

# 11장

# 노면전차

## 11.1 노면전차 시스템 일반

### 학습목표

- 핵심 용어를 이해하고 설명할 수 있다.
- 국내 · 외 노면전차 현황을 파악하고 설명할 수 있다.
- 노면전차의 특징을 이해하고 설명할 수 있다.

#### [핵심용어]

노면전차, 트램, 무가선, 유가선, 슈퍼 커파시터, 유도 급전, 하이브리드, MTB

### 11.1.1 용어의 정의

- (1) ‘냉난방 장치/공기 조화 장치(HVAC)’란 공기의 조건(냉난방 · 제습 · 가습 · 정화 등)을 대상 공간의 요구에 맞추어 동시에 처리하기 위해 사용하는 기계장치이다. 기본 장치인 공기 조화기와 열원 장치인 보일러 · 냉동기 등과 열 운반 장치인 송풍기 · 펌프 · 턱트 · 배관 · 분출구 · 흡입기 · 방열기 등과 말단 장치, 그리고 이런 장치들이 공기 조화의 조건을 충족시킬 수 있도록 하는 자동제어장치 등을 모두 합하여 부른다.
- (2) ‘노면전차/시가전차(Street Car)/트램(Tram)’이란 도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설 · 운영하는 궤도에 의한 교통 시설 및 교통수단으로서 도로상의 일부에 부설한 레일 위를 주행하는 전차를 말한다.
- (3) ‘무가선(無架線)’이란 가공 전차선 또는 제3궤조로부터 전력을 공급받지 아니하고 차량에 탑재된 에너지원을 통하여 운행하는 급전 방식을 말한다.
- (4) ‘바이 모달(Bi-modal)’이란 ‘두 가지 모드(Mode)를 가진’뜻으로 일반 도로와 전용 궤도를 모두 운행할 수 있는 차량 형태를 의미한다.

- (5) ‘슈퍼 커패시터(Super Capacitor)’란 커패시터(콘텐서)의 성능 중 전기 용량의 성능을 강화하여 전지의 목적으로 사용하도록 한 부품으로, 평범한 커패시터보다 많은 양의 에너지를 저장할 수 있으면서 동시에 배터리보다 훨씬 높은 출력을 낼 수 있다.
- (6) ‘열차 정보 전송 장치(Track Wayside Control)’란 차상 설비와 지상 설비 간의 열차 정보를 상호 교환하기 위한 장치이다.
- (7) ‘열차 종합 제어장치(Train Control and Monitoring System, TCMS)’란 열차의 총괄적인 제어와 감시를 수행하는 장치이다. 차량의 상태 및 고장을 감시하여 ADU에 현시 및 기록하고 차량의 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.
- (8) ‘유가선(有架線)’이란 가선 급전 방식처럼 가공 전차선이나 제3궤조 등을 이용하여 외부로부터 전력을 공급받아 운행하는 급전 방식을 말한다.
- (9) ‘유도 급전’이란 기존 전력선과의 접점을 이용한 전력 공급 방식과 달리 무선의 전자유도 방식을 활용하여 비(非)접촉으로 전기적 에너지를 공급하는 방식이다.
- (10) ‘열차 자동 정지 장치(Automatic Train Stop, ATS)’란 지상에서 지시하는 속도제어 정보에 일치하는 기관사의 제어가 발생하지 않을 경우 열차를 정지시키는 장치이다.
- (11) ‘열차 자동제어장치(Automatic Train Control, ATC)’란 지상에서 전송되는 열차 제어 정보를 인식하여 자동적으로 열차를 제어하는 장치이다.
- (12) ‘자동 열차 방호(Automatic Train Protection, ATP)’란 지상에서 전송된 제어 정보와 열차의 위치 · 속도 정보를 비교하여 제동 경보 또는 강제적으로 제동을 취급하는 장치이다.
- (13) ‘제3궤조’란 가공 전차 선로가 아닌 도전율(導電率)이 큰 레일을 주행 레일에 평행 또는 철도 차량의 측면에 부설하여 전동차에 전기를 공급하는 방식이다.
- (14) ‘팬터그래프(pantograph)’란 전기 동력차 지붕에 설치하여 전차선으로부터 전기를 받아들이는 장치로 습판(摺板, slider)형으로 된 집전장치(集電裝置)이다.
- (15) ‘하이브리드(Hybrid)’란 ‘두 가지 이상의 방식을 조합한’이란 뜻으로 노면전차에서는 유가선 방식과 무가선 방식으로 모두 운행할 수 있는 운전 방식을 말한다.
- (16) ‘BRT(Bus Rapid Transit)’란 간선 급행 버스 체계로 버스 전용 차로를 이용, 편리한 환승 시설, 교차로에서의 버스 우선 통행 및 그 밖의 법령에서 정하는 사항을 갖추어 급행으로 버스를 운행하는 대중교통 체계를 말한다.
- (17) ‘MTB(Magnetic Track Brake)’란 노면전차 차량 하부에 탑재된 제동 패드를 전자기력으로 매설된 레일에 흡착시켜 감속하는 방식의 제동장치이다.
- (18) ‘ORR(Office of Rail and Road)’이란 영국 철도 및 도로에 대한 안전 및 규제 기관이다.

- (19) 'Bostrab'란 경량 전철의 건설과 운영에 관한 독일 연방 규정을 말한다.
- (20) 'VVVF(Variable Voltage–Variable Frequency)'란 가변 전압 가변 주파수란 의미로 교류 유도전동기에 공급하는 교류의 전압과 주파수를 조절하여 견인전동기의 출력을 제어하는 방식을 말한다.

### 11.1.2 노면전차 역사

19세기 무렵 최초로 등장한 노면전차는 노면전차, 시가전차(Street Car) 또는 트램(Tram, Tram Car)으로 불린다. 유럽 및 각국에서는 현재까지 운행 중에 있으며, 우리나라에서는 1899년 처음 등장해 1968년까지 운행을 이어 오다 버스와 자동차의 교통량 증가로 자취를 감추게 되었다. 그러나 현재 들어서 차세대 친환경 교통수단으로서 노면전차의 필요성이 재차 각광 받고 있음에 따라, 우리나라에서도 머지않은 미래에 다시 볼 수 있을 것이다.

노면전차는 마차철도의 동력인 마력(Horsepower)을 대체할 에너지를 생각함으로써 개발되었다. 1879년 독일의 전기회사인 지멘스(Siemens)가 처음 베를린 박람회에서의 시험 주행을 시작으로 운행하게 되었다. 이후, 1881년에는 베를린 교외에서 본격적으로 운행이 시작되었으며, 1887년에는 미국에서 현재와 같은 방식의 노면전차가 개발되었다.

우리나라에서는 서울과 평양, 부산에서 노면전차가 운행된 적이 있다. 1882년 미국과 수교 후, 1898년에 한성 전기회사가 설립되었으며, 1899년에 서대문과 동대문 간에 전차를 개통하였다. 발전소는 동대문 문루 아래에 건설하였고, 서대문에서 홍릉까지 단선의 궤도가 부설되었다. 전차는 정원 40명의 일반용 차량 8대와 귀빈용 차량 1대가 운행하였다. 그러나 개통한 지 얼마 지나지 않아 어린 아이가 전차에 치여 죽는 사고가 발생하였고, 이에 격분한 군중들이 전차를 불태워 버렸으며 이 때문에 전차는 몇 달간 운행을 중지하게 되었다.



[그림 11-1] 마차철도

### 11.1.3 노면전차 도입 사례

#### (1) 해외 노면전차 운용 사례

우리나라에서 상용 운행을 하는 노면전차는 아직 없으나, 해외 여러 국가에서는 이미 많은 노면전차가 상용 운행을 하고 있다. 해외에서 운행하고 있는 여러 노면전차의 도입 사례는 다음 표와 같다.

[표 11-1] 무가선 저상 트램 해외 도입 사례

국가	제작사	모델명	차량	전원 방식	비고
프랑스	Alstom	Citadis Nice		Ni-MH 배터리	유/무가선 하이브리드
		Citadis Bordeaux		제3궤조 가선 급전	지중 매설 유가선 (APS 방식)
스페인	CAF	CAF Urbos		ACR 시스템 (울트라 커패시터)	정거장 급속 충전
카타르	Siemens	Avenio Doha		슈퍼 커패시터 및 Li-Ion 배터리	유/무가선 하이브리드
벨기에	Bombardier	Flexity De Lijn		PRIMOVE (슈퍼 커패시터)	비접촉 유도 급전 충전
일본	RTRI	Hi-Tram LH-02		72kWh급 Li-Ion 배터리	유/무가선 하이브리드
중국	Hitachi Rail Italy	Sirio Zhuhai		지면 전원 급전	집전 슈 접촉 방식

- \* 자료 : ① "Tramway Nice T2 essais" by Jesmar CC BY 라이센스
- ② "Citadis 402 at Victoire tram stop Bordeaux" by Peter Gugerell CC BY 라이센스
- ③ "Seville Metro Train" by Daniel Silva CC BY 라이센스
- ④ "InnoTran2016 – Simens Avenio Qatar" by ubahnverleih CC BY 라이센스
- ⑤ "De Lijn Albatros 5-delig Lijn 10" by Willem\_90 CC BY 라이센스
- ⑥ "RTRI-LH02" by Rsa CC BY 라이센스
- ⑦ "Zhuhai Tram Line 1" by LN9267 CC BY 라이센스

이와 같이 유럽 국가나 가까운 일본에서도 여러 종류의 노면전차가 이미 상용 운행 중에 있다. 노면전차는 일반 중량 전철에 비해 수송 용량은 적은 편이나, 도시 미관을 해치지 않으며 이용자 계층의 폭이 넓고 접근성이 매우 우수하다.

### (2) 국내 노면전차 사례

우리나라에서는 여러 해외 국가들처럼 대중적으로 운용 중인 노면전차는 아직 많지 않지만 일부 운용 중에 있으며, 앞으로 여러 종류의 노면전차가 우리의 실생활 속에서 만나 볼 수 있을 것으로 기대된다. 다음은 우리나라 순수 기술로 제작된 노면전차이다.

[표 11-2] 대한민국 제작 노면전차

구분	제작사	모델명	차량	전원 방식	비고
바이 모달 방식	(주)우진산전	바이 모달 트램		디젤 하이브리드	디젤 고무 차륜
하이브리드 방식	현대로템(주)	하이브리드 저상 트램		리튬-이온 배터리	유,무가선 하이브리드
		터키 이즈미르 트램		리튬-이온 배터리	유,무가선 하이브리드 (터키 수출)

※ 자료 : ① "KRRi Bimodal Tram(Phileas) front iso" by Minseong Kim CC BY 라이센스

② "무가선 저상 트램"한국철도기술연구원 제공

③ "Tram at Bostanli Iskele" by Blian Paul Dorsam CC BY 라이센스

바이 모달 트램의 경우, 여타 노면전차와 달리 일반 도로 주행이 가능한, 소위 전기 버스 형태를 하고 있으며, 차량 후부에 디젤엔진 발전기를 탑재해 운행 전원을 생산하는 방식이다. 일반 도로 지하에 자기유도 코일을 매설하여 차량 운행을 유도할 수 있다는 특징이 있다.

### 11.1.4 노면전차 특징과 기대 효과

#### (1) 노면전차의 특징

노면전차는 경량 전철 종류에 속하며, 중량 전철보다 수송량은 적으나 시가지의 접근성이 매우 우

수한 특징이 있다. 또한 버스보다 수송량이 많으며 동력원으로 화석 연료를 사용하지 않아 친환경적이다. 최소 곡선 반경이 25m 수준으로 매우 작아 급(急)곡선 주행 또한 가능하다.

## (2) 노면전차의 장점과 단점

### 1) 노면전차의 장점

- ① 중량 전철에 비해 건설 비용이 매우 저렴하고 공사 기간이 길지 않음
- ② 급곡선의 노선 설계 가능
- ③ 승강장이 노면에 있어 계단이 최소화되므로 이용이 매우 편리
- ④ 교통 약자의 접근성이 매우 우수

### 2) 노면전차의 단점

- ① 건설 공사 착공 시 해당 기간 동안 도로 교통이 매우 혼잡
- ② 도로를 공유하므로 기존 자가용 이용자의 불편 초래
- ③ 교통사고 발생 시 전 구간 노면전차의 운행이 중단
- ④ 지상 운행을 목적으로 하므로 기후의 영향을 많이 받음

이 밖에도 노면전차는 많은 장점을 가지고 있다. 현재 미세 먼지, 지구 온난화 심화, 급격한 기후의 변화 등 환경적인 문제점들이 지속해서 대두되고 있는 만큼 노면전차는 차세대 친환경 신(新)교통수단으로서 손색이 없을 것이다.

## (3) 노면전차의 향후 기대 효과

향후 노면전차의 도입으로 기대되는 효과는 매우 클 것으로 예상된다.

### 1) 지역 경제 활성화

중량 전철의 접근이 어려운 지역의 경우 노면전차의 도입으로 편향된 유동 인구를 분산함으로써 지역 경제 활성화에 도움이 될 것이다. 접근성 및 이용 편의성을 증대하여 지역 경제 활동에 이바지할 수 있다.

### 2) 친환경적인 차세대 교통수단

지구 온난화의 심화, 이상 기후, 미세 먼지 등 전 세계적으로 각종 환경 문제가 더 이상 먼 미래의 문제가 아닌 현재에 들이닥친 심각한 문제가 됨에 따라 전 세계가 여러 대책을 마련하고 있는 추세이다. 이에 노면전차를 도입함으로써 화석 연료의 사용을 줄이고 친환경적인 에너지원을 사용해 심각한 환경 문제 해결방안의 한 가지 대책으로 작용할 수 있다.

### 3) 심각한 교통난을 해소하기 위한 수단

20세기 말부터 소위 'My Car 시대'라 일컬어질 정도로 현대 사회에는 자동차가 매우 많은 시대이다. 이에 따라 우리나라를 포함한 여러 국가의 도로는 심각한 교통난에 시달리고 있다. 이러한 문제들은 노면전차를 도입함으로써 쉽게 해결할 수 있다. 노면전차는 자동차와 같이 접근성과 이용 편의성이 매우 뛰어나며 심각한 도로 교통난을 해소할 수 있다.

이처럼 현대 사회에서 대두되고 있는 문제점들을 노면전차의 도입으로 해결함으로써 우리 사회가 얻을 수 있는 이익은 무궁무진하다.

#### ▣ 핵심정리

&gt;&gt;&gt;

1. 해외에서 노면전차는 도시 미관을 훼손시키지 않으며 이용자 편의를 고려한 대중교통으로 이용자 계층의 폭넓은 접근이 매우 우수하다.
2. 타 교통수단, 타 철도 시스템에 비하여 다양한 장점으로 향후 기대 효과가 클 것으로 예상된다.

## 11.2 노면전차 관련 법령

### 학습목표

- 노면전차 관련 법령을 이해하고 설명할 수 있다.
- 도로교통법에 포함된 노면전차 관련 법령을 파악하고 설명할 수 있다.

#### [핵심용어]

노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법), 노면전차 시설 설계 지침

### 11.2.1 관련 법령 개요

노면전차 관련 법령은 크게 노면전차 운영에서 핵심적인 법적 근거를 포함하는 노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법)과 기타 노면전차 운영 및 시설 관리에 대한 사항을 간접적으로 규정하는 철도사업법, 노면전차 운영에 대한 지원 및 가능한 연계 조치를 규정하는 법령들로 구성된다.

도시철도법에서는 노면전차를 도시철도의 일종으로 정의(제2조제2항)하고 건설·운전에 관한 주요 원칙 규정하고 있으며, 도로교통법 제2조제17의2항은 노면전차를 도시철도법 위 조항에 따라 도로에서 궤도를 이용하여 운행되는 차로 규정, 1982년 노면전차 통행에 관한 조항 삭제로 없어진 도로상 궤도 부설 및 노면전차의 통행에 대한 법적 근거를 확보하고 노면전차 통행상의 주요 원칙을 규정하고 있다. 철도안전법은 노면전차를 포함한 도시철도의 안전 관련 최상위 근거 법령으로 노면전차 운영에 필요한 차량 및 용품의 형식 승인과 철도 안전 관리 체계 승인에 관하여 규정함과 동시에 노면전차 운전면허 및 현실적으로 노면전차와 맞지 않는 철도 보호 지구 적용에 대한 특례 적용 등을 규정하고 있다.

노면전차 3법 등에서 포괄적으로 명시한 내용의 세부 사항은 기술 기준·규칙·시행 지침에서 규정하고 있으며, 해당 법 및 하위 시행령·시행규칙과 함께 다음 기준·지침에서 운영 관련 세부 사항을 규정하고 있다.

노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙에서는 도시철도법에서 규정한 전용 차로 및 도로의 건설 중 각종 시설물 설치 시의 기준, 노면전차 운전 시 종사자가 준수해야 할 통행 관련 주요 원칙을 규정하며, 해당 규칙에서 별도로 규정하지 않는 사항의 경우 도시철도건설/운전규칙에서 규정한 사항을 준용하고 있다.

철도차량 기술 기준에서는 노면전차 관련 내용을 별도의 파트로 규정하고 있으며, 해당 기준에서 별도로 규정하지 않는 사항은 철도 용품 기술 기준 준용하고 있다.

철도 안전 관리 체계 기술 기준과 승인·검사 시행 지침, 철도 종합 시험 운행 시행 지침은 노면전차를 포함한 모든 철도 운영 사업자에 공통으로 적용되는 안전 관리 체계 승인과 시험 운행에 대하여 포괄적으로 규정하고 있으며 유형(고속/일반/도시철도)에 따라 선별적으로 해당하는 사항은 별표 등으로 추가 명시

다음 기타 규정·지침은 노면전차에 관한 별도의 규정 사항을 미포함하고 있다.

- 철도 시설의 기술 기준(도시철도 중 중(重)전철에 대해서만 별도로 규정하고 노면전차를 포함한 경전철 규정 사항 미포함)
- 철도 보호 지구에서의 행위 제한에 관한 업무 지침(개정 철도안전법 보호 지구 규정과 연동되어 있으나 노면전차 특례 관련 세부 규정 사항 미포함)
- 철도 교통관계 운영 규정(규정에 명확한 적용 범위를 명시하지 않은 관계로 우선 국유철도에 한정하여 적용하고 도시철도 운영 사업자는 자체 운영 규정 적용)
- 도시철도 정거장 및 환승·편의 시설 설계 지침(노면전차를 제외한 도시철도에 적용)

건설·운전 측면(간소한 정류장/전용 차로·도로 주행/입체화된 도로 또는 우선·전용 신호 기반 통행 처리 등)에서 BRT와 유사한 특성상 기존 BRT 관련 법·제도(간선급행버스체계의 건설 및 운영에 관한 특별법 및 간선급행버스체계의 기술 기준)의 구조 및 내용을 참고하여 관련 제도(노면전차 시설 설계 지침 등)의 추가 정비를 진행하는 중에 있다.

[표 11-3] 노면전차 관련 법령 및 기준·지침 현황

분야	구분	법령	기준/지침
건설 및 운영	노면전차 3법	도시철도법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차의 건설 및 운전 등에 관한 규칙</li> <li>• 도시철도건설·운전 규칙</li> </ul>
		철도안전법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철도 차량·용품 기술 기준</li> <li>• 철도 안전 관리 체계 기술 기준/승인 및 검사 시행 지침</li> </ul>
		도로교통법	
지원/연계 및 기타		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대중교통의 육성 및 이용촉진에 관한 법률</li> <li>• 도시교통정비 촉진법</li> <li>• 도시재생 활성화 및 지원에 관한 특별법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통약자의 이동편의 증진법</li> <li>• 지속가능 교통물류 발전법</li> <li>• 여객자동차 운수사업법/자동차손해배상 보장법 등</li> </ul>

※ 자료 : 국회입법조사처, 도로교통공단(2016)

[표 11-4] 노면전차 3법 및 관련 법령과 기준·지침 등 제·개정 경과 및 향후 정비 계획

법령/개정 시기		규정 내용	기술 기준·시행 지침 등
도시철도법	도시철도법 (2016. 12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 전용로 설치</li> <li>• 노면전차 건설·운전 등 사항 위임 근거</li> </ul>	-
	노면전차 건설 및 운전에 관한 규칙 (2018. 01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 건설·운영 관련 일반 기준 등</li> <li>• 총 3장(총칙/노면전차의 건설/운전) 47조로 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 시설 설계 지침 개발·고시 예정</li> </ul>
철도안전법	철도안전법 (2017. 01) (2018. 02)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차의 철도 보호 지구 적용 범위 조정 특례 조항 제정</li> <li>• 노면전차 운전자 철도 운전면허 외 도로 교통 법상 운전면허 추가 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 관련 내용 반영 예정</li> </ul>
	시행령 (2017. 01) (2018. 02 입법 예고)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 철도차량 운전면허 종류에 노면전차 운전면허 추가</li> <li>• 법률이 위임한 노면전차 철도 보호 지구 적용 범위 조정사항 규정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 철도 종합 시험 운행 시행 지침</li> <li>– 철도 안전 관리 체계 기술 기준</li> <li>– 철도 안전 관리 체계 승인 및 검사 시행 지침</li> <li>– 철도 사고 등의 보고에 관한 지침</li> <li>– 철도차량 운전면허 시험 시행 지침</li> </ul>
	시행규칙 (2017. 01)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전면허 교육·훈련 과목 및 시간/시험 과목·합격 기준 등 규정</li> </ul>	
도로교통법	도로교통법 (2018. 03)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 전용로 정의</li> <li>• 노면전차 통행 방법 규정</li> <li>• 노면전차/자동차 운전자 위반 시 처벌</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 관련 내용 반영 예정</li> </ul>
	시행령(예정)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전용 차로 규정에 노면전차 전용 차로 추가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 노면전차 운전면허 관련 법령 및 시행 규칙</li> </ul>
	시행규칙(예정)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 신호기/교통안전 표지/노면 표시 신설</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– 교통사고 조사 규칙 등 노면전차 교통 사고 관련 지침</li> <li>– 교통신호기/교통안전 표지/노면 표시 설치·관리 매뉴얼 등</li> </ul>

\* 자료 : 도로교통공단(2018)

## 11.2.2 도시철도법

### (1) 법령

노면전차 노선 건설 시 전용 차로·도로의 원칙적 설치와 관련 국토교통부령(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙)을 통한 건설 및 운영 관련 세부 사항 규정 명시  
노면전차 전용로 건설과 관련 기준·지침의 법적 근거(도시철도건설·운전 규칙과의 상충 방지)

[표 11-5] 도시철도법 노면전차 관련 조항

조항	내용
정의(제2조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>도시철도 정의 범위에 노면전차 포함           <ul style="list-style-type: none"> <li>도시교통의 원활한 소통을 위하여 도시교통 권역에서 건설·운영하는 철도/모노레일/노면 전차/선형 유도전동기/자기부상열차 등 궤도에 의한 교통 시설 및 교통수단</li> </ul> </li> </ul>
노면전차의 건설 운전 및 전용로의 설치 등 (제18조의2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>도로상에 노면전차 노선 건설 시 전용 차로·도로를 설치하도록 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>전용 차로 : 차도 일정 부분을 노면전차만 통행하도록 안전표지 등으로 구분</li> <li>전용 도로 : 노면전차만 통행할 수 있도록 분리대·연석 등으로 구분</li> </ul> </li> <li>예외적으로 혼용 차로 설치가 가능한 경우 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>전용 차로·도로 설치로 도로 교통이 현저히 혼잡해질 수 있거나 기타 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙으로 정하는 사유</li> </ul> </li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

## (2) 규칙 : 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙

### 1) 총칙(제1장)

- 규칙의 목적/규정 범위/다른 법령과의 관계 규정 및 노면전차 건설 등에 관한 일반 기준 설정
- 규정 내용과 분류 측면에서 도시철도건설규칙 및 도시철도운전규칙을 토대로 하되 노면전차의 특수성을 고려하여 별도의 규칙으로 규정해야 할 내용만 선별적으로 융합하여 제정

[표 11-6] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제1장(총칙)

조항	내용
목적/다른 법령과의 관계(제1·2조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차의 건설과 운전 등에 관한 사항 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>해당 규칙에서 규정하지 않은 사항은 도시철도건설규칙·운전규칙 적용</li> </ul> </li> </ul>
노면전차의 건설 등에 관한 일반 기준 (제3조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부로부터 받는 전기적 영향을 최소화하고 발생 가능한 최대한의 기계적/전기적/열적 부하를 견딜 수 있도록 시설 건설</li> <li>교통 약자가 용이한 접근·이용 보장/필요한 경우 별도 시설물 설치·운영</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

### 2) 건설(제2장)

- 선로(제1절) 부분에서 노면전차 전용 차로·도로와 혼용 차로 각각의 설치 기준 및 요건/선로 및 도로의 교차/공공 시설물의 설치 시 안전 운행을 위한 요건/궤도의 설치 기준과 기타 관련

시설(분기기/선로 전환기/대피·배수 시설/검지 장치 등)에 관한 사항을 구체적으로 명시

[표 11-7] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제1절(선로)

조항	내용
노면전차 혼용 차로 (제4조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차/자동차 혼용 차로 설치 가능 여건 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>전용로 설치로 인해 해당 도로의 설계 서비스 수준(도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙)이 국토교통부 장관 지정 등급 이하가 될 경우</li> <li>자동차 등 주행로와 전용로의 구분이 어려울 정도로 좁은 경우</li> </ul> </li> </ul>
노면전차 전용로(제5조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전용 차로·도로의 구성 요소 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>경계부 분리대·연석 또는 유사 시설물 및 노면 높이를 차이</li> <li>인접 차로와 운행 방향이 다른 경우 경계부에 충돌 방지 시설 설치</li> </ul> </li> </ul>
교차로(제6조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>평면 교차로 설치가 가능/물리적인 차단 시설 설치 최소화</li> </ul>
선로의 설치 기준 (제7조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>원칙적으로 복선으로 설치하나 다음 경우에는 단선 가능           <ul style="list-style-type: none"> <li>노선별 도시철도 기본 계획에 의한 구간</li> <li>민간투자 시설 사업 기본 계획에서 정하는 구간</li> </ul> </li> <li>단일 노선 내 도로상 궤도와 독립형 선로 혼재 가능</li> <li>혼용 차로 구간은 전체 선로의 5분의 1 이하로 제한</li> </ul>
공공 시설물 (제8조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>맨홀의 건축 한계 밖 설치 원칙 및 불가피한 경우의 요건</li> <li>선로 내 관로·케이블 설치 시 수월한 유지·보수 및 운행 영향 최소화</li> </ul>
궤도 및 관련 시설 (제9~16조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>광역 자치 단체장은 시설 특성 및 조건을 고려한 궤도/보도/경계선 및 기타 시설과의 거리 설정 가능</li> <li>도로 통행을 방해하지 않기 위한 전용로 설치 기준 규정</li> <li>도로 이용 시 위험 또는 자동차 손상이 염려되는 위치 분기기 설치 금지</li> <li>선로 전환기의 안전한 작동을 위한 요건 규정</li> <li>기타 대피 시설/배수 기능/운행 특성 등을 고려한 검지 장치의 설치</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

- 신호(제2절) 및 전기 설비(제3절) 부분에서는 신호기 및 신호 표지의 설치 기준과 주요 기능/보행자 횡단 시설 및 관련 신호/전력 공급의 방식과 관련 시설 및 안전기준 등 규정(구체적인 신호기/속도제한·서행 및 특별 신호 표지는 별표로 규정)

[표 11-8] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제2·3절(신호·전기 설비)

조항	내용
신호 설비 (제17~22조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자의 명확한 신호기 및 신호 표지 구분·인식을 위한 조건 확보 및 중계신호기 의무 설치 조건 규정</li> <li>일반 신호기/속도제한 및 서행 신호 표지/특별 신호 표지 설치 요건</li> <li>교차로에서의 신호·제어 운용 방안/보행자 횡단 시설 설치 의무 및 요소</li> </ul>
전기 설비 (제23~25조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>전력 공급 방식 및 방식별 표준 또는 필요한 경우 안전장치 마련 의무</li> <li>전력 공급 시설 정상 전압 유지를 위한 용량/전압으로부터의 사漏과 설비 보호/누설전류로 인한 위험·급전 시설 지지 구조물 통행 방해·훼손 가능성 최소화/허가를 갖춘 사람 외 접근 차단 등 전기 안전 관련 사항 규정</li> <li>가공 전차선 설치 기준(높이 및 지지 구조물 등) 규정</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

- 관제실 및 통신 설비(제4절) 부분에서는 노면전차 운영 사업자가 갖추어야 할 관제 시설 및 통신 설비와 해당 시설·설비의 운영 요건 및 절차 규정

[표 11-9] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제4절(관제실 및 통신 설비)

조항	내용
관제 방법 등(제26조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운영 사업자는 관제실을 설치·운영하고 자동 또는 원격으로 제어되는 차량과 시설을 실시간으로 감시           <ul style="list-style-type: none"> <li>관제실 : 노면전차의 운전·운행/관련 시설과 도로교통법에 따른 신호기 및 안전표지 감시/사고·장애 시 조치 및 복구를 총괄하는 곳</li> </ul> </li> <li>운영 사업자는 관제 업무 종사자의 선발 기준 및 교육·훈련/종사자의 업무와 권한/시스템 고장·사고 등 운행 장애 시의 조치·절차/기타 관제 시스템의 운영·관리 관련 사항을 포함한 관제실 운영 방법 및 절차를 마련·준수</li> </ul>
관제실의 통합 (제27조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>운행 제어실과 전력 공급 제어실을 단일 공간에 설치하여 통합 운영하여야 하며, 부득이하게 분리 운영할 경우 양 제어실 간의 전용 통신 설비 설치</li> </ul>
관제실의 통신 및 비상 전원 설비(제28·29조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>운영자 간이나 관제실과 경찰서·소방서·의료 기관 등 외부 관련 기관 간 양방향 무선통신 설비 및 정전 시 정상 운영을 위한 비상 전원 설치           <ul style="list-style-type: none"> <li>관제실과 도로 교통 신호기 등 설치·관리 기관 간 전용 통신 설비 구축</li> </ul> </li> </ul>
폐쇄회로 텔레비전 등 (제30조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 교차로와 정거장에 폐쇄회로 텔레비전을 설치하여 관제실에서의 실시간 영상 시청이 가능하도록 하고, 차량 운행 상태/선로 전환기 작동 방향/전력 공급 현황의 실시간 확인 가능한 장치 설치</li> </ul>
비상 통신 장치 (제31조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>플랫폼에 관제실과 통화 가능한 비상 통신 장치 설치 시 바닥에서 1.5 m 높이로 2개 이상 장소에 분산하여 설치</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

- 조명 시설(제5절)/정거장(제6절) 부분에서는 각각 조명 시설과 정거장의 설치 요건 및 구성 요소/각종 관련 시설의 설치 여부 및 설치 시 정량적인 기준을 명시

[표 11-10] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제2장 제5·6절(조명 시설·정거장)

조항	내용
조명 시설 (제32·33조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자의 신호 인식에 방해가 되지 않도록 설치하고, 도로 연계형 선로에서는 도로 관리청과의 협의를 거쳐 설치</li> <li>• 정거장과 진·출입로에는 플랫폼 가장자리 인식을 위한 조명 시설 설치             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예외적으로 도로 연계형 선로에 있는 정거장과 진·출입로의 경우 도로상의 기존 조명 이용 가능 시 별도 조명 미설치 가능</li> </ul> </li> </ul>
도로 내 노면전차 정거장 (제34조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해당 도로 관리청과의 협의를 거쳐 정거장의 위치 결정</li> <li>• 교차로와의 안전거리/모든 사람의 편리한 접근/이용객과 운전자의 수월한 상호 식별/접근성 및 환승 편의, 주변 교통을 함께 고려</li> <li>• 맞이방/화장실 등의 시설 미설치 가능</li> </ul>
플랫폼 길이와 너비·높이 (제35·36조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플랫폼 길이는 노면전차의 최장 편성을 수용할 수 있는 길이 이상, 너비는 일상적인 이용객의 규모와 안전을 고려하여 설정하고, 플랫폼 높이는 교통 약자의 원활한 이용을 위하여 출입문 바닥과 15mm 이내로 설정</li> </ul>
플랫폼의 안전기준 (제37조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전과 편의를 해칠 수 있는 구조물을 설치할 수 없으나, 전력 공급 시설물을 지지하는 구조물 등으로 지상에서 2m 초과 시에는 제외</li> <li>• 플랫폼 선로 측 가장자리에는 플랫폼의 다른 부분과 구별되는 색깔과 표면의 마감재를 사용하여 경계를 명확히 하고 자동차 등이 운행하는 차로와의 경계부에는 추락 방지 등을 위한 별도의 안전시설 설치</li> <li>• 교통 약자가 이용 가능한 노면전차 출입문 또는 플랫폼 승하차 위치가 별도로 있는 경우 차량 출입문과 플랫폼에 이를 알리는 표시 설치</li> </ul>

\* 자료 : 국가법령정보센터(2020)

### 3) 운전 등(제3장)

- 운전(제1절) 부분에서는 노면전차 운전 시 운전사 및 기타 운영 종사자가 준수해야 할 통행 관련 주요 원칙을 규정

[표 11-11] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제1절(운전) 중 제38 · 39조

조항	내용
운전 원칙 (제38조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자의 안전한 차량 운행을 위한 원칙 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일정한 운행 간격을 유지하면서 차량을 운전하고 선행 차량의 비정상 정지 시 안전 정지를 위한 거리 확보</li> <li>- 신호기 고장 또는 인식 곤란 시 정지신호로 간주하여 정지</li> <li>- 연계형 선로에서는 시계 운전/독립형 선로에서는 시스템 운전을 원칙으로 하되 단일 노선 내 두 유형의 선로 혼재 시 시계 운전 가능</li> </ul> </li> </ul>
운전 방향 (제39조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 복선 선로 운행 시 우측통행을 원칙으로 하되, 선로 또는 차량의 고장이나 사고 복구 또는 공사 목적의 차량 운전 시 보행자와 차량의 안전을 확보한 상태에서 방향 전환 가능</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-12] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제1절(운전)

조항	내용
속도제한 (제40조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도로 연계형 선로 운행 시 해당 도로의 최고 속도 및 시속 70km 초과 주행 금지 및 다음 중 하나에 해당하는 경우는 시속 15km 이하로 운행           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선로 전환기가 쇄정되지 않은 곳을 운행할 경우</li> <li>- 최초 진행 방향과 반대로 주행할 경우</li> <li>- 같은 차로 내 선행 차량 및 자동차와의 거리가 100m 이하일 경우</li> </ul> </li> <li>• 노면전차 운영 사업자는 곡선 구간 차량 성능 및 승객 승차감/내리막 구간 제동 거리 및 제동 성능을 고려하여 속도제한 기준 설정</li> </ul>
승객 안전 및 안내 (제41조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자는 승객의 안전과 정보 안내를 위하여 다음 사항을 반드시 준수하도록 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 승객의 승하차 완료 및 폐문 확인 후 출발</li> <li>- 정상 운행 과정에서 정차 시 플랫폼 방향으로만 출입문 개폐</li> <li>- 도착 역명, 개문 방향 및 환승 정보를 승객에게 제공</li> <li>- 운행 장애로 승객의 불편이 예상되는 경우 정거장과 차내 승객에게 장애 상황과 대체 교통 수단에 대한 정보 제공</li> </ul> </li> </ul>
긴급자동차의 우선 통행 등(제42조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자는 긴급자동차가 전용 차로 · 도로를 통행하는 경우 제동 거리 이상의 간격을 유지하고 교차로에서 우선 통행할 수 있도록 양보</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

- 안전 관리 등(제2절) 부분에서는 노면전차 운영 사업자가 차량과 관련 장치 및 설비의 안전 · 보안 상태를 관리하고 운영 종사자들이 필요한 유지 · 보수 작업 수행 시 준수해야 할 사항을 규정

[표 11-13] 노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 중 제3장 제2절(안전 관리 등)

조항	내용
장치나 설비의 안전 관리(제43조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운영 사업자는 장치나 설비의 안전 관리를 위하여 다음 업무 수행           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 허가받지 않은 사람의 장치 · 설비 접근이나 임의 조작을 막기 위한 안전시설의 설치 및 보안 조치</li> <li>- 가스 누출/상수도관 파열 및 교통사고 등 예상 가능한 비상 상황에 대한 안전 관리 계획 수립 · 시행</li> </ul> </li> </ul>
노면전차 유치 (제44조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운영 사업자는 운행 종료 후 선로에 유치된 차량의 이동을 방지하고 외부인의 침입이나 파손의 예방을 위해 필요한 조치 마련</li> </ul>
고장 노면전차 (제45조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>안전 운행에 지장이 있는 노면전차 차량은 운행할 수 없으며, 운행 중 고장이 발생한 경우 적절한 안전조치를 한 후 가까운 정거장까지 운행           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 진행 방향 맨 앞 선두 운전실에서 운전이 어려울 때 운영 종사자가 선두 운전실에 진입하여 무선통신 등의 방법으로 진행 방향의 안전을 확보한 후 운전실 외 장소에서의 추진 운전 가능</li> </ul> </li> </ul>
노면전차 선로 주변 작업(제46조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운영 사업자는 선로 주변 작업 관리 계획을 마련하여 시행           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업 관리 대상/작업 시행 내용 및 일정/작업 시 안전 확보 방안 등</li> </ul> </li> </ul>
노면전차 시설과 노면전차의 유지 · 보수 등(제47조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운영 사업자는 시설물 안전 관리에 관한 특별법과 도시철도 운전 규칙에 의거, 노면 전차 차량과 시설에 대한 최소한의 점검 및 검사 주기를 따르되, 차량 및 시설의 건설 방식과 사용 수준에 따라 정비 · 점검 방식과 범위 결정</li> <li>노면전차 운영 사업자는 노면전차의 편성과 운행에 관한 내용 기록 · 관리</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

### 1.2.3 철도안전법

#### (1) 법령

##### 1) 철도 안전 관리 체계 승인(제7~9조)

철도 운영 사업자의 안전 관리 체계 수립과 승인 및 유지 · 관리, 취소 등을 규정하고 필요한 철도 안전 관리 체계 기술 기준을 별도로 지정 · 고시하고 있다.

##### 2) 철도차량 운전면허(제10조)

노면전차 운전면허는 철도차량 운전면허의 일종이나, 기존 철도와는 다르게 도로 일부를 주행으로 활용하는 노면전차의 특성을 고려하고 있다.

- 노면전차를 운전하려는 사람은 국토교통부 장관이 부여하는 철도차량 운전면허 외에 도로교통법 제80조에 따른 1종 대형 운전면허(버스)를 받도록 규정

- 철도차량 운전면허는 시행령에 따라 철도차량의 종류별로 받도록 규정
- 3) 철도차량 형식 승인 · 완성 검사 및 사후 관리 · 감독(제26 ~ 31조)에 필요한 각종 필수 요구 사항 및 구조 · 규격에 대하여 철도차량 기술 기준 중 별개의 부분을 노면전차 기술 기준으로 설정하여 규정
- 도시철도차량 → 경전철 → 고무 차륜/철제 차륜/노면전차/모노레일/자기부상열차로 분류
  - 도시철도법에 따른 도시교통 권역 내 운영하는 노면전차 차량 전반에 적용
  - 기술 기준에서는 차량의 안전/성능/인터페이스/운영 및 유지 관리/신뢰성 및 가용성/환경 보호/기술적 호환성 등 국토교통부 장관이 검증해야 하는 최소한의 요구 사항 규정
  - 철도 용품 형식 승인과 중복 또는 상충하는 경우에는 철도 용품 기술 기준 우선 적용
- 4) 철도 보호 지구에서의 행위 제한 등(제45조)
- ① 기존 철도안전법에서는 철도 경계선에서 30m 이내 지역을 철도 보호 지구로 정하고 선로 안전에 영향을 미치는 행위를 원칙적으로 제한하고 신고하도록 하고 있으나, 노면전차는 특성상 적용 범위를 달리하여 원활한 지원과 운행 안전을 확보하는 방향으로 개정되었다.
    - 도시철도법 제2조 제2호에 따른 도시철도 중 노면전차의 경우 바깥쪽 궤도 끝에서 10m 이내의 지역을 철도 보호 지구로 지정
    - 토지의 형질 변경 및 굴착/토석 · 자갈 및 모래의 채취/건축물의 신축 및 증 · 개축 또는 인공 구조물의 설치/나무의 식재(시행령으로 정하는 경우 한정)/기타 철도 시설 파손 또는 차량 안전 방해 소지가 있는 것으로 시행령에서 정하는 행위
  - ② 노면전차 철도 보호 지구 바깥쪽 경계선에서 20m 내 지역에서 굴착, 인공 구조물의 설치 등 철도 시설의 파손 또는 철도차량의 안전 운행을 방해할 우려가 있는 행위로 시행령에서 규정하는 행위를 하려는 자는 시행령으로 정하는 바에 따라서 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사에게 신고해야 한다.
  - ③ 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요하다고 인정할 때 행위 금지 · 제한 명령이나 시행령으로 정하는 필요한 조치 명령이 가능하다.
  - ④ 국토교통부 장관 또는 시 · 도지사는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요하다고 인정할 때 토지 · 나무 · 시설 · 건축물 및 기타 공작물 소유 · 점유자에게 해당 조치 명령이 가능하다.
    - 시설 등이 시야에 장애를 줄 때 장애물 제거

- 시설 등이 붕괴하여 철도에 위해를 끼치거나 끼칠 우려가 있을 때 이를 제거하고 필요할 때 방지 시설 설치
  - 철도에 토사 등이 쌓이거나 쌓일 우려가 있으면 이를 제거하거나 방지 시설 설치
- ⑤ 철도 운영 사업자는 철도차량의 안전 운행 및 철도 보호를 위하여 필요한 경우 국토교통부 장관 또는 시·도지사에게 행위의 금지·제한 또는 조치 명령을 할 것을 요청할 수 있다.

## (2) 시행령

### 1) 운전면허 종류(제11조)

기존 철도차량 운전면허 종류에 노면전차 운전면허를 추가하여, 노면전차 차량을 운전하려는 사람은 국토교통부 장관으로부터 해당 면허를 받도록 규정

- 다른 철도차량에 비하여 속도가 느리고 직무 난이도는 낮지만, 도로 위를 운행하는 노면전차의 특성에 적합한 운전면허를 별도로 도입

### 2) 철도 보호 지구 관련 사항(제46~48조의2)

철도 보호 지구 및 노면전차 특례 관련 법 규정 사항 중 대통령령 위임 사항을 구체적으로 규정하고, 보호 지구 내 행위에 대한 신고와 안전조치 등에 관한 세부 사항을 철도 보호 지구에서의 행위 제한에 관한 업무 지침에 위임

## (3) 시행규칙

### 1) 운전면허의 종류에 따라 운전할 수 있는 철도차량의 종류(제11조)

노면전차 차량에 신설된 노면전차 운전면허에 대응(별표1의 2)한다.

### 2) 운전 교육·훈련의 기간 및 방법 등(제20조)

노면전차 운전면허 응시자는 현장 실습, 운전 실무 및 모의 운행 훈련 등 교육·훈련 과목에 대하여 240시간 교육·훈련을 받도록 하는 등 구체적인 교육·훈련 과목과 시간을 규정(별표7)하고 있다.

### 3) 운전면허 시험의 과목 및 합격 기준(제24조)

철도 관련 법령과 노면전차 시스템 일반에 관한 필기시험에서 평균 60점 이상을 받도록 하는 등 운전면허 시험 과목 및 합격 기준 등에 관한 사항을 규정(별표10)하고 있다.

## 11.2.4 도로교통법

### (1) 법령

- 1) 노면전차의 도로 통행을 위해 노면전차 및 노면전차 전용로를 정의하고, 통행 방법 및 운전자 준수 사항과 의무 위반 시 벌칙의 근거 신설
- 2) 도로상의 노면전차 운행을 위한 법적 근거 확보 : 도로를 통행 수단으로 하는 차마(車馬)에 노면전차를 포함
- 3) 노면전차 신호 표지 및 통행 방법 규정
  - ① 관련 기관 신호 · 지시/통행금지 · 제한/교통 약자 보호/교통 혼잡 완화 등의 조치
  - ② 노면전차 운행 시 주요 책무(도로 횡단 및 교차로 · 건널목 통행/통행 시 우선순위 및 속도 제한 · 서행 또는 일시 정지/음주 · 약물 · 과로 운전 금지/사고 시 대처 요령 등

[표 11-14] 도로교통법 노면전차 관련 제 · 개정 조항 및 내용 중 제1장(총칙)

조항	내용
정의(제2조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 법에서 정의한 도로상의 차마에 대하여 노면전차에 대한 정의 추가           <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시철도법에 따른 노면전차로 도로에서 궤도를 이용하여 운행되는 차</li> <li>- 전용로 : 도로에 궤도를 설치하고 안전표지/구조물 경계 표시로 설치한 도시철도법 제18조의2 제1항 각 호에 따른 도로 또는 차로</li> </ul> </li> </ul>
신호 또는 지시에 따를 의무(제5조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차의 운전자는 교통안전 시설이나 국가/자치 경찰 또는 보조원이 표시하는 신호 · 지시를 따르도록 규정</li> <li>• 도로를 통행하는 노면전차 운전자는 교통안전 시설이 표시하는 신호 · 표시와 경찰 또는 보조원의 신호 · 지시가 다른 경우 후자를 따름</li> </ul>

\* 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-15] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제1장(총칙)

조항	내용
통행의 금지 및 제한 (제6조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지방경찰청장은 도로 위험 방지, 교통안전 및 소통을 위해 필요한 경우에 지정 구간의 노면전차 통행금지 · 제한이 가능하며, 해당 조치를 우선 취한 후 도로 관리자와의 협의를 거쳐 대상과 구간 및 기간 지정 가능</li> <li>• 지방경찰청장이나 경찰서장은 이와 같은 조치 시 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 공고</li> <li>• 경찰은 도로 파손/화재 및 기타 위험 방지를 위한 긴급조치가 필요할 때 노면전차 통행의 일시 금지 · 제한 가능</li> </ul>
교통 혼잡 완화 조치 (제7조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경찰은 노면전차의 통행이 밀려 교통 혼잡이 뚜렷하게 우려될 경우 혼잡 완화를 위하여 필요 한 조치 가능</li> </ul>

\* 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-16] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(보행자의 통행 방법)

조항	내용
도로의 횡단 (제10조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>보행자는 차와 노면전차의 바로 앞이나 뒤로 횡단해서는 안 되나, 횡단보도나 신호기 또는 경찰공무원 신호·지시에 따른 도로 횡단은 예외</li> </ul>
어린이 보호구역 지정·관리(제12조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장 등은 교통사고의 위험에서 어린이를 보호하기 위하여 보호구역을 지정, 노면전차의 통행 속도를 시속 30km 이내로 제한 가능</li> </ul>
노인/장애인 보호구역 지정·관리(제12조의2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장 등은 노인·장애인 보호구역 지정으로 노면전차의 통행 제한·금지 등이 가능하며, 노면전차 운전자는 보호구역에서 해당 조치를 준수하고 안전에 유의하면서 운행</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-17] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법) : 제16/17/24조

조항	내용
노면전차 전용로의 설치 (제16조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>시장 등이 노면전차 전용로를 설치하려는 경우 도시철도법에 따라 사업 계획 승인 전 다음 사항을 지방경찰청과 협의하고 변경 시에도 동일 <ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 설치 방법·구간/전용로 내 교통안전 시설 설치·관리 등</li> </ul> </li> <li>차마 운전자는 다음 경우를 제외하고는 전용로 통행금지 <ul style="list-style-type: none"> <li>좌·우회전/횡단/회전을 위하여 궤도 부지를 가로지르는 경우</li> <li>도로/교통안전 시설/도로 부속물 보수를 위하여 진입이 불가피한 경우</li> <li>노면전차 전용 차로에서 긴급자동차가 본래의 긴급 용도로 운행할 경우</li> </ul> </li> </ul>
자동차 등과 노면전차의 속도(제17조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차의 도로 통행 속도는 행정안전부령으로 지정</li> <li>경찰청장은 고속도로, 지방경찰청장은 고속도로를 제외한 도로에서의 위험을 방지하고 교통안전과 원활한 소통을 위하여 필요할 때 지정 구역·구간 내 제한속도 지정 가능</li> <li>교통 체증 등 부득이한 사유를 제외하고는 제한속도를 반드시 준수</li> </ul>
철길 건널목의 통과(제 24조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 철길 건널목 통과 시 건널목 앞에서 일시 정지하여 안전 확인 후 통과·신호기 등이 표시 신호에 따를 때는 통과 가능</li> <li>노면전차 운전자는 건널목의 차단기가 내려져 있거나 내려지려는 경우, 건널목의 경보기가 울리는 동안에는 진입 불가</li> <li>노면전차 운전자는 건널목 통과 중 고장 등에 사유로 운전 불능 시 즉시 승객을 대피 후 비상 신호 등으로 철도·경찰공무원에 연락 및 사실 통보</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-18] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법 등) : 제25~29/31/37/39조

조항	내용
교차로 통행 방법 (제25조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 신호기로 교통정리 중인 교차로 진입 시 진행 진로 앞의 차 또는 노면전차 상황에 따라 교차로에 정지하게 되어 다른 차가 있거나, 또는 노면전차의 통행에 방해가 될 우려가 있을 시 진입 금지</li> </ul>
보행자의 보호 (제27조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 보행자(자전거 운반 통행 포함) 횡단보도 횡단 시 방해 · 위험 방지를 위해 보도 앞(정지선 있을 때 정지선 기준) 일시 정지</li> <li>노면전차 운전자는 교통정리 중인 교차로 회전 시 신호기 또는 경찰 등의 신호 · 지시에 따라 횡단하는 보행자의 통행을 방해하지 않도록 운전</li> </ul>
보행자 전용로의 설치 (제28조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 보행자 전용로를 통행할 수 없으나 필요할 때 지방경찰청장이나 경찰서장의 허용을 전제로 통행 가능</li> </ul>
긴급자동차 우선 통행 (제29조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 교차로나 인근에서 긴급자동차 접근 시 교차로를 피해 일시 정지/기타 장소에서는 긴급자동차 우선 통행을 위해 양보</li> </ul>
서행 또는 일시 정지할 장(제31조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>서행 : 교통정리 미(未)시행 교차로/도로가 구부러진 부근/비탈길 고갯마루 부근/가파른 비탈길의 내리막/기타 안전표지 지정 장소</li> <li>정지 : 교통정리 미시행/좌우 확인 불능 또는 교통이 빈번한 교차로 등</li> </ul>
차와 노면전차의 등화 (제37조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 야간/안개/우천/터널 내 운행 또는 주정차 시 전조등/차폭등/미등 및 기타 등화를 작동하고, 야간 교행 및 선행 차량 바로 뒤에서의 운행 시 등화 밝기 조절 또는 일시 점멸</li> </ul>
승차/적재 방법 · 제한 (제39조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 운전 중 승하차 시 추락이 없도록 출입문을 정확히 개폐</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-19] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제2장(차마의 통행 방법 등) : 제25~29/31/37/39조

조항	내용
술에 취한 상태에서의 운전 금지(제44조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차의 음주 운전 금지/경찰은 필요할 때 음주 여부 호흡 조사 가능/운전자가 측정에 의무적으로 응하도록 규정           <ul style="list-style-type: none"> <li>불복 시 운전자의 동의를 받아 혈액 채취 등으로 측정 가능</li> <li>운전이 금지되는 상태의 기준은 운전자 혈중알코올농도 0.05 %</li> </ul> </li> </ul>
과로 등 시 운전 금지 (제45조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>과로/질병/약물의 영향과 기타 사유로 정상 운전이 어려울 때 운전 금지</li> </ul>
위험 방지를 위한 조치 (제47조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>경찰은 무면허/음주/과로 운전으로 판단 시 차량 일시 정지 및 면허증 제시 요구/정상 운전 가능 시까지 운전 금지 및 차량 이동 등 조치 가능</li> </ul>
안전/친환경/경제 운전 의무(제48조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>노면전차 운전자는 차량의 조향 · 제동장치 및 기타 장치를 정확하게 조작하고 다른 사람에게 위험 · 장해를 주는 속도나 방법으로의 운전 금지</li> </ul>

조항	내용
모든 운전자의 준수 사항 등(제49조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자는 다음 사항 준수 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물이 고인 곳을 통과 중 물을 튀겨 타인에게 피해를 주지 않도록 운전</li> <li>- 어린이/시각·지체장애인/노인 등 횡단 및 사고 위험 시 일시 정지</li> <li>- 도로에 차량을 세운 채 시비·다툼으로 다른 차마의 통행 방해 금지</li> <li>- 차량을 떠날 때 사고 방지 및 무단 운전 불능을 위한 조치 수행</li> <li>- 안전을 확인하지 않은 상태에서 출입문 개폐 및 하차 금지</li> <li>- 정당한 사유 없는 소음 발생과 안전 운전에 지장을 줄 정도인 승객의 소란 행위를 방지한 상태에서의 운전 금지</li> <li>- 차량 정지 또는 각종 범죄 및 재해 신고 시를 제외한 휴대전화 사용 금지</li> <li>- 차량 정지 또는 운전에 필요하거나 국가 비상사태·재난 등 긴급 상황을 제외한 경우 운전 중 방송 등 영상물의 수신·재생 장치의 운전자 가시 범위 내 영상 표시/장치 조작 금지 등 지방경찰청장 지정·공고 사항</li> </ul> </li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

[표 11-20] 도로교통법 노면전차 관련 조항 중 제4장(운전자·고용주 등의 의무) : 제54조

조항	내용
사고 시의 조치 (제54조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전 등 교통으로 인하여 인명·재산 피해가 발생한 교통사고 시 운전자나 기타 승무원은 즉시 정차하여 인명 구호 등 필요한 조치 수행 및 피해자에 대한 인적 사항 제공</li> <li>• 경찰이 현장에 있으면 해당 공무원에게, 그렇지 않으면 가장 가까운 지구대·파출소·출장소에 위치, 인적·물적 피해 및 기타 조치를 바로 신고 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노면전차만 손괴된 것이 분명하고 도로에서의 위험 방지와 원활한 소통 조치를 한 경우에는 예외</li> </ul> </li> <li>• 신고를 받은 경찰은 인명 구호와 기타 위험 방지를 위하여 필요에 따라 경찰(자치 경찰 제외) 도착까지 신고 운전자 등 대기 명령 가능</li> <li>• 경찰은 사고를 낸 운전자 등에 대하여 현장에서의 부상자 구호와 교통안전을 위하여 필요한 지시 가능</li> <li>• 운전자는 긴급한 경우 동승자의 필요 조치 및 신고 후 운전 재개 가능</li> <li>• 경찰(자치 경찰 제외)은 교통사고 발생 시 대통령령에 따라 조사 수행</li> </ul>
고용주 등의 의무 (제56조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 운전자의 고용주 등은 운전자에게 도로교통법과 해당 법에 따른 명령을 항상 주의시키고 감독</li> <li>• 고용주 등은 운전을 해서는 안 되는 운전자가 노면전차를 운전하는 것을 알고도 말리지 않거나 운전을 지시하는 행위 금지</li> </ul>
벌칙 (제148조의2/제151조/제154조/제156조)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음주 운전/업무상 주의 태만 또는 중대 과실로 인한 타인의 건조물 및 재물 손괴/면허 시 교통안전 교육 내용 등을 위반한 경우/과로·질병으로 인하여 정상적인 운전이 불가능할 우려가 있는 상태에서 노면전차를 운전한 경우/전용로 통행 및 기타 명시된 법령 위반에 대한 벌칙 규정</li> </ul>

※ 자료 : 국가법령정보센터(2020)

## (2) 시행령 및 시행규칙

기존 차마의 통행 방법(제3장)에 각각 노면전차를 추가하여 세부 조항 수정

## 핵심정리



1. 노면전차 운영에 관련된 핵심 법적 근거는 노면전차 3법(도시철도법/철도안전법/도로교통법)으로 구성된다.
2. 노면전차의 도로 통행을 위해 노면전차 및 노면전차 전용로를 정의하고 통행 방법 및 운전자 준수 사항과 의무 위반 시 벌칙의 근거가 도로교통법에 명시되어 있다.

## 11.3 노면전차 차량 시스템

### 학습목표

- 노면전차의 전력 공급 방식에 따라 차량 종류를 구분하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 팬터그래프를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
- 노면전차 견인전동기를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
- 노면전차 보조 전원 장치(APU)를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
- 노면전차 냉난방 장치(HVAC)를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.
- 노면전차 제동 시스템과 유압 제동장치를 이해하고 특징을 설명할 수 있다.

#### [핵심용어]

하이브리드 노면전차(유/무가선), 배터리 방식, 슈퍼 커패시터 방식, 유도 급전 방식, 팬터그래프, 견인전동기, 보조 전원 장치(APU), 냉난방 장치(HVAC), 유압 제동장치, MTB(트랙 브레이크)

### 11.3.1 노면전차의 차량 종류

노면전차 차량 종류는 급전 방식에 따라 분류할 수 있다. 기존 철도차량과 같이 가공 전차선을 설치하고 팬터그래프를 상승하여 전원을 급전 받는 가선 급전 방식 차량, 팬터그래프는 있지만 탑

재된 배터리 충전에 이용하거나 가선 급전 방식처럼 유가선 운행을 할 수 있는 유/무가선 하이브리드 차량, 팬터그래프 없이 급전 설비를 지중에 매설하여 유도 전원을 공급받는 유도 급전 방식 차량 등이 있다.

#### (1) 가선 급전 방식 노면전차

기존의 철도차량과 같이 선로 위 공중에 설치된 가공 전차선과 전차의 팬터그래프가 접촉하여 전원을 공급받는 노면전차를 말한다. 일반적인 전기철도는 전차선으로부터 AC 25,000V나 DC 1,500V와 같은 고전압의 전력을 공급받고 있으나, 노면전차는 도심 위를 달리는 특성상 안전을 위하여 DC 600~800V 사이의 더 낮은 전압을 사용하고 있다. 가선 급전 방식의 노면전차는 전차선으로부터 상시 전력을 공급받으므로 배터리 방식의 노면전차와 달리 별도의 충전 시간을 필요로 하지 않으며, 배터리가 방전될 우려가 없어 운행 안정성이 높다. 그러나 노면전차 상단에 전차선을 설치하기 위해서는 도심 곳곳에 전주(電柱)와 전선 등의 구조물을 설치하여야 하므로 도시의 미관을 크게 해치게 되며, 도로 위에 전차선을 노출시키는 특성상 감전 등의 안전사고가 발생할 수 있는 문제점이 있다. 이로 인해 국내에서는 전차선을 사용하지 않고 운용할 수 있는 방식의 노면전차 위주로 개발하고 있다.

#### (2) 하이브리드 방식 (유/무가선 방식) 노면전차

전차선 설치 여부와 관계없이 운용할 수 있다는 점이 가장 큰 특징이다. 하이브리드 방식 노면전차의 상부에도 가선 급전 방식 노면전차처럼 팬터그래프가 설치되어 있으나, 이 팬터그래프는 가선 전



[그림 11-2] 가선 급전 방식 노면전차

원을 공급받아 전동기를 움직이게 하는 역할과 동시에 무가선 운행을 위해 탑재된 대용량 배터리를 충전하기 위한 충전기 역할도 함께 수행한다.

### 1) 대용량 배터리 방식

노면전차 차량 내에 별도의 장소에 운행을 위한 대용량의 배터리 시스템을 탑재하여 운행 전원으로 사용하는 방식을 말한다. 대용량 배터리 방식의 차량은 가공 전차선을 필요로 하지 않으므로 변전소 등 건설 비용을 절감할 수 있다. 노면전차에 주로 탑재되는 대용량 배터리는 니켈-수소 전지(Ni-MH), 리튬 이온 전지(Li-Ion)를 이용한다.

#### ① 니켈-수소 전지(Ni-MH)

니켈-수소 전지의 정식 명칭은 니켈 메탈 하이드라이드 배터리(Nickel Metal Hydride Battery)이다. 니켈 카드뮴 배터리를 개선한 배터리이며, 음극에는 니켈, 양극에는 수소 흡장 합금을 사용한다. 전해질로 80Bar 이상의 압축 수소를 사용하며, 니켈 카드뮴 배터리에 비해 고용량으로 만들 수 있는 장점이 있다. 또한 배터리의 완전 충전/완전 방전을 하지 않으면 배터리 충전 용량이 줄어들게 되는 기억 효과(Memory effect)가 기존의 니켈 카드뮴 배터리보다 적어 전자 기기 등에 주로 사용하였다. 그러나 기억 효과가 상대적으로 적긴 하여도 완전히 없는 것은 아니므로 배터리의 장기 사용 시 충전 용량이 줄어들 수 있으며, 결과적으로 노면전차의 주행거리 또한 줄어들게 된다. 이를 보완하기 위해 리튬 이온(Li-Ion) 전지가 개발되었다.

#### ② 리튬 이온 전지(Li-Ion)

니켈-수소 전지의 단점을 보완하여 탄생하게 된 배터리가 리튬 이온 전지이다. 리튬 이온 전지는 니켈 전지의 가장 큰 단점인 기억 효과가 없을 뿐 아니라, 에너지를 사용하지 않고 있는 상



[그림 11-3] Ni-MH 배터리 Citadis-Nice



[그림 11-4] Ni-MH 고출력 배터리 팩

\* 자료 : "Tramway Nice T2 essais" by Jesmar CC BY 라이센스

태에서 스스로 방전되는 자연 방전 현상도 매우 적은 편이다. 그러나 리튬 이온 전지는 핫빛을 오래 받아 고온 상태이거나 충돌 사고가 났을 때 폭발할 위험이 있다. 이를 개선한 것이 리튬 폴리머(Li-Po) 배터리이다. 리튬 이온이 양극과 음극을 오가며 전기를 발생시키는 것은 기존의 리튬 이온 전지와 동일하지만, 전해질이 용액이 아닌 젤 형태로 되어 있어 훨씬 안정적이다. 현재 우리나라에서 시험 중에 있는 ‘하이브리드형 무가선 저상 트램(오송 시험선)’ 또한 동력원으로 196kwh 급 대용량 리튬 폴리머 배터리 시스템을 사용하고 있다.



[그림 11-5] 리튬 이온 배터리 무가선 트램



[그림 11-6] 196kwh Li-Ion Battery

※ 자료 : ① “무가선 저상 트램” 한국철도기술연구원 제공  
② “세계 최대 용량 무가선 트램 배터리 개발”, 2016.02.23, 한국철도기술연구원 보도자료

### ③ 대용량 배터리 장점

- 슈퍼 커패시터 방식에 비해 건설 비용이 적게 듈다.
- 가선을 설치할 필요가 없으므로 노선 건설 비용이 적게 듈다.
- 가선의 유도 전력에 의한 감전 위험이 없다.
- 타 공법에 비해 공사 기간이 적게 걸린다.

### ④ 대용량 배터리 단점

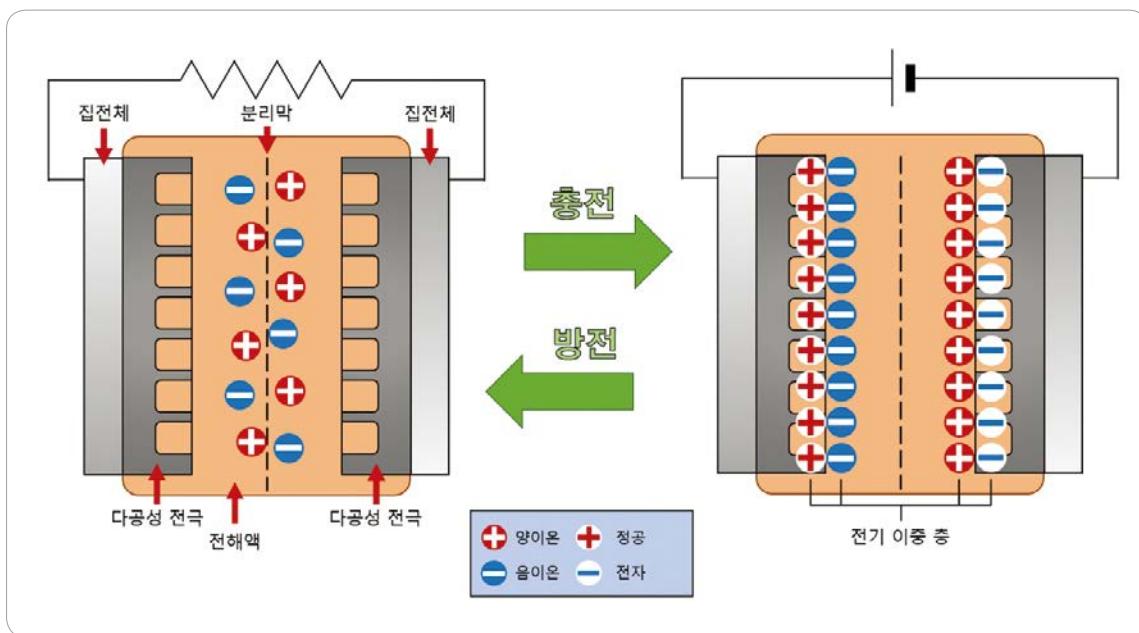
- 습도 등의 영향으로 배터리에 문제를 야기할 수 있다.
- 충돌 사고 등 발생 시 폭발의 위험이 있다.
- 사용 기간이 장기간이 될수록 충전 용량이 적어질 수 있다.
- 가선 운행 방식에 비해 운행 속도가 낮다.
- 주기적으로 배터리를 교체해야 한다.

## 2) 슈퍼 커패시터(SuperCapacitor) 방식

대용량 배터리 방식 외에 다른 전원 공급 방식으로 슈퍼 커패시터 방식이 있다. 커패시터 표면에 전하의 물리적 흡·탈착으로 에너지를 충전 또는 방전하는 원리로, 순간적으로 많은 에너지를 저장하고 높은 전류를 순간적 또는 연속적으로 공급할 수 있는 특징을 지닌 고출력 동력원이다.

### ① 슈퍼 커패시터 구조

슈퍼 커패시터의 기본 구조는 위의 그림과 같이 양극과 음극으로 구성하는 다공성 전극, 전해질, 집전체, 분리막 또는 격리 막으로 이루어져 있다.



[그림 11-7] 슈퍼 커패시터의 구조 및 원리

### ② 노면전차 활용

슈퍼 커패시터 방식은 고속 충전이 가능하며, 짧은 거리마다 커패시터를 충전하여 고출력을 지속 및 유지할 수 있다는 점에서 대용량 배터리 탑재 방식보다 우위를 점한다. 충전 시간이 매우 짧다는 점을 고려해 노선 운용 효율과 운행 속도를 높일 수 있는 것이 특징이다. 그러나 대용량 배터리 탑재 방식에 비해 용량 대비 고비용이 소모되며, 별도의 전력 공급실 구축이 필요하다. 또한 충전 순간에는 고출력을 얻을 수 있으나, 짧은 충전 시간만큼 방전되는 시간도 짧은 편이기에 1.5km마다 충전 장치를 설치해야 한다.



[그림 11-8] 가오슝 슈퍼 커패시터 트램



[그림 11-9] 슈퍼 커패시터 배터리

※ 자료 : ① "KMRT CAF Train" by Subscriptshoe9 CC BY 라이센스  
 ② "Maxwell Portfolio Shot" by Maxwell Technologies, Inc CC BY 라이센스

### ③ 슈퍼 커패시터의 장점

- 배터리 탑재 방식 보다 고출력을 얻을 수 있다.
- 충전하는 데 오랜 시간이 필요하지 않다.
- 주로 표면에서 작용하므로 폭발 위험이 없다.
- 운용 효율을 증대할 수 있다.

### ④ 슈퍼 커패시터의 단점

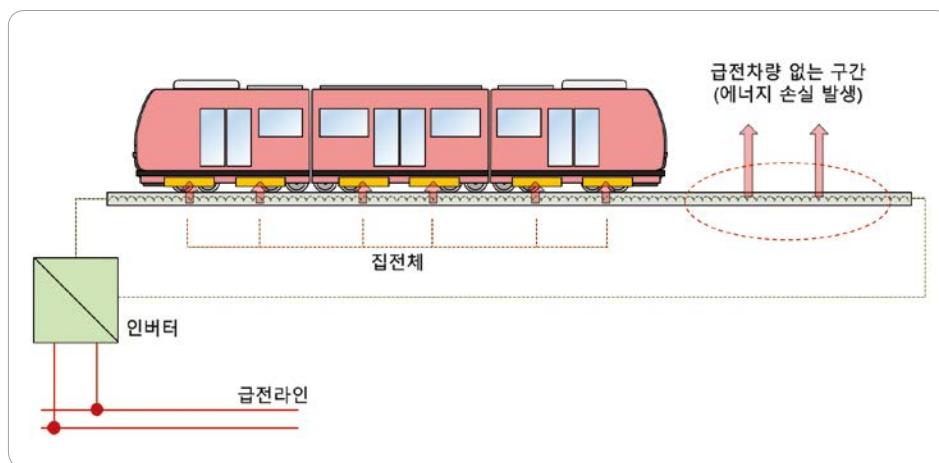
- 배터리 방식보다 비용이 많이 듈다.
- 별도의 전력 공급실을 필요로 하므로 노선 건설 비용이 많이 듈다.

### (3) 유도 급전 방식

가선 급전 방식 노면전차와 같이 팬터그래프를 통해 가공 전차선으로부터 전원을 공급받는 방식은 접촉에 의한 급전 방식이다. 이러한 접촉 급전 방식은 몇 가지 단점이 존재한다. 집전장치의 구성이 복잡하고, 집전 성능의 확보를 위해 팬터그래프의 압상력(押上力)을 높일 경우 전차선에 가해지는 부담이 커지며, 전차의 속도가 빨라질수록 팬터그래프가 전차선에 이탈하는 이선(離線) 현상이 심해지게 된다. 이로 인해 전력 품질의 저하, 소음 문제, 그리고 전차선의 변형에 따른 파손·절단이 발생할 가능성이 있다.

이런 문제점을 개선하고자 도입된 것이 비접촉 유도 급전 방식이다. 비접촉 유도 급전 시스템은 노면전차와 노선(이동 영역) 사이에 일정한 간격(공극)을 두고 비접촉으로 급전하는 방식으로, 노면전차의 전 이동 영역에 걸쳐 긴 전원 공급 시스템을 설치한다. 공극의 간격이나 집전 자성체의

형상에 따라 이동 영역에서 노면전차로 유도되는 전력의 비율(인덕턴스)이 결정되며, 이 인덕턴스에 맞는 공진주파수의 전원을 지상에 매설된 전원 공급 권선에 인가한다. 전원 공급 권선에 인가된 전력은 인버터를 거쳐 비접촉 상태로 이동하고 있는 노면전차로 전송된다. 그러나 이동 영역 중 노면전차의 집전체로 뒤덮이지 않은 부분은 고주파 전자장에 노출되며 에너지 손실이 발생한다. 이 외에도 인버터에 연결되는 집전체가 주행 구간이 긴 영역 전체에 걸쳐 있어 불필요하게 인버터 용량이 커져야 하거나, 대수가 증가하는 등 동일한 급전 성능 대비 최초 설비가 낭비될 우려가 있다는 단점이 있다.



[그림 11-10] 유도 급전 방식



[그림 11-11] Bombardier PRIMOVE 유도 급전 방식 집전장치

※ 자료 : "PRIMOVE Bombardier-III" by Spoorjan CC BY 라이센스

### 11.3.2 팬터그래프(Pantograph)

팬터그래프(Pantograph)는 전기동차 또는 전기기관차에 전차선의 전원을 공급하는 집전장치를 말한다. 이전에는 노면전차 또한 전기를 동력원으로 움직이는 차량인 만큼 집전장치인 팬터그래프의 설치를 반드시 필요로 하였다. 그러나 최근 개발되는 신형 노면전차의 팬터그래프 주요 설치 목적이 운행 전원 공급이 아닌 배터리 충전 용도로 바뀌게 되면서 팬터그래프 고유의 역할은 축소되고 있으며, 팬터그래프를 사용하지 않고 전원을 공급받는 노면전차의 종류 또한 늘고 있다.



[그림 11-12] 크로스 암 방식 팬터그래프와 싱글 암 방식 팬터그래프

※ 자료 : "Cross Arm Type", "Single Arm Type" © 유진기공(주)

팬터그래프의 종류는 크게 마름모꼴 형태의 크로스 암 방식(Cross Arm Type)과 사람의 다리 관절 구조를 가진 싱글 암 방식(Single Arm Type)으로 구분할 수 있다. 크로스 암 방식의 팬터그래프는 구조적으로 안정적이고 강도가 뛰어나며 압상력이 커서 전차선 상태가 좋지 않은 경우에도 안정적인 집전 성능을 갖는 것이 특징이다. 현재 우리나라에서는 운영 주체를 구분할 것 없이 대다수의 전동차가 크로스 암 방식의 팬터그래프를 채택하고 있다. 싱글 암 방식의 팬터그래프는 크로스 암 방식에 비해 상대적으로 가볍고 공기저항이 적으며 다양한 전차선 높이에 대응할 수 있다는 것이 특징이다. 이전에는 유럽 위주의 철도차량에서만 주로 사용되는 방식이었으며 강도와 안정성 측면에서 의심을 받기도 하였으나, 현재는 철도 시설물 관리가 엄격해지고 싱글 암 방식 팬터그래프의 기술적인 검증이 이루어지면서 그 안정성을 인정받았다. 가볍고 공기저항이 적으며 유지 보수가 용이하다는 장점이 부각되면서 현재 전 세계 주요 국가의 철도차량에서 싱글 암 방식 팬터그래프를 채택하고 있으며, 노면전차 또한 싱글 암 방식의 팬터그래프를 주로 사용하고 있다.

[그림 11-13]은 하이브리드형 노면전차 전용으로 개발 중인 싱글 암 방식 팬터그래프 중 하나로, 외형은 고속철도나 전기기관차에서 쓰이는 싱글 암 팬터그래프와 유사하나 기능 면에서 일부 차이가 존재한다. 기존에 사용되는 팬터그래프가 압축공기에 의해 상승 작용을 하고 자중 또는 스프링 작용에 의해 하강하는 원리로 작동하는 팬터그래프라면, 노면전차에 사용된 이 팬터그래프는 DC 24V 모터의 동작에 의해 상승, 하강하는 방식이다. 또한 전차선 구간에서 전원을 공급하는 기존의 팬터그래프의 기능 이외에도 운행 전원 공급용 대용량 배터리를 충전하는 역할을 함께 수행하게 된다.



[그림 11-13] 노면전차 전용 싱글 암 팬터그래프

※ 자료 : "YC-YP140G" © 유진기공(주)

[표 11-21] 팬터그래프 제원

구분	동작 방식
제어 전원	DC 24V 제어 전원
상승 · 하강 작용	Motor에 의한 상하 작용
팬터그래프 타입	싱글 암 방식
가선 전압	DC 750V
습판 재질	Metallized Carbon

### 11.3.3 노면전차 견인전동기

#### (1) 개요

철도차량에 요구되는 견인전동기는 기동 토크가 크고 속도가 빠르며 넓은 속도 범위에서 운전이 가능해야 한다. 주로 동기전동기와 유도전동기가 철도차량에 사용되고 있다. 동기전동기는 KTX 등 고속 전철에도 적용되고 있으나, 회전자 권선을 사용하는 구조적 복잡성과 빈번한 정비 요소로 인해 최근에는 출력밀도가 높고 효율이 뛰어난 영구 자석형 동기전동기를 시도하고 있다. 그 반면 유도전동기는 전자기 유도 현상을 이용하여 회전력을 얻는 방식으로, 권선을 사용하지 않는 농형 회전자를

적용할 수 있어 구조가 간단하고 견고하며 고장 및 정비 요소가 자주 발생하지 않아 철도차량 견인 용으로 주로 사용하고 있다.

#### (2) 차량 성능 요건

- 1) 중량 : 5 Module 1편성. (45ton, 만차 시)
- 2) 가속도 : 3.5km/h/s
- 3) 감속도 : 3.5km/h/s
- 4) 필요 견인력 : 50kN(역행 시) / 48.6kN(제동 시)
- 5) 전동기 요구 대수 : 8대 (A, B Module, 각륜 구동)
- 6) 정격속도 : 40km/h (최고속도 : 70km/h)

#### (3) 견인전동기 제원

- 1) 형식 : 3상 농형 유도전동기
- 2) 극수 : 4극
- 3) 출력 : 45kW
- 4) 전압 : AC 550V (가선 전압 : DC 750V)
- 5) 회전수 : 정격 : 2233rpm (40km/h), 최대 3893rpm (70km/h)(단, 훨 직경 600mm, 기어 비(比) 6.29일 때)
- 6) 냉각 방식 : 전폐형 자기 통풍식

#### (4) 노면전차 견인전동기 구성

##### 1) 고정자

고정자는 전동기의 외형을 이루고 크기를 결정하는 부분으로, 철심과 권선으로 이루어진다. 철심은 주로 규소강판이 사용되며, 회전력을 발생시키는 자속이 통과하는 경로가 된다. 고정자 권선을 자속을 만들어 주는 전류가 흐를 수 있는 구리 도체로, 3상 교류 전원 인가 시 회전자계를 생성하여 토크를 발생시키는 역할을 한다.

##### 2) 회전자

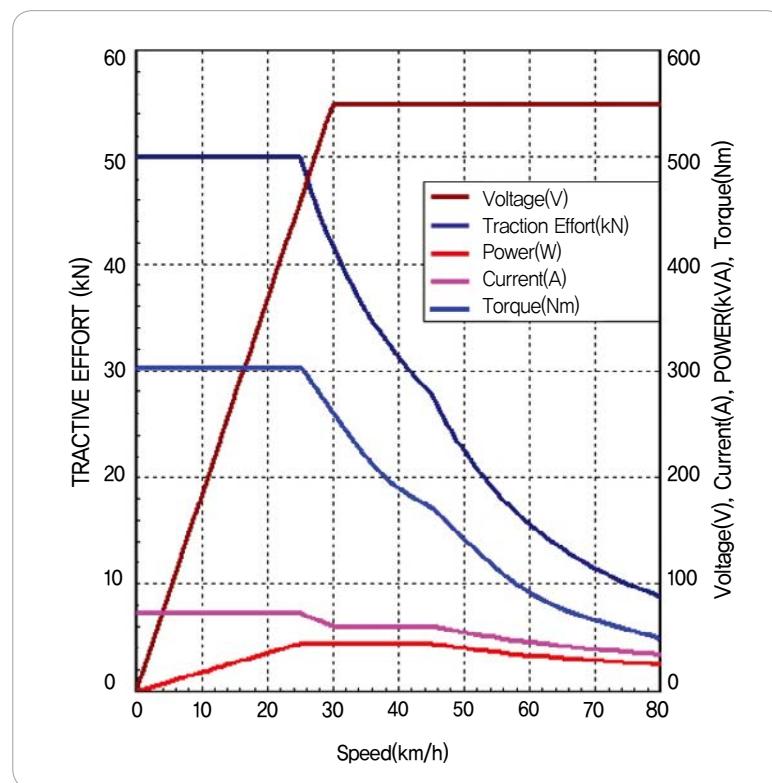
회전자는 고정자와 같이 몸체를 이루는 철심과 유도전류가 흐르는 도체 바 및 엔드 링(end-ring), 회전력을 바퀴로 전달하는 축으로 구성된다. 회전자 철심은 고정자와 같이 규소강판을 사용하며, 축은 철심 접속 부분의 응력 변화와 구동축으로부터 전달되는 힘, 온도 상승에 충분히 견

딜 수 있도록 합금강으로 제작한다. 회전자 바와 엔드 링은 전류를 잘 흐르도록 하는 전기적 특성 뿐만 아니라 진동이나 충격에도 견디도록 인장 강도와 연신율, 항복 강도 등 기계적 특성이 우수하고 온도 변화 계수가 작은 재질을 사용한다.

### 3) 냉각 팬

냉각 팬은 회전자 축에 연결되는데, 전폐형 구조에서 내부 및 외부의 공기를 순환시키기 위해 2개의 팬을 설치한다. 내부의 냉각 팬은 내부 공기를 순환시켜 고정자 권선 및 회전자 바와 엔드 링으로부터 발생되는 열을 식혀 주고, 외부의 냉각 팬은 내부의 열에 의해 상승된 고정자 철심과 외부 구조를 냉각시켜 주는 역할을 한다.

### (5) 견인전동기 성능 곡선



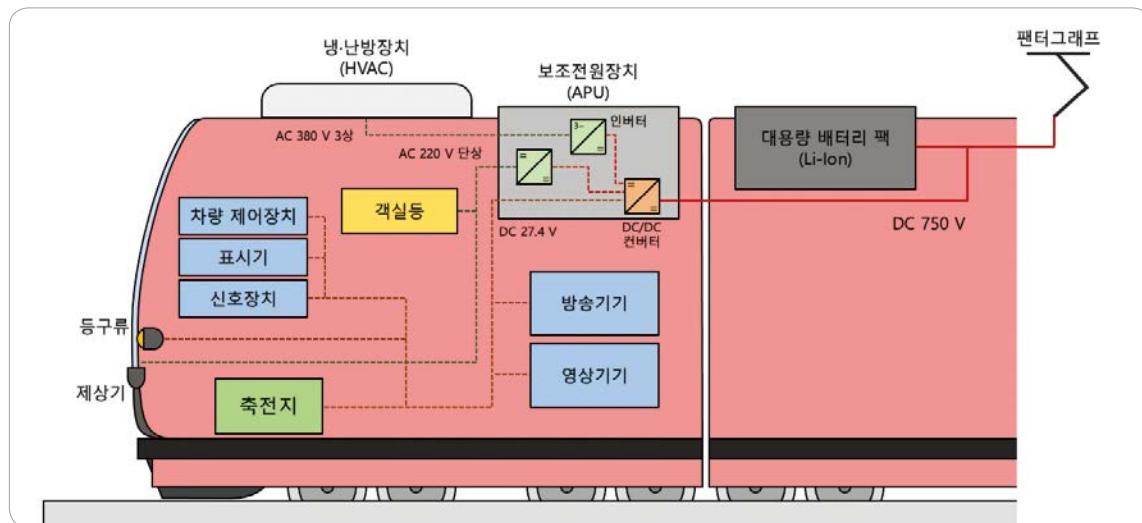
[그림 11-14] 저상 트램용 견인전동기 성능 곡선

※ 자료 : “무가선 저상 트램 시스템 개발 연구 최종 요약 보고서”, 2013. 05, 국토교통부

### 11.3.4 보조 전원 장치(APU)

#### (1) 개요

일반 철도 차량에서 보조 전원 장치로 사용되고 있는 정지형 인버터(Static Inverter SIV)의 같은 일환으로, 노면전차에서는 Auxiliary Power Unit(APU)라 칭한다. 보조 전원 장치는 차량의 HVAC(냉난방 공조 시스템), 제상기, 서비스 전원 등의 AC 차량 부하와 제어 전원, 영상 기기, 방송 기기, 등구류, 표시기, 냉각 팬, 신호 장치 등의 DC 부하 장치에 사용되는 안정적이고 일정한 전압과 주파수를 공급하고 차량 전원용 축전지를 충전하는 장치이다.



[그림 11-15] 보조 전원 장치(APU)

#### (2) 보조 전원 장치 APU의 특징

- 1) 공진형 DC/DC Converter 적용으로 보조 전원 장치 소형화/경량화 설계
- 2) 공진회로를 이용하여 스위칭 turn on 또는 turn off 시 전압/전류의 교차를 최소화하여 스위칭 시에 발생하는 열 손실 최소화
- 3) 최적화 설계된 입력 필터는 입력 가선 전류의 리플 성분을 억제함에 따라 시스템의 에너지 소비를 줄여 효율적인 시스템을 구현
- 4) Set up Converter를 이용하여 입력 전압을 승압하여 고효율의 보조 전원 장치 설계
- 5) Module Type 설계로 유지 보수의 편의성 도모
- 6) 냉각 팬을 이용한 강제 냉각 방식을 채택하여 발열 부품의 소형화/경량화 설계 가능

## (3) 보조 전원 장치 제원

[표 11-22] 보조 전원 장치 제원

구분	사양	비고
구성	주 회로	DC Converter + 6 Step Inverter
	제어 방식	Pulse Width Modulation (PWM)
	냉각 방식	강제 냉각 방식
DC 입력	용량	46kA
	정격전압	750V DC
AC 출력	동작 변동 범위	500V DC ~ 900V DC
	정격출력전압	3상 380V AC (+5% ~ -10%)
	정격출력전압	단상 220V AC (+5% ~ -10%)
	정격 용량	32kVA (380V AC)
	정격 용량	4kVA (220V AC)
	출력 주파수	60Hz ±1%)
	왜율	10% 이하
DC 출력	역률	85% (lagging)
	정격출력전압	27.4V DC (±2%), 안정 상태
	정격 용량	10kW
	맥동률	5% (RMS) 이하
	효율	90% 이상
온도 조건		-25°C ~ +40°C
소음		85dB 이하
통신 방식		TCN (MVB 통신)

## 11.3.5 냉난방 장치(HVAC)

## (1) 개요

공기 조화 장치(HVAC)는 객실 냉난방 및 환기를 위해 설치되었으며, 노면전차 C, D Module 지붕에 설치되어 있다. 공기 조화 장치는 ‘환기’, ‘전 냉방’, ‘반(半)냉방’, ‘전 난방’, ‘반(半)난방’의 5가지

모드로 제어된다. HVAC는 운전실의 TCMS의 버튼으로 조작되며, 냉난방 시 각 유닛과 연계된 온도 검출기에 의해 객실 평균 온도를 측정하고 설정된 온도에 도달하도록 자동으로 운전한다. 환기는 천정에 설치된 CO<sub>2</sub> 센서에 의해 객실 내 공기 질을 측정하고 나쁘다고 판단될 경우 팬을 동작시켜 신선한 공기를 공급한다. 또한 필요시 공기 조화 장치 유닛 내부에 설치된 냉난방 제어기(MICOM)의 조작으로 수동으로도 동작이 가능하다.

#### (2) 특징

공기 조화 장치(HVAC)는 환기 및 냉난방을 할 수 있도록 일체화된 장치로 C, D 차량의 지붕에 1개씩 취부(取付) 된다. 소음, 진동을 최소화하기 위해 스크롤 타입의 컴프레서를 적용하며 공기 조화 장치 내부에 냉난방 제어기(MICOM)의 조작으로 자동 또는 수동 모드로 운전이 가능한 것이 특징이다.

#### (3) 냉난방 장치(HVAC) 제원

[표 11-23] 냉난방 장치(HVAC) 제원

구분	사양	비고
설치 형식	옥상 취부형	
냉방 용량	30,500kCal/hr/unit 이상	
난방 용량	20kW 이상	
주 전원	3상, 60Hz, AC 380V	
제어 전원	DC 24V	
환기	공기 중 일정 기준 이상의 CO <sub>2</sub> 감지 시 동작	
냉매	R-407C 친환경 냉매	
제어 방식	MICOM 제어 방식에 의한 일괄/개별 제어	

#### (4) 냉난방 장치(HVAC) 구성

공기 조화 장치(HVAC)의 구성은 진동 및 소음을 감소시켜 승차감을 개선하고 경량화에 용이한 스크롤식 컴프레서를 적용한다. 응축기, 응축기 팬 및 모터, 증발기, 증발기 팬 및 모터, 팽창밸브, 전기 히터, 배관 등으로 구성되며 스테인리스 스틸로 제작된 프레임 및 케이스에 적절히 고정되어 공기 조화 장치(HVAC)를 구성한다.



[그림 11-16] 전동차 전용 냉난방 장치(HVAC)

※ 자료 : "IC4 HVAC" by Morten Haagensen CC BY 라이센스

### 11.3.6 노면전차 유압 제동장치

#### (1) 개요

기존 철도차량이 압축공기를 이용한 제동장치를 사용한 것에 비해, 노면전차는 일반 교통수단과 함께 운행하므로 철도차량보다 더욱 높은 제동 응답률과 고감속도를 필요로 한다. 이에 유압 제동장치를 채택하여 신뢰도가 높은 제동 응답률과 고감속도를 얻을 수 있다.

노면전차에 적용되는 유압 제동 시스템은 대차 제어용 제동장치로서, 차량의 TCMS로부터 필요로 하는 제동력을 요구받으면 이에 상응하는 제동력을 대차 단위로 생성하여 각 대차에 설치된 유압 캘리퍼 장치에 전달한다.

#### (2) 구성

유압 제동장치는 설치되는 대차의 위치에 따라 동력 대차용과 부수 대차용 장치로 구분이 가능하다.

##### 1) 동력 대차용

동력 대차에는 모터가 설치되는 전위 축과 후위 축에 각각 2개의 유압 제동장치가 설치되며, 부수 대차에는 각각의 축에 4개의 제동장치가 장착된다.

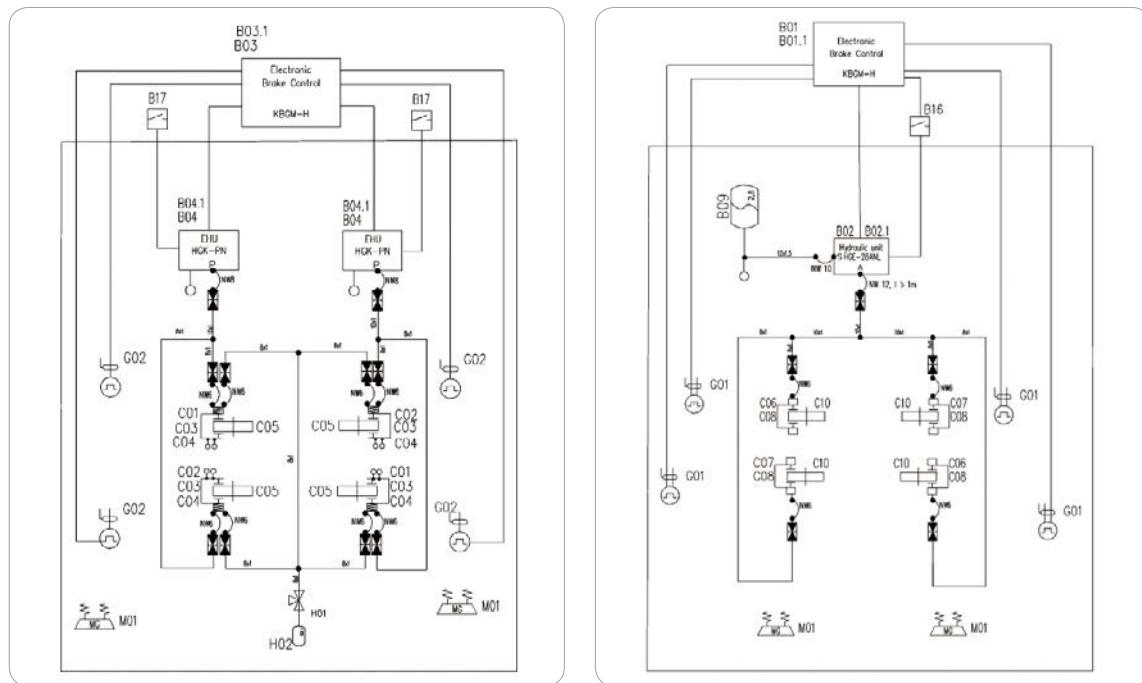
동력 대차에 설치되는 유압 제동장치는 다음과 같다.

- 입출력 신호를 제어하는 Micro Controller
- 유압 제동력을 생성하는 유압 제어장치
- 유압 캘리퍼
- 제동 디스크
- 제동 패드
- 트랙 브레이크
- 보조 제동용 정션 밸브
- 오일 탱크
- 속도 센서

## 2) 부수 대차용

부수 대차용 구성은 다음과 같다.

- 입출력 신호를 제어하는 Micro Controller
- 유압 제동력을 생성하는 유압 제어장치



[그림 11-17] 동력 대차용 제동장치 구성

[그림 11-18] 부수 대차용 제동장치 구성

※ 자료 : “무가선 저상 트램 시스템 개발 연구 최종 요약 보고서”, 2013. 05, 국토교통부

- 유압 캘리퍼
- 제동 디스크
- 제동 패드
- 트랙 브레이크
- 어큐뮬레이터
- 속도 센서

위의 그림은 각 동력 대차용[그림 3-16], 부수 대차용[그림 3-17] 유압 제동 시스템 Diagram이다.

### 11.3.7 노면전차 제동 시스템

#### (1) 개요

무가선 저상 트램에 적용된 제동 시스템은 고응답, 고성능의 마이크로프로세서 제어 제동 시스템이 적용되었다. 또한 유압 제동장치는 동력 대차와 객차 대차의 차륜에 설치되며, 제동 지령에 해당하는 제동력을 디스크나 제동 패드와 같은 마찰재(摩擦材) 사이에 마찰력을 생성하도록 구성되었다.

#### (2) 기호 및 약어

- 1) B : 제동 모드 (Braking Mode)
- 2) EB : 비상제동 (Emergency Brake)
- 3) HB : 정차제동 (Holding Brake)
- 4) SS : 속도 센서 (Speed Sensor)
- 5) ED : 전기제동 (Electro-dynamic)
- 6) EH : 유압제동 (Electro-hydraulic)
- 7) EHU : 유압 제어장치 (Electro-hydraulic unit)
- 8) HCM : 유압 제어 모듈 (Hydraulic Control Module)
- 9) EBCU : 전자 제동장치 (Electronic Brake Control Unit)

#### (3) 상용제동

일반적으로 차량이 운행을 하는 동안 감속 또는 정지할 때는 요구된 감속 수준에 도달하려는 목적

으로 주로 전기제동을 이용하여 수행한다. 상용제동이 작용할 때는 동력 대차의 전기제동을 우선으로 사용하며, 제동력이 부족할 경우 부수 대차의 유압 제동력을 추가로 이용한다.

#### (4) 비상제동

비상제동은 승객이나 승무원, 그 이외 다른 인원의 안전을 최대화하는 목적이 가장 중요하다. 일반 승객과 승무원의 안전을 위해 적절하게 규정된 감속도 수준과 정의된 속도와 거리의 관계 안에서 움직이는 열차가 정지하도록 작용하는 것을 말한다.

- 1) 비상모드 1 : 운전자 경계 장치 또는 ATO에 의한 비상제동 체결
- 2) 비상모드 2 : 승객 경보에 의한 비상제동 체결
- 3) 비상모드 3 : 제동 제어기의 비상 위치를 통해 운전자 또는 ATP 시스템에 의한 비상제동 체결
- 4) 비상모드 4 : 제동 제어기와 분리된 별도 장치를 통해 권한을 부여받는 사람에 의한 비상제동 체결

비상제동 1, 2, 3, 4 모드에 해당하는 경우, 동력 대차의 전기제동과 객차 대차의 유압 제동은 자동으로 체결된다.

#### (5) 보안제동

상용제동과 비상제동보다 시스템 무결성을 더 높은 수준으로 달성하기 위해 설치한 제동으로 제동 성능은 비상제동 또는 상용제동보다 낮게 설정되었다.

#### (6) 정차제동

역에서 정차하는 동안 차량을 정지 상태로 유지하거나 정차 후 출발할 E0 추진력이 충분히 도달하기 전에 선로에 경사가 있는 여건에서 차량이 뒤로 밀리는 Roll Back 현상을 방지하기 위해 사용한다. 동력 대차에 설치된 유압 제동장치를 이용하여 체결한다.

#### (7) 주차제동

주차제동은 에너지 공급이 없는 상태에서 차량을 장기간 정지 상태로 유지하고자 할 때 체결하는 제동이다. 주차제동은 동력 대차의 유압 제동장치를 이용하여 체결한다.

#### (8) 제동 시스템별 제동력

무가선 저상 트램에 적용된 각 제동 시스템별 제동력은 다음과 같다.

## 1) 상용제동(40, 70km/h)

[표 11-24] 상용제동 시 제동 거리

상용제동	속도(km/h)		비고
	40	70	
감속도(km/h/s)	3.7	3.9	Max : 3.5 km/h/s
감속도(m/s <sup>2</sup> )	1.04	1.09	
제동 거리(m)	59	173	

## 2) 비상제동(40, 70km/h)

[표 11-25] 비상제동 시 제동 거리

비상제동	속도(km/h)		비고
	40	70	
감속도(km/h/s)	7.5	6.3	Max : 6.0 km/h/s
감속도(m/s <sup>2</sup> )	2.09	1.76	
제동 거리(m)	30	108	

## (9) MTB(Magnetic Track Brake)

노면전차는 일반 교통수단과 함께 운행하는 특성상 사고 및 이례 상황 발생 시, 전용 운행 구역으로 이동하는 일반 철도 차량보다 더욱 높은 감속도로 정지해야 한다. 이에 전자기력으로 레일을 흡착하여 비상 정차하는 방식의 트랙 브레이크(레일 흡착 제동)를 설치하였으며, 트랙 브레이크의 경우 감속도가 약 6.0km/h/s에 달한다.

[표 11-26] 트랙 브레이크 제동력

트랙 제동장치	속도(km/h)						비고
	20kph	25kph	40kph	50kph	60kph	70kph	
Coefficient	0.153	0.142	0.116	0.104	0.094	0.086	@64kN
Braking force	58,881N	54,554N	44,700N	39,895N	36,023N	32,837N	
Average deceleration	1.04	1.01	0.88	0.80	0.74	0.68	Load : EL 4 Unit : m/s <sup>2</sup>



[그림 11-19] MTB(Magnetic Track Brake)

※ 자료 : "Wirbelstrombremse aktiv" by Sebastian Terfloth CC BY 라이센스

### 핵심정리

&gt;&gt;&gt;

1. 노면전차의 차량 종류는 팬터그래프를 이용한 (        ) 차량, 탑재된 배터리와 가선 급전 방식의 혼용이 가능한 (        ) 차량과 급전 설비를 지중에 매설하여 (        )을 이용하는 차량으로 분류할 수 있다.
2. (        )(Magnetic Track Brake, MTB)는 이례 상황 발생 시 신속한 비상 정차를 위하여 레일 흡착 제동을 하는 방식을 말하며, 트랙 브레이크의 최대 감속도는 6.0km/h/s에 달한다.

## 11.4 노면전차 신호 시스템

### 학습목표

- 해외 노면전차 운영 환경에 대해 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 시계 운전과 시계 운전 규정을 설명할 수 있다.
- 해외 노면전차 신호 시스템의 종류와 현황을 설명할 수 있다.
- 국내 노면전차 신호 설비 구성을 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 우선 신호 체계를 이해하고 설명할 수 있다.

#### [핵심용어]

혼용 노선, 전용 노선, 배타적 전용 노선, 평면교차, 입체교차, 시계 운전, 신호 시스템, ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Stop), 고정식 우선 신호, 능동식 우선 신호, Early Green, Green Extension, Phase Insert

### 11.4.1 노면전차 운전 및 신호 시스템 현황

#### (1) 해외 노면전차 운영 환경

##### 1) 노면전차 운영 현황

해외 노면전차 노선은 하나의 노선에 현지 교통 상황과 도로 환경에 적합하도록 전용 노선을 기본으로 혼용 노선, 배타적 전용 노선이 함께 적용되어 있으며, 최근 구축되는 신규 노선들은 주로



[그림 11-20] 노면전차의 노선 방식

※ 자료 : "Tokyo Tram 8803" by Svetlov Artem CC BY 라이센스(배타적 전용노선)

전용 노선으로 구축되고 있는 추세이다.

[표 11-27] 노면전차 운영 형태 분류

구분	사양		운전속도(km/h)	신호 시스템
	교차로	주행로		
혼용 노선 (Integrated on-street tram ways)	평면교차 (우선 신호 가능)	도로 교통 혼용	40 이하	- 시계 운전 - 노면전차 전용 신호등
전용 노선 (Dedicated Right of Way)	평면교차 (우선 신호 가능)	도로 교통 분리	40 이하(주행로) 20 이하(교차로)	- 시계 운전 - 노면전차 전용 신호등
배타적 전용 노선 (Exclusive Right of Way)	평면교차 (차단기 설치) 또는 입체교차	도로 교통 분리	70 이상	- 시계 운전 - 노면전차 전용 신호등

※ 자료 : “무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서”, 2013, 국토교통부

## 2) 시계 운전 규정

해외 노면전차 운전은 전용 노선에서 운전자 책임하에 시계 운전(Drive on Sight)을 기본으로 하고 있다. 운전자는 육안으로 교차로 노면전차 신호 및 분기부 분기 신호를 준수하고, 전방 노면

Urban Tram	Interurban Tram	
Operations within the city boundaries (urban environment)	Operations from city to city (urban and regional environment)	
Short interstop spacing (400–850 m)	Longer interstop spacing (up to 2,000 m)	
Maximum speed of 70 km/h is sufficient	Speeds up to 80 or 100 km/h are required	
Line of sight operations	Block signalled (with simple ATP) in sections above 70 km/h according to BoStrab	

※ Ref. : Tram Concept for Skane(Sweden), 2012.

**§ 49 Traffic control**

(1) Trains may follow one another only at such an interval, that even in unfavourable circumstances, and especially where the train in front comes to a halt unexpectedly, the train can be stopped safely. This interval must:

1. be determined by the driver when driving on sight.
2. be enforced by the signalling (train safety) system in accordance with § 22.

(2) Driving on sight is not permitted for:

1. Trains in independent systems/see § 1 (2).
2. Trains in street running systems /see § 1 (2):

- a) on sections with a speed limit exceeding 70 km/h;
- b) in tunnels.

※ Ref. : 독일 Bostrab

Most LR systems, in particular those upgraded from long time existing tramway systems, operate "on sight", that is the driver of a train alone is responsible for maintaining a sufficient safe distance for adjusting his speed accordingly. *For this reason, the maximum permissible speed for this kind of operation is usually limited to about 70 km/h.* With regard to the comparatively short distances between the stops of LR systems in the city the maximum speed of 70 km/h appears to be very reasonable. It allows reducing the cost quite considerably for new LR systems or for tram routes to be upgraded. On outer sections with longer distances between stops a maximum of 80km/h with suitable precautions (e.g. a fenced segregated alignment)

※ Ref. : UITP Guidelines Selecting Planning LRS

[그림 11-21] 노면전차 시계 운전 제한속도 규정(독일 Bostrab 외)

※ 자료 : “무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서”, 2013, 국토교통부

전차와의 간격을 유지할 책임이 있다. 따라서 대다수의 상용 노면전차 차량에는 노면전차 간 안전 거리 확보 등의 도시철도에 필수적으로 설치되는 자동 방호 설비(ATP)가 별도로 갖추어져 있지 않다. 노면전차는 저속으로 운행되며 감속 성능이 도시철도보다 높기 때문에 자동차 운전과 같이 노면전차 운전자가 교통 환경 및 교차로 상황에 반응하여 충분히 운전이 가능하다.

독일 Bostrab(노면전차 운영 및 건설 규정)과 영국 ORR 규정에서는 터널이나 가시 확보가 어려운 구간을 제외하고는 노면전차가 최대 70[km/h]까지 운행할 수 있도록 규정하며 다른 유럽 국가들도 Bostrab을 준용하여 이를 적용하고 있다.

■ 상용감속도 : 1.3m/s<sup>2</sup>, 비상감속도 : 2.8m/s<sup>2</sup>

구분		최고속도(km/h)	상용감속도(m/s <sup>2</sup> )	비상감속도(m/s <sup>2</sup> )
알스톰	Citadis X 02	70	>1	>2.8
	Citadis X 03	80	>1	>2.8
안실도브레다	Sirio	80	1.3	2.8
	Sirio(Tram-Train)	100	1.3	2.8
봄바르디아	Flexity Outlook(북미용)	80	1.34	2.7
킨키샤로	ameriTram	80	1.3	2.3
지멘스	Avenue	80	1.2	2.8
	S70	88.5	1.34	2.25

※Ref. : Guideline of North American Application of Modern Streetcar Vehicles, 2011, 07

■ 제동거리(1.3m/s<sup>2</sup>, 비상감속도 : 2.8m/s<sup>2</sup>)

	10(km/h)	20(km/h)	30(km/h)	40(km/h)	50(km/h)	60(km/h)	70(km/h)
상용제동거리	3	12	27	48	74	107	145
비상제동거리	1.4	6	12	22	34	50	68

[그림 11-22] 해외 노면전차 감속도 성능 및 제동 거리

※ 자료 : “무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서”, 2013, 국토교통부

(2) 해외 노면전차 신호 시스템 현황

프랑스, 독일, 스페인, 아일랜드 등 대부분의 노면전차 상용 노선은 전용 노선으로 운영되어 있으며, ATP(Automatic Train Protection), ATS(Automatic Train Stop) 등의 열차 간 안전거리 간격 유지를 위한 철도 신호는 사용되지 않고 있다.

타 차량 및 보행자의 간섭이 많은 노면전차의 도로 주행 환경에서 시스템의 운전 개입은 운전자의

운전을 혼란스럽게 할 수 있으며, 시스템에 대한 과도한 신뢰에 의해 운전 부주의 등의 문제가 발생될 수도 있다.

따라서 운전자 책임 아래 시계 운전에 의한 신호 준수, 보행자 및 차량 충돌 회피를 위한 예측 운전이 가능하고, 전방 트랩에 대한 간격 유지도 시계 운전으로 가능하리라 판단되기 때문에 ATP 등의 철도 신호 적용에 대한 필요성은 대두되지 않고 있다.

[표 11-28] 해외 노면전차 신호 시스템 적용 사례

구분	노선	상용 운전 시기	노선 형태	ATP, ATS 적용 유무	운전 방식
프랑스	파리 T2	2012년	전용 노선	無	시계 운전
		2012년	배타적전용 노선	ATS 적용	신호 운전
	파리 T3a/T3b	2006년/2012년	전용 노선	無	시계 운전
	파리 T5	2013년	전용 노선	無	시계 운전
	파리 T7	2013년	전용 노선	無	시계 운전
	기타 월루즈, 니스 등	2006년~2010년	전용 노선	無	시계 운전
아일랜드	Luas 노선	2004년	전용 노선	無	시계 운전
스페인	마드리드	2007년	전용 노선	無 (1호선 지하 구간만 ATP 적용)	시계 운전
	바르셀로나	2007년	전용 노선	無	시계 운전
	사라고사	2013년	전용 노선	ATP에 의한 선로 제한속도 제한	시계 운전
독일	베를린 등	-	전용 노선	無	시계 운전

※ 자료 : "무가선 저상 트램 실용화 최종 보고서", 2013, 국토교통부

해외 노면전차 신호의 기본 원칙은 운전자가 노면전차 노선에 장애물이 있을 경우 멈출 수 있어야 하며, 항상 주변 상황을 고려하여 노면전차의 속도를 제어해야 한다. 또한 교통 법령 및 제한속도 등 의 주어진 지시에 따르며 신호등의 현시에 따라 운행한다.

여기에서 노면전차 신호 시스템은 교차로와 분기부에서 운전자 시계 내에서 안전 운전을 지원하는 시스템으로, 노면전차 도로 신호와 노면전차 철도 신호로 구분할 수 있다.

노면전차 도로 신호는 표정속도 보장을 위해 교차로 무정차 통과를 목표로 하며, 노면전차가 교차로 접근 시 도로 교통 제어기가 노면전차에 대하여 우선적으로 신호를 현시한다. 노면전차 철도 신

호는 분기부에서 관제 또는 운전자 요청에 의해 노면전차의 진로를 설정하거나 쇄정하여 상충된 진로 내 노면전차 간의 충돌을 방지한다.

### 11.4.2 노면전차 신호 설비 구성

#### (1) 도로교통 신호기 및 표지

##### 1) 일반 사항

노면전차 도로 교통 신호기 및 표지는 『노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙』에서 정한 신호기와 도로교통법에서 정하는 교통안전 표지, 교통신호기를 말하며, 하위 지침인 『교통안전표지/교통신호기/교통 노면 표시 설치 · 관리 매뉴얼』을 준용하여야 한다.

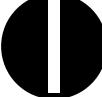
노면전차 전용 차로 및 전용 도로 설치 시 도로 구조 변경에 따른 운전자의 혼란 방지 및 주행성 · 안전성 확보를 위해 필요한 지점이나 구간에 교통안전 표지를 설치해야 한다. 노면전차 신호기-일반 신호기는 노면전차 선로 및 교차로 등에서 도로 및 노면전차 선로에서의 위험을 방지하고, 교통의 안전을 보장하고 통행 우선권을 노면전차에게 제공하도록 설치해야 한다. 교차로에 설치된 노면전차 우선 신호의 길이는 하나로 편성된 노면전차가 통과할 수 있도록 해야 한다.

##### 2) “노면전차 신호기-일반 신호기 및 분기부 신호기”시설 설계 지침

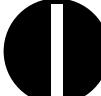
노면전차 전용 신호기는 노면전차가 운영되는 교차로, 단일로 횡단보도 등 기타 신호기가 필요한 곳에 설치되며, 신호기는 노면전차 운행 방향 우측에 지주등 종형으로 교차로 정지선 부근 또는 인접한 곳에 설치한다. 차량 신호등, 보행 신호등 등과 동일 지주에 설치할 수 있으나 가급적 별도의 지주에 설치하는 것을 권장한다.

황색 T자형 등은 노면전차의 우선 신호 정보를 제공하며, 우선 신호 요청 및 도로 교통에서 접수되어 우선 신호처리 정보를 제공한다. 설치 위치는 통과하는 교차로의 전방에 설치되며, 현장 여건에 따라 위치 변경은 가능하다. 단, 운전자가 쉽게 볼 수 있는 위치에 설치한다. 노면전차 신호등의 경우 시인성과 안전성을 고려하여 신호등의 높이를 3.5m~4m 이하로 설치하여야 한다. 선로 분기부에는 노면전차 진행 방향을 안내하는 분기부 신호기를 설치할 수 있다.

[표 11-29] 노면전차 신호의 종류, 명칭 및 의미

종류	명칭	의미
	황색 T자형	① 점등 : 진행신호(백색 세로·사선) 예고 ② 점멸 : 진행신호 임박 예고
	백색 가로 막대형	① 점등 : 정지신호 ② 점멸 : 정지선·횡단보도에 일시 정지한 후 다른 교통 또는 안전표지에 주의하며 진행
	백색 점형	① 점등 : 정지신호(백색 가로 막대형) 예고 ② 점멸 : 다른 교통 또는 안전표지에 주의
	백색 세로 막대형	노면전차 진행 신호
	백색 사선 막대형	기울어진 방향으로 좌·우회전 진행 신호

[표 11-30] 노면전차 신호기(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 별표1)

일반 신호기					
모양	설명	의미	모양	설명	의미
	수평의 흰색 막대형 조명등	정지		왼쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	좌측 진행
	수직의 흰색 막대형 조명등	진행		초점형 흰색 막대형 조명등	정지 예고
	오른쪽으로 기운 흰색 막대형 조명등	우측 진행		노란색 T자형 조명등	출발 예고

[표 11-31] 노면전차 신호 표지(노면전차 건설 및 운전 등에 관한 규칙 별표1)

속도제한 표시기					
모양	설명	의미	모양	설명	의미
30	다이아몬드 모양 흰색 바탕에 검은색 숫자	속도제한	30	최고 속도제한 표지 내 붉은색 사선	속도제한 해제
서행 신호 표지					
모양	설명	의미	모양	설명	의미
■■■	삼각형 흰색 바탕에 검은색 삼각형	서행 운행 예고	○	흰색 바탕에 황색 원형	서행 운행
○	흰색 바탕에 초록색 원형	서행 운행 해제			

[표 11-32] 신호등의 종류, 만드는 방식 및 설치 기준(도로교통법 시행규칙 제7조 제1항 관련)

구분	종류	만드는 방식(단위 : 밀리미터)	설치 기준
노면전차 신호등	종형 육구등	<p>1420</p> <p>1066</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 노면전차 전용 도로, 전용 차로에 설치한다.</li> </ul>

### 11.4.3 우선 신호체계

중량 전철과 달리 타 교통수단과 동일 진로상에서 운행하는 노면전차의 특성상 자가용이나 버스에 비해 우선적으로 통행해야 할 필요성이 있다. 이에 따라 우선 신호 체계를 도입하였다. 가장 널리 쓰이는 우선 신호 방식은 고정식과 능동식이 있다.

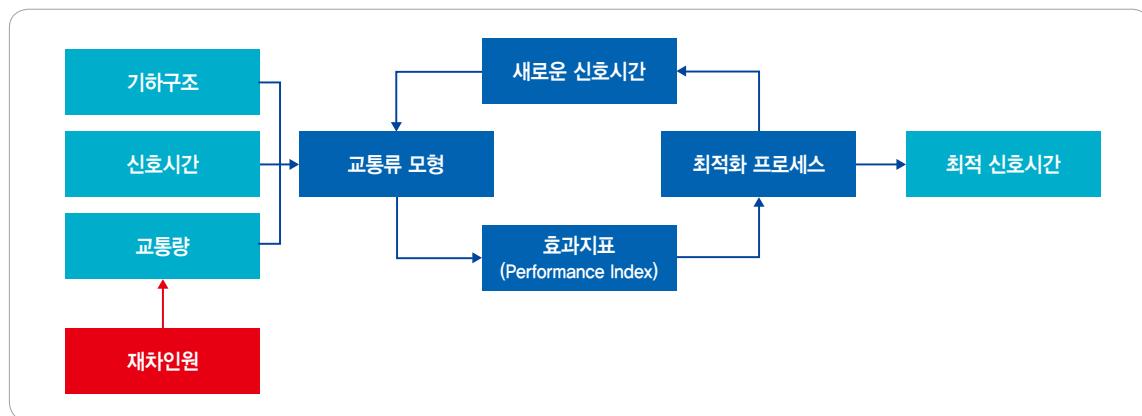
#### (1) 고정식 우선 신호

고정식 대중교통 우선 신호는 능동식 및 실시간 신호 제어와 결합한 형태의 우선 신호에서 요구하는 하드웨어 및 소프트웨어는 필요하지 않으며, 대중교통 검지 여부에 관계없이 운영된다. 고정식 우선 신호는 버스 교통량이 많고, 일반 교통량이 적은 상황, 교차로 간 간격이 짧고 승객 수요가 고정적일 때 우수한 효과가 예상된다. 고정식 우선 신호 방식에는 3가지 방식이 있다.

##### 1) 사람당 지체 및 통과 인원수를 이용해 우선 현시에 가중치를 부여하는 방식

대중교통의 우선 처리를 위해서는 재차 인원을 고려해 차량의 지체가 아닌 사람당 지체를 최적화 과정에서 적용할 수 있다. 이때 지체와 더불어 차량의 통과교통량에 해당하는 통과 인원수를 최대화하는 등 대중교통의 특성을 반영한 신호 최적화가 가능하다.

Skabardonis와 Al-Mudhaffar는 지체와 정지 수 최소화를 목표로 하는 신호 최적화 도구인 TRANSYT-7F를 이용하여, 버스의 서비스 특성에 기반한 신호 최적화 결과를 도출한 바 있다. TRANSYT 모형의 목적함수는 지체와 정지 횟수를 기준으로 하며, 각각의 가중치를 고려하기 위



[그림 11-23] 재차 인원 기반의 고정식 우선 신호 방법 Diagram

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

한 W 및 KW를 적용할 수 있다. 이때 버스 이동류(移動流)를 제어하는 현시에 대해 평균 재차 인원을 고려한 가중치를 적용하는 방식을 사용하였다.

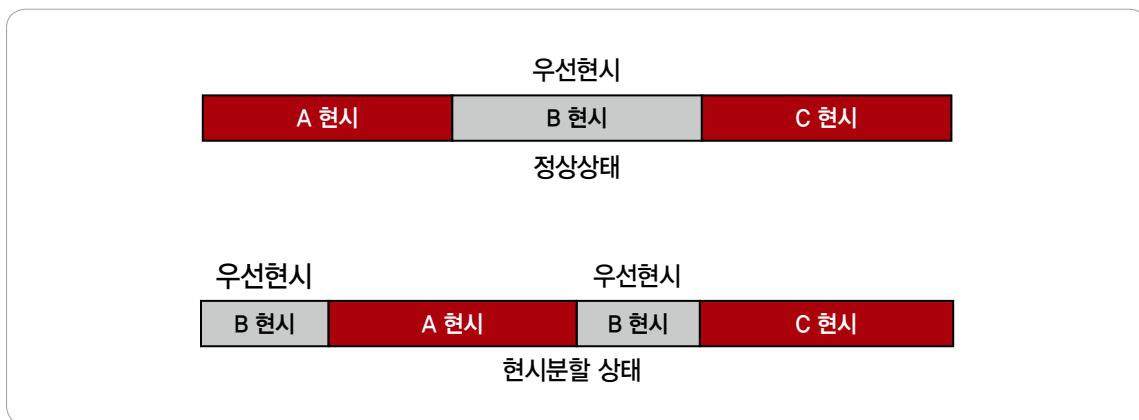
이러한 방식의 신호 시간 최적화 분석 결과 버스의 지체는 감소하나 일반 승용차의 지체는 증가하는 것을 관찰하였으며, 버스의 평균 재차 인원이 증가함에 따라 지체의 변동 폭 또는 민감도 또한 증가함을 확인하였다. 사람당 지체를 이용하는 또 다른 형태로 Kejun와 Ma는 차량 대수를 기준으로 하는 전통적인 신호 시간 산정 방식을 개선하여, 버스의 승객 수를 기준으로 하는 신호 시간 산정 방식을 제시하였다.

일반 차량 및 버스의 지체에 재차 인원 가중 평균을 산출하여 버스의 우선 처리를 위한 현시를 산정하였으며, 이를 능동식 우선 신호의 Early Green과 유사한 방식인 Pre-signal과 함께 분석하였다. 분석 결과 사람당 지체를 이용한 방식은 일반 차량당 지체를 이용한 방식 대비 주기 길이 변화에 둔감한 특성을 나타내었으며, 사람당 지체 감소+ 효과를 명확히 확인하였다.

이때 교통 수요에 따라 일시적으로 증가된 녹색 시간을 제공하는 방법인 Pre-Signal과 동시에 운영함으로써 더욱 우수한 버스의 지체 감소 효과를 확인하였다. 이와 같이 버스의 승객 수를 기준으로 재차 인원이 많은 대중교통 차량을 우선 처리하기 위한 기법으로 사람당 지체를 고려할 수 있다.

## 2) 대중교통을 위해 신호 시간을 조정하는 방식

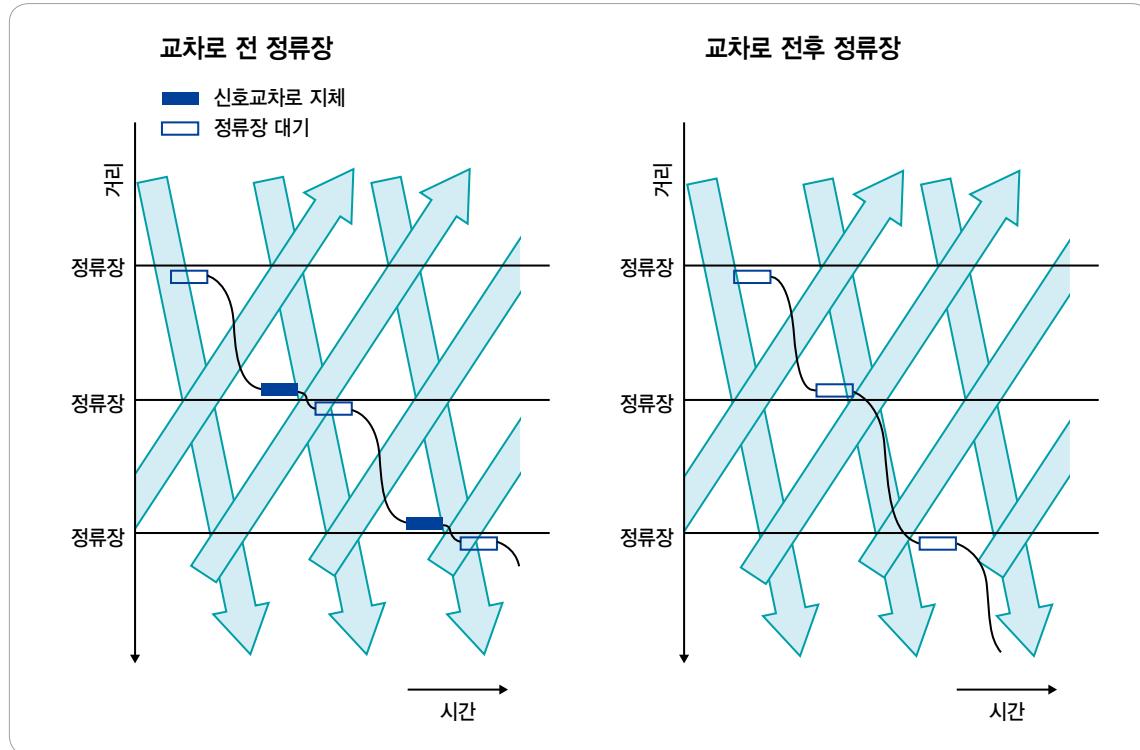
이 방식에는 주기 길이의 조정, 현시의 분할, 현시 길이의 확대, 일반 차량의 미터링 기법이 있다.



[그림 11-24] 현시 분할 기반의 고정식 우선 신호 방법 Diagram

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

### 3) 정류장 정차 시간을 고려한 대중교통을 연동 대상으로 적용하는 방식



[그림 11-25] 교차로 위치 조정 방식의 고정식 우선 신호

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

전통적인 신호 시간 계획에서 연동은 일반 차량만을 대상으로 이뤄져 왔다. 대중교통은 일반적으로 정류장 정차 시간으로 인해 승용차 중심의 연동 서비스에 포함되기 어려우며, 교차로와 정류장의 위치 등에 따라 우선 신호를 적용할 수 있다. 대중교통의 연동을 위해 신호 최적화 도구를 이용한 연구로서 Romeu는 버스의 연동을 위해 버스의 교차로 도착 확률 분포를 적용한 시뮬레이션 모형을 구축하였으며, 정규 분포를 가지는 정류장 정차 시간을 적용하여 버스 중심의 연동 계획을 수립할 수 있도록 하였다.

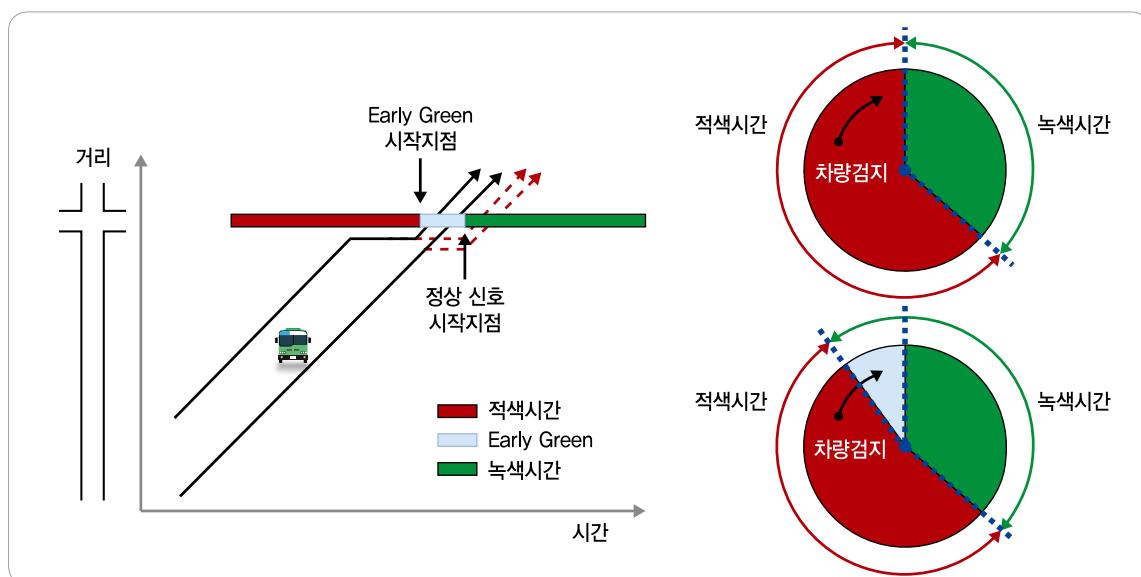
고정식 우선 신호 전략의 유형을 사람당 지체를 이용한 신호 시간 계획 기법, 대중교통 현시의 조정 기법, 대중교통의 연동 처리 기법으로 구분하여 고찰하였으며, 이들은 모두 대중교통의 지체를 최소화하기 위해 녹색 시간 동안 교차로의 통행권을 확보할 수 있도록 가능성을 증진시키는 방법들에 해당한다.

## (2) 능동식 우선 신호

능동식 우선 신호는 검지 체계와 우선 현시 요청 Process를 이용하여 특정 차량에 한해 우선 현시를 제동하는 방법에 해당한다. 이는 실시간 위치 정보를 이용하여 대중교통이 교차로에서 최소한의 지체 시간을 보내기 위해 신호 시간을 조정하는 방법을 적용한다. 능동식 우선 신호 기법에는 Early Green, Green Extension, Phase Insert 기법이 가장 널리 적용되고 있다.

### 1) Early Green 기법

Early Green 기법은 대중교통이 교차로의 적색 신호에 도착하였을 경우, 비(非)우선 현시를 이용해 우선 현시를 정상 상태보다 일찍 시작하는 방법이다. 즉, 우선 신호 적용 대상 대중교통에 한해 기준이 된 적색 신호 시간을 줄이고, 녹색 시간을 기준 시간보다 일찍 적용하여 지체 시간을 줄여 주는 것을 말한다. 이 기법에서 우선 현시를 제공받는 대중교통 차량은 적색 시간이 감소한 길이와 동일한 크기로 통행 시간 및 지체가 감소하게 된다.



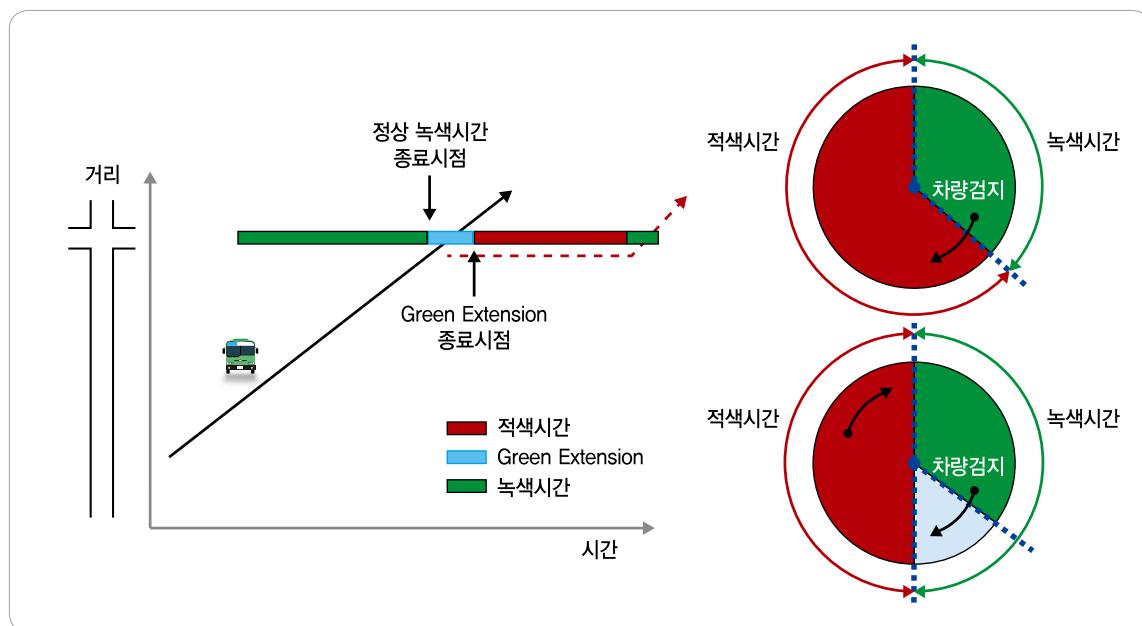
[그림 11-26] Early Green 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05. 도로교통공단 교통과학연구원

### 2) Green Extension 기법

Green Extension 전략은 대중교통이 해당 녹색 신호 시간 동안 교차로로 접근해 오고 있으나, 기준 녹색 신호 현시 시간 동안 통과가 불가능한 경우에 시행한다. 즉, 녹색 신호 시간이 끝나기

얼마 남지 않은 시점에서 우선 신호 적용 대상 대중교통이 교차로에 접근한 경우, 녹색 신호의 우선 혼시를 연장하여 지체 없이 교차로를 통과할 수 있도록 한 기법이다. 만약 Green Extension 기법이 적용되지 않으면, 해당 대중교통은 적색 신호 시간 대부분에 해당하는 지체가 발생하게 된다. Green Extension 기법은 Early Green 기법 대비 지체 감소 효과가 우수하나, 발생 가능 시간대가 Early Green을 위한 차량 검지 시간대 대비 짧아서 발생 빈도는 Early Green이 상대적으로 높다.

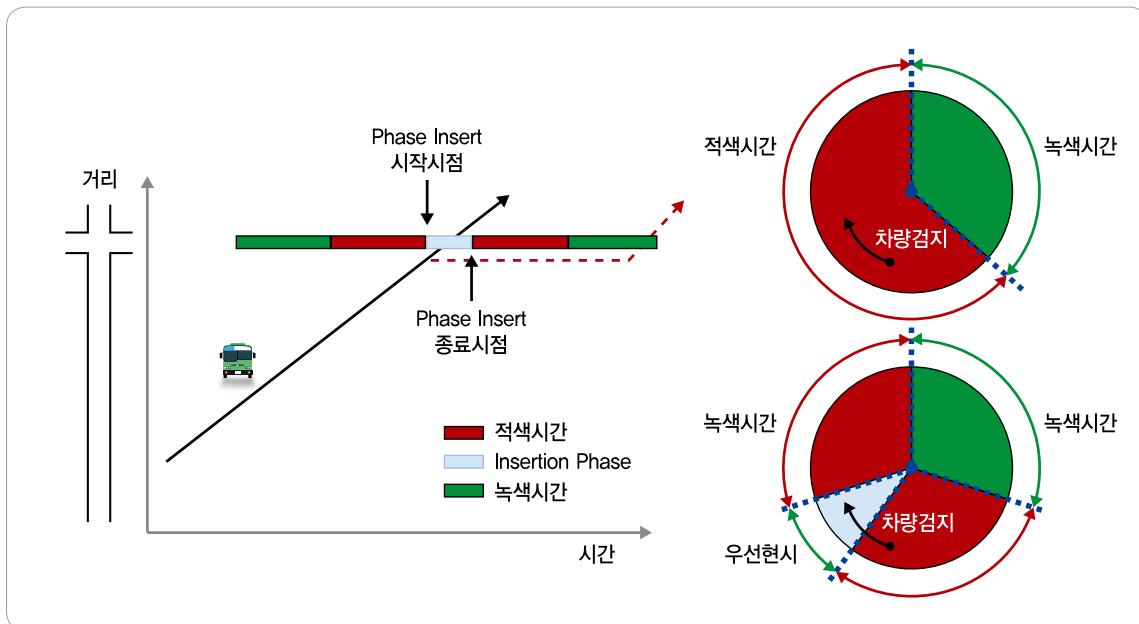


[그림 11-27] Green Extension 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

### 3) Phase Insert 기법

Phase Insert 기법은 대중교통이 교차로 도착 시간에 삽입하는 방식을 말한다. 즉, 적색 시간 도중 우선 신호 대상 대중교통이 교차로에 도착한 경우, 적색 시간 중 한시적으로 대중교통 1~2 대만이 통과가 가능하도록 짧은 시간만을 제공하는 것이다. 이 기법은 일반 차량에 미치는 영향을 가장 최소화할 수 있는 방법이며, 일반적으로 비우선 혼시의 강제 종료를 이용하는 대중교통 우대 신호 전략에 해당한다.



[그림 11-28] Phase Insert 기법의 우선 신호 전략도

※ 자료 : “트램 우선 신호 운영 기술 개발” 정영제, 2017.05, 도로교통공단 교통과학연구원

### 핵심정리

&gt;&gt;&gt;

1. 최근 구축되는 해외 트램 노선은 하나의 노선에 현지 교통 상황과 도로 환경에 적합하도록 전용 노선으로 구축되고 있는 추세이다.
2. 해외 노면전차는 주로 전용 노선에서 운전자 책임하에 ( )으로 운행된다.
3. 노면전차의 정시성 확보를 위해 사용되는 능동식 우선 신호 기법에는 ( ), ( ), ( )가 가장 널리 적용되고 있다.

## 11.5 노면전차 기타 장치

### 학습목표

- 노면전차 TCMS(열차 종합 제어장치)를 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 ICCP(종합 방송 제어장치)를 이해하고 설명할 수 있다.
- 노면전차 출입문 장치의 종류를 이해하고 특징 및 기능을 설명할 수 있다.

#### [핵심용어]

TCMS(열차 종합 제어장치), ICCP(종합 방송 제어장치), 출입문 장치

### 11.5.1 TCMS(열차 종합 제어장치)

열차 종합 제어장치(TCMS)는 차량의 상태 및 고장을 감시하여 운전자 화면에 현시 및 기록하며 차량의 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.

#### (1) TCMS의 주요 기능

##### 1) 차량의 주요 기능 제어

- ATC/ATO/TWC 신호 기기를 직접 제어해 신호를 수신하고 판단하여 추진 제어 기기에 역행/제동 지령을 전송할 수 있으며, 이를 운전 사용 모니터와 신호 기기에 현시하는 기능
- 팬더그래프, VVVF, 보조 전원 장치, 차단기, CM, 축전지, 제동장치 등 각종 전기기기를 실시간으로 감시, 제어하여 모니터에 현시하며, 고장 시 자동으로 기기를 차단 및 백업을 실시하며, 이를 검수용 메모리 장치에 기록하는 기능
- 출입문, 형광등, 방송 장치, 냉난방 기기 등 각종 서비스 기기를 실시간으로 감시, 제어하고 모니터에 현시하며, 고장 시 해당 기기를 자동으로 차단 및 백업하며 이를 검수용 메모리 장치에 기록하는 기능

##### 2) 자동 점검 및 운행 기록

- 차량의 출고 시 기동 및 출고 점검을 자동으로 실시해 결과를 모니터에 현시하고, 검수용 메모리에 기록하며 일상 점검, 월상 점검 등 검수원의 지시하에 자동으로 실시 가능
- 차량의 운행 내용, 속도, 승차율, 주행거리, 사고 기록 등을 자동으로 검수용 메모리 장치에 기록

- 차량의 시운전 시 시운전 정보 수집용 컴퓨터를 연결해 열차의 성능, 시운전 정보 등을 기록 가능

## (2) TCMS 시스템 구성

TCMS는 CCU(Central Control Unit), MVB\_IO(Multi-function Vehicle Input Output), DU(Display Unit)으로 구성되어 있다.

양쪽 운전실에 CCU가 장착되어 있으며, 한쪽의 CCU에 문제가 발생 시, 다른 쪽 운전실의 CCU에서 제어권을 가지는 이중구조로 구성되어 있으며, Network 역시 이중으로 구성되어 있어, 한쪽의 Network가 고장일지라도 다른 쪽에서 정보 전송이 지속적으로 이루어지도록 되어 있다.

### 1) CCU(Central Control Unit) 제원

[표 11-33] CCU(Central Control Unit) 제원

구분	사양	비고
CPU	MPC 860 (32bit)	
Flash Memory	32Mbyte (flash type)	
RAM	32Mbyte (SDRAM)	
주위 온도	-25°C~70°C	
입력 전원	DC 24V	
Digital Input	40Ch	
Digital Output	16Ch	
MVB	2Ch	
RS-485	4Ch	

### 2) MVB\_IO(Multi-function Vehicle Bus Input Output) 제원

[표 11-34] MVB\_IO(Multi-function Vehicle Bus Input Output) 제원

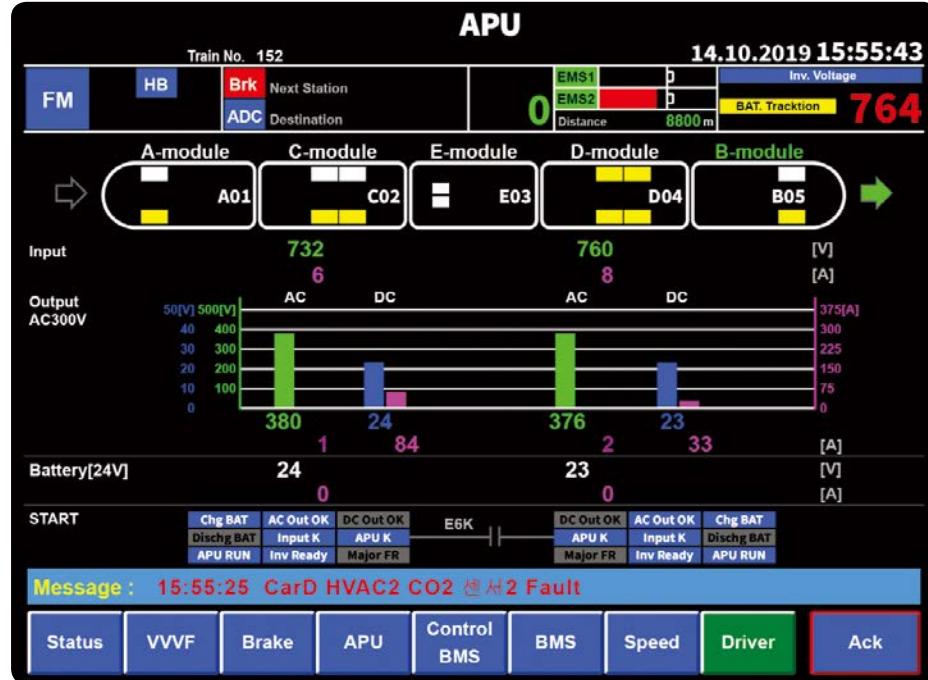
구분	사양	비고
입력 전원	DC 24V	
출력 전원	5V, 15A	
주위 온도	-25°C ~ 70°C	
입력	DI - 20Ch / DO - 4Ch	
	AI - 3Ch (0~10Vdc)	
MVB	2Ch	
RS-485	1Ch	

### 3) DU(Display Unit) 제원

[표 11-35] DU(Display Unit) 제원

구분	사양	비고
입력 전원	DC 24V	
형식	10.4Inch, TFT-LCD Color Display Touch-Screen	
해상도	800*600Pixel	
Supporting Color	High Color, 18Bit(262,144 Colors)	
밝기	400cd/m <sup>2</sup>	
CPU	650MHz 이상, 32bit Pentium M	
주 메모리	512MByte SRAM 이상	
HDD	2MByte, Compact flash	
동작 온도	-25°C~70°C	

### 4) 노면전차 TCMS 예시 화면



[그림 11-29] APU TCMS

## 11.5.2 ICCP(종합 방송 제어장치)

노면전차의 종합 방송 제어장치 ICCP는 차상에 설치되는 Network를 통해 차상 방송 장치, 승객 안내 표시 장치, 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치의 기능 중 운전자 혹은 유지 보수자가 설정하는 기능의 내용을 제공하는 장치이다. 또한 안내 방송 제어부와 연동하여 운전 마이크 조립체를 통한 수동 방송하는 기능과 자동 방송을 수정 및 제어하는 기능이 있으며, 안내 표시 제어부와 연동하여 LCD 승객 행선 표시기, LED 행선 표시기 등을 수동으로 설정하는 제어 기능이 있다.

### (1) ICCP 구성

#### 1) 안내 방송 제어부(PACU)

- TCMS의 운전 정보에 따라 승객에게 안내 방송을 자동으로 하며, 자동 방송, 수동 방송, 비상 인터폰 등 음성별로 방송 우선순위를 정하여 방송하는 기능을 한다.
- 기본적으로 TCMS로부터 전송된 운전 정보를 승객 안내 표시 장치와 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치에 전달할 수 있다.

#### 2) 운전실 방송 증폭부(DAU)

- 전/후방 운전실에 안내 방송이 가능하도록 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭하여 운전실에 설치된 운전실 스피커(DSP)에 전달한다.

#### 3) 객실 방송 증폭부(SAU)

- 각 차량 객실에 안내 방송이 가능하도록 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭하여 각 차량 객실에 설치된 객실 스피커(SSP)에 전달한다.

#### 4) 차 외 방송 증폭부(EAU)

- 승강장에 있는 승객에게 안내 방송을 위해 안내 방송 제어부로부터 온 Audio 신호를 증폭해 차량 외부에 설치된 차 외 스피커(ESP)에 전달한다.

#### 5) 운전 차량 장비 RACK

- 운전 차량 장비 RACK은 승객 안내 LCD, 전면 행선 LED, 승객 안내 LED를 통해 행선지, 역 정보 및 주변 정보, 그리고 공공 정보를 표출하도록 제어하는 PID CU와 실내부 카메라,

차 외 측면 카메라, 차내 전면 카메라에 전송된 영상 화면을 저장하고 ICCP에 운전자의 조작에 따라 현시하도록 제어하는 CCTV CU로 구성

#### 6) 운전 차량 객실 장비 RACK

- 운전실에 설치되는 장비 RACK으로 운전 차량 객실 장비 RACK은 PU, EAU, SHU가 기본으로 구성되며 PACU, DAU, SAU 장착되는 장비 RACK이다.

#### 7) 객실 차량 장비 RACK

- 객실에 설치되는 장비 RACK으로 PU, PACU, SAU, SHU 유닛으로 이루어진다.

#### 8) 안내 표시 제어부(PIDS CU)

- 안내 방송 제어부와 연동하여 승객 안내 LCD, 전면 행선 LED, 승객 안내 LED를 통해 행선지, 역 정보 및 주변 정보, 공공 정보를 표출하도록 제어하는 장치

##### ① 승객 안내 LCD

E Module 차량에 설치되며, 주변 역 정보, 공익광고 및 홍보, 노선 안내도 등을 승객에게 표시

##### ② 전면 행선 LED

A 및 B 차량 전면에 설치되며, 행선지 정보를 차량 진입 시 외부 승객에게 제공

##### ③ 승객 안내 LED

각 객실 차량에 설치되어 내부 승객에게 행선지 정보를 제공

#### 9) 실내/외 감시 카메라/현시 장치

- 객실 내부 및 외부에 카메라를 설치하여 기관사가 승객들의 상황과 승하차 시 안전 확보를 위해 기관실에 설치된 모니터를 통해 감시

##### ① 감시 카메라 제어부(CCTV CU)

객실 내부 카메라, 차 외 측면 카메라, 차내 전면 카메라에 전송된 영상 화면을 저장하고, 통합 통신 제어반(ICCP)에 운전자의 조작에 따라 현시하도록 제어하는 기능을 한다.

##### ② 객실 내부 카메라(SI CAM)

운전원이 객실 내부에 있는 승객들의 상황을 감시하여 예기치 못하는 상황에 대해서 대응할 수 있도록 한다.

##### ③ 차 외 측면 카메라(ES CAM)

트램이 정차하고 있을 때 출입구를 통해 승객이 승하차하는 상황을 감시하도록 하는 장치

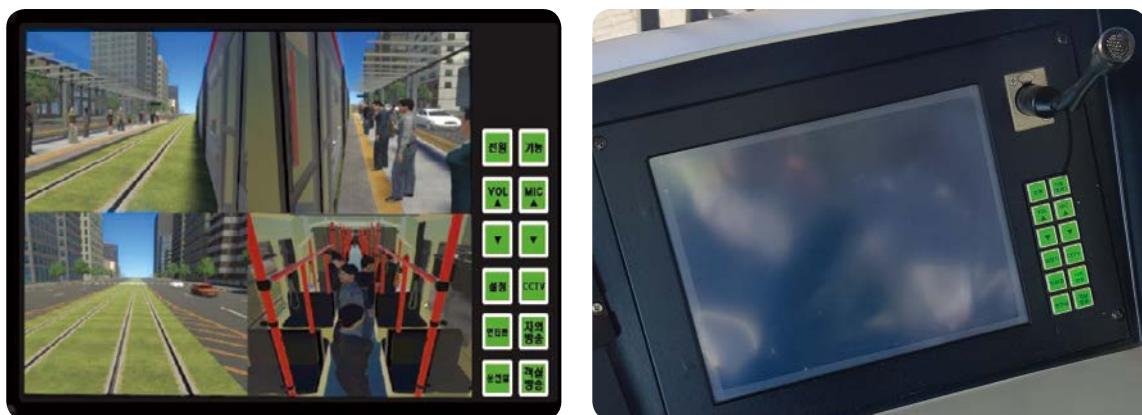
④ 차내 전면 카메라(IF CAM)

저상 트램의 전면에 설치되어 운전원이 트램 진행 시 트램 전면 상황을 감시하여 예기치 못하는 상황을 인식하도록 한다.

(2) ICCP 구성 장치의 제원

[표 11-36] ICCP 구성 장치의 제원

구분	사양	비고
LCD 크기	10.1inch (Touch Screen)	
해상도	1024*768	
Port	Video Input (VGA) / DATA 입출력 (D-SUB)	
스위치	조광식 LED 스위치	
MIC	콘덴서 타입	
Power	DC 24V	



[그림 11-30] 오송 시험선 ICCP 장치

### 11.5.3 출입문 장치

현재까지 일반적으로 철도 차량에서 사용해왔던 출입문 방식은 압축공기를 이용해 Door Engine에 공기 밸브를 통해 공급하여 급기/배기 작용을 통해 출입문 개문/폐문 취급을 하였다. 그러나 최근에는 압축공기 이용 방식의 공기식 출입문 장치는 사라지고, 전자식으로 변화해가는 추세이다. 현



재 시험선에서 운영 중인 하이브리드 방식 저상 트램 역시 전자식 출입문 장치를 도입하였다.

### (1) 출입문 장치의 구분

저상 트램의 설치된 출입문 장치는 크게 운전실 쪽 차량에 취부 된 Single Riff Type 출입문과 일 반 객실 차량에 취부 된 Double Riff Type으로 구분할 수 있다.

#### 1) Single Riff Type 출입문

Single Riff Type 출입문 장치는 출입문을 조작하는 Door Engine, Door Panel, DCU(Door Contol Unit)으로 구성되어 있다. DCU에는 DCU Master, DCU Slave로 구분하여 해당 출입문 Door Engine 고장으로 인한 개폐가 불가능한 경우, 다른 쪽의 DCU가 By-Pass 회로를 통해 해당 출입문의 Door Engine을 거치지 않고 출입문 개폐가 가능하도록 하였다.



[그림 11-31] 오송 시험선 Single Riff Type 출입문 장치

##### ① Single Riff Door Engine

- 도어 형식 : Plug-in Sliding
- 구동 방식 : Screw-nut
- 구동 모터 : DC 18V Motor
- 잠금장치 : 전자 브레이크
- 해제 장치 : 레버 및 링크 구조
- 제어 폭 : 2,117.5mm(H)\*920.0mm(W)

##### ② Single Riff DCU(Door Control Unit)

- 작동 전압 : DC 24V
- Controller : 50MHz 32bit
- 입출력 제어 방식 : Digital
- Motor 제어 : PWM 방식

## 2) Double Riff Type 출입문

Double Riff Type 출입문 장치 역시 구성은 Single Riff Type과 동일하게 Door Engine, Door Panel, DCU로 구성되어 있으며, Single Riff와 Double Riff 출입문 모두 하단에 장애우 승차용 발판을 설치하여 승차 편의성을 높였다.

### ① Double Riff Door Engine

- 도어 형식 : Plug-in Sliding
- 구동 방식 : Screw-nut
- 구동 모터 : DC 18V Motor
- 잠금장치 : 전자브레이크
- 해제 장치 : 레버 및 링크 구조
- 제어 폭 : 2,117.5mm(H)\*1,300mm(W)



[그림 11-32] 오송 시험선 Double Riff Type 출입문 장치

### ② Double Riff DCU(Door Control Unit)

- 작동 전압 : DC 24V
- Controller : 50MHz 32bit
- 입출력 제어 : Digital
- Motor 제어 : PWM 방식

## (2) DCU(Door Control Unit)의 기능

### 1) 비상 핸들 작동

행 중 비상 상황 발생 시 기관사 또는 승무원이 출입문 취급을 할 수 없는 경우, 혹은 임의로 승객이 출입문을 취급하고자 할 때 각 출입문에 비상 핸들 조작으로 출입문을 열 수 있는 기능

### 2) Isolation S/W

출입문의 비정상적인 동작이나 고장으로 인해 출입문 개폐가 불가능한 경우나 차량과 출입문 간 신호 이상으로 인한 고장 발생 시, 출입문 신호의 By-Pass를 위해 DCU의 Isolation Switch를

취급하면 해당 출입문에 고장 신호가 있으나 신호를 다음 DCU로 넘겨 고장 출입문을 제외한 모든 출입문은 정상 동작하도록 하는 기능

### 3) 고장 메시지 출력 기능

차량 운행 시 발생하는 모든 고장을 실시간으로 TCMS와 DCU 간의 통신을 통해 TCMS로 전송하며, 고장 시 DCU 7 Segment를 통해 코드화 된 메시지로 출력하여 손쉽고 빠른 조치가 이루어질 수 있도록 하였다. 또한 TCMS 화면상에 고장 메시지를 현시함으로써 기관사가 고장을 판단할 수 있도록 하는 기능

#### ▣ 핵심정리

&gt;&gt;&gt;

1. ( ) (TCMS)는 차량의 상태 및 고장을 감시하여 운전자 화면에 현시 및 기록하며, 원활한 운행을 위해 서비스 및 전기장치의 제어를 담당한다.
2. ( ) (ICCP)는 노면전차에 설치되는 Network를 통해 차상 방송 장치, 승객 안내 표 시 장치, 실내/외 감시 카메라 및 현시 장치의 기능 중 운전자 혹은 유지 보수자가 설정하는 기능의 내용을 제공하는 장치이다.
3. 노면전차의 출입문 장치는 개폐 방식에 따라 ( )과 ( )으로 구분되고, 출입문의 형태에 따라 Single Riff Type과 Double Riff Type으로 구분할 수 있다.