동으로 대책을 수립할 필요가 있다. 이러한 측면에서 보면 한국철도기술연구원이 중심이 되어 매년 개최하고 있는 도시철도건설 및 운영기관 기술협의회를 더욱 적극적으로 이용하면 좋을 것이다. 또한 이를 기반으로 해외진출 등에서도 서로 협조하고 해외의 정보수집 및 동향분석에도 공동으로 활용하는 것이 바람직하다.

5-2) 도시철도시스템 기술의 진화

도시철도시스템의 발전은 사용자 입장의 서비스 질 향상과 운영자측면에서의 수익증대, 국가적인 측면에서는 환경개선 및 경제성장 기여 등의 효과로 이어진다.

따라서 도시철도시스템 기술은 다양한 요구사항들을 만족시키면서 새로운 수송수요를 창출할 수 있는 방향으로 발전시켜야 한다. 현대의 기술은 요소기술들의 융합화(fusion)와 첨단화를 통해 개발된 기술의 기대효과가 더욱 극대화되는 방향으로 나아가고 있다. 더구나 도시철도는 대형복합기술이기 때문에 요소기술들의 융합화가 매우 필요하다.

도시철도기술은 고효율, 에너지절감, 자동화·지능화, MF(maintenance free), 안전성향상, 친환경성을 지향한다. 이를 위해 건설 및 운영비 절감기술, 안전성과 쾌적성 향상기술, 환경부하 저감기술(저공해, 에너지절약, 리사이클링 등), 접근성향상(듀얼모드 등) 및 다른 교통수단과 환승체계 개선, 하이브리드시스템 등이 지속적으로 발전될 것이다. 또한 급속히 발전하는 정보화기술을 적극 적용하며, 다른 대중교통수단과 경쟁우위에 있기 위한 맞춤형교통수단으로의 진화가 되어야 한다.

6. 결론

국내에서 도시철도는 도시교통의 중요한 수단으로서 1974년8월에 운영을 시작한 이래 괄목할 만한 성장을 하였다. 더구나 대도시의 교통체증 및 혼잡으로 인해 도시철도의 중요성을 더욱 부각되고 있으나, 초기건설비가 높고 다른 교통수단에 비해 접근성이 낮은 등의 이유로 인해 새로운 시험대에 있다고 할 수 있다. 그러나 이러한 문제들은 도시철도가 갖고 있는 장점들을 더욱 강화하고 승객들의 수요를 창출할 수 있는 다양한 기술을 개발함으로써 효율성과 경쟁력이 높은 교통수단으로 계속발전 해 갈 것이다.

7 참고문헌

- 1) 尾関雅則, 鉄道システムを考える, 交通新聞社, 1997

- 2) 日本 都市鉄道等利便増進法 第2條(平成十七年五月六日法律第四十一号)
- 3) <http://www.apta.com/research/stats/rail/definitions.cfm>
- 4) IEC 62290-1 Ed.1(committee draft) : *Railway applications-Urban Guided Transport Management and Command/Control Systems-Part 1: System Principles and Fundamental Concepts*, 2003. 1.
- 5) FUKUMOTO, Yozo, “都市交通Systemの次世代 技術動向”, 도시철도국제세미나 논문집, pp. I - 3 ~ I -10, 한국철도기술연구원, 2004.
- 6) 都市交通研究會, 新しい都市交通システム, 山海堂, 1997
- 7) 소네사도루(김양모 번역), 새로운 철도시스템, 전파과학사(1992)
- 8) 藤原正彦외 4, 地下鉄の全自動運転システム -福岡市交通局七隈線への導入-, 日立評論 2005.9
- 9) 한석운 외(2002.10.30), 도시철도 표준화와 향후 추진방향(1), 2002년도 한국철도학회 추계학술대회
- 10) 高津俊司, アジアの都市鉄道-持続可能な発展のために, JREA 2003년 VOL.46 No.12
- 11) 차세대첨단도시철도기술개발사업 1차년도 보고서, 한국철도기술연구원, 2006.