

## 경량전철(Light rail transit)의 이해-II



이안호\*



이덕영\*\*



조용석\*\*\*



권순섭\*\*\*\*

### 3. 모노레일(Mono-rail)

#### (1) 모노레일의 정의

1개의 주행로(궤도형)위에 차량이 과좌 또는 현수(懸垂)하여 주행하는 교통기관으로 고무바퀴가 보이지 않는다.

과좌형 모노레일(Straddle type) : 궤도형위에 걸터앉아서 주행하는 방식

현수형 모노레일(Suspended type) : 궤도형을 달리는 대차로부터 차체가 매달리는 방식으로 지상구간의 설정이 불가능하다. (지상구간 설정이 불가능하다)

#### (2) 모노레일의 특징

① 구조물이 직접 궤도가 되므로 정교한 시공이 요망된다.

모노레일의 구조물은 간단하나 직접 차량이 운행되므로 표면이 정교하고 선 형과 정교하게 부합되는 구조물이 되어야 한다. 따라서 정교한 제작 및 가설이 되어야 한다.

② 방음벽과 차광막 설치가 불가하다.

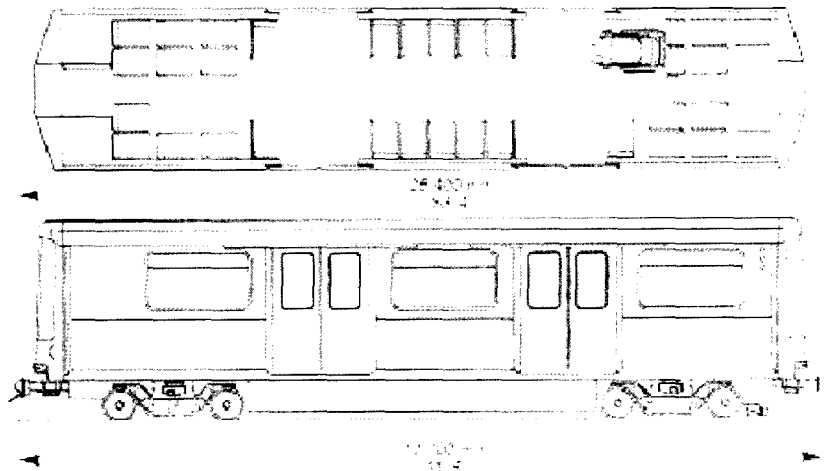
모노레일의 구조여건상 방음벽과 차광막 설치가 불가하다. 만약 차광막이 필요시는 차량자체에서 필요구간 통과시 차광시스템이 작동되어야한다.

③ 대피선 배치가 곤란하다.

모노레일은 고가구조물을 원칙으로 하므로 대피

#### ■주■

- 1) \* 정회원 한국철도기술연구원/도시철도기술개발사업단/선임연구원/공학박사/기술사
- \*\* 정회원 (주) 유신코퍼레이션/철도부/기술사
- \*\*\* 정회원 (주) 유신코퍼레이션/철도구조부/기술사
- \*\*\*\* 정회원 삼성물산주식회사/건설부문/기술사



## Project Schedule

### Contract Award

June 1981

### Start Site Work

May 1982

### First Vehicle Order (200-000 units cost)

first vehicle delivery: July 1982 (pre-built depot)

vehicle delivery: August 1984 to February 1986

in service: January 1986

## System Ridership

### Average Weekly Ridership

133 000 passengers

### Annual Ridership ('97-'98)

41 250 000

### Annual Fleet Mileage ('97-'98)

24 501 216 km / 15 225 054 mi.)

## Major Subsystems

### Vehicle

Advanced Rapid Transit (ART) MK I

### Signalling

moving block, 2 mode of operation

- automatic train operation (ATO)

- emergency manual

### Power Supply & Distribution

600 Vdc; fourth rail

### Tramway Power Substations

17

### Communications

station displays, full TA system, pushbutton and fixed CCTV camera, emergency telephones

## System Description

### System Type

Automated Rapid Transit System

### System Length

21.9 km / 13.6 mi.

### Number of Lines

1, double-tracked

### Vehicle Fleet

130 ART MK I

### Train Control

fully automated, driverless

### Passenger Capacity

25 000 ppl/hrd (passengers per hour per direction)

### Maximum Grade

6.25%

### Average Line Speed

41 km/h / 25.5 mph

### Length Underground Tunnel

2.3 km / 1.4 mi.

### Length At-grade

3.1 km / 1.9 mi.

### Length Elevated

23.5 km / 14.6 mi.

### Operations Staff

27 control room (4 per shift plus supervisor)

### Maintenance Staff

149 (74 vehicle + 64 wayide + 11 tech. support)

### Finance and Administration Staff

39

### Field Staff

117 + 4 operations support

### Fare Collection

off-board, self-service/print of purchase, automatic ticket machines in every station

### Intermodal Connections

bus, trolley bus, commuter rail, seobon (ferry)

### Special Features

world's longest transit-only cable-stayed bridge across the Fraser River - length 0.6 km / 0.4 mi.

## Fixed Facilities

### Guideway

-underground: existing railroad tunnel, double stacked

-at-grade: continuous concrete slab

-elevated: single columns, dual trapezoidal, prestressed concrete box girders

### Steel Reinforced Guideway Width (typical)

6 040 mm / 22' 5-1/4" (with centre walkway)

### Maximum Elevated Guideway Span

30 m / 98' 5" (nominal)

### Track Gauge

1 435 mm / 4' 8-1/2"

### Rail Type

standard railway, continuously-welded

57 kg/m / 115 lb/yd.

### Track Fastening

direct fixation with spring clip and elastomeric pad

### Number of Stations

28 total

(2 underground + 4 at-grade + 14 elevated)

### Average Station Spacing

1.47 km / 0.91 mi.

### Platform Leveling

high level

### Platform Length

80 m / 262'

### Station Features

open, clock/calendar, and stair access,

guideway intrusion alarm system,

CCTV system

### Station Accessibility

station elevators, ramps

### Maintenance Building Area

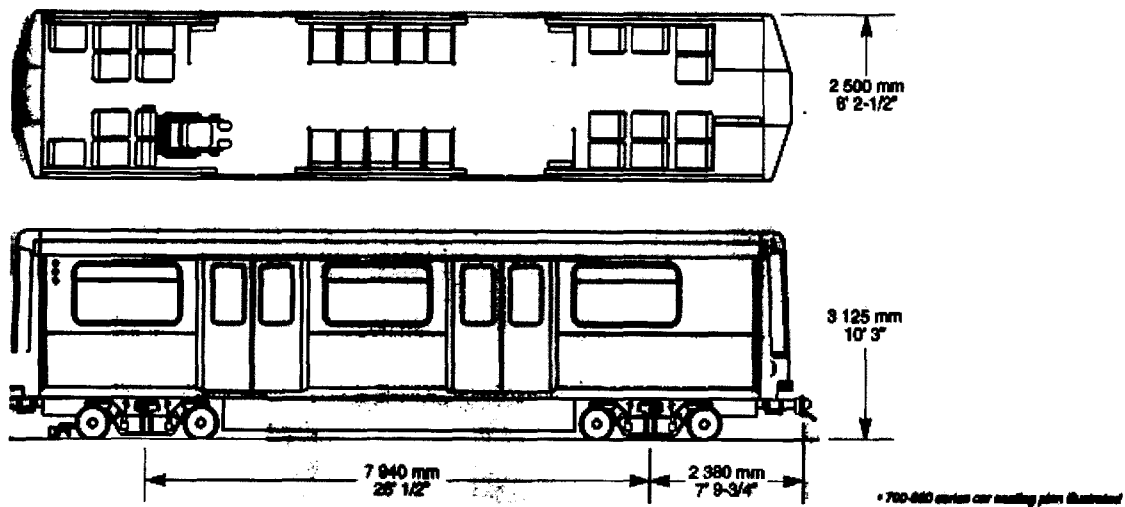
10 442 m<sup>2</sup> / 112 308 ft<sup>2</sup>

### Yard Operation

fully automatic driverless storage & coupling

### Yard Storage Capacity

250 vehicles



## Vehicle Data

**Type of Vehicle**  
Advanced Rapid Transit MK I

**Train Consist**  
2 to 6 vehicles (married pairs)

**Fleet Size**  
150 cars (three orders)

**Second Vehicle Order (500-600 series car)**  
-vehicle delivery: March 1991 to July 1991  
-in service: April 1991

**Third Vehicle Order (700-800 series car)**  
-vehicle delivery: May 1995 to November 1995  
-in service: September 1995

## Dimensions & Weight

**Length (coupler face to drawbar face)**  
12 700 mm / 41' 8"

**Overall Width**  
2 500 mm / 8' 2-1/2"

**Top of Rail to Roof**  
3 125 mm / 10' 3"

**Top of Rail to Floor**  
790 mm / 2' 7"

**Doorway Width (side doors)**  
1 220 mm / 4' 0"

**Doorway Height (side doors)**  
1 930 mm / 6' 4"

**Floor to Ceiling Height**  
2 034 mm / 6' 8"

**Wheel Diameter**  
470 mm / 1' 6-1/2"

**Truck Wheelbase**  
1 700 mm / 5' 7"

**Truck Centres**  
7 940 mm / 26' 1/2"

**Car Weight (empty)**  
14 370 kg / 31 680 lb

## Technical Characteristics

**Primary Power**  
600 Vdc

**Primary Power Conversion Unit**  
1 static dc/dc converter per car

**Low-voltage Power Supply**  
37.5 Vdc

**Linear Induction Motors (LIM)**  
2 per car

**Propulsion Power Conversion Unit**  
1 per car

**Service Braking**  
regenerative dynamic, supplemented by hydraulically applied disc brakes

**Parking Brakes**  
spring-applied

**Emergency Brakes**  
magnetic track, supplemented by spring-applied discs

**Automatic Couplers**  
front end of each car

**Truck (Bogie)**  
fabricated steel, forced-steered

**Carbody**  
aluminum underframe and painted aluminum roof, sidewalls and bulkheads

**Side Windows**  
safety glass with opening top panels

**Doors**  
4 electrically operated belt-driven, bi-parting side passenger doors; service doors at ends on 100-400 and 700-800 series cars

**Heating and Ventilation**  
microprocessor-based, thermostatically controlled

## Performance and Capacity

**Acceleration Rate (service)**  
1.21 m/s<sup>2</sup> / 2.71 mph/s

**Braking Rate (service)**  
1.0 m/s<sup>2</sup> / 2.24 mph/s

**Braking Rate (emergency)**  
2.85 m/s<sup>2</sup> / 1.27 mph/s

**Maximum Design Speed**  
100 km/h / 62 mph

**Maximum Operating Speed**  
90 km / 56 mph

**Buff Load**  
650 kN / 146 000 lb

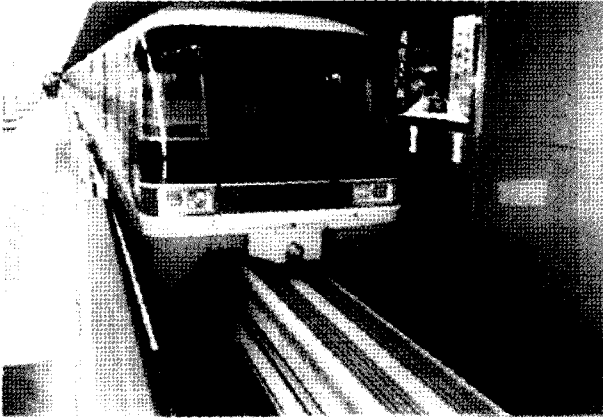
**Wheelchair Location**  
1 per car

**Seated Passengers (with wheelchair)**  
33 per car

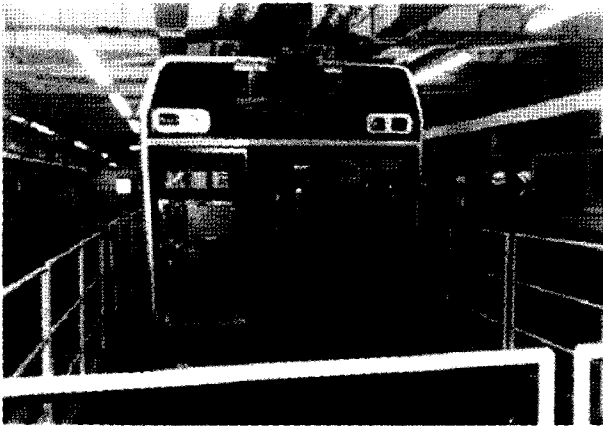
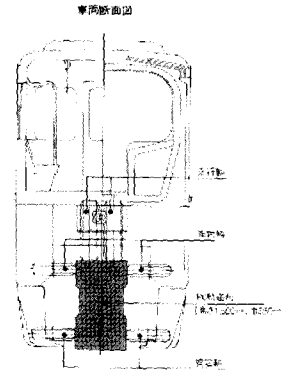
**Seated Passengers (without wheelchair)**  
35 per car

**Capacity Per Car (standees + seated)**

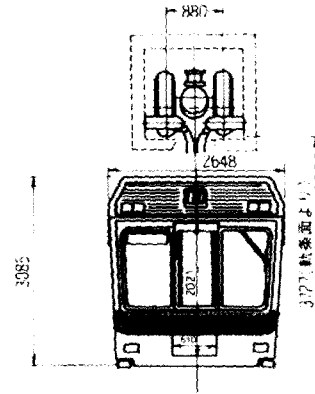
- @ 4 pass./m<sup>2</sup> (2.7 sq.ft./pass.)  
47 + 35 = 82
- @ 6 pass./m<sup>2</sup> (1.8 sq.ft./pass.)  
71 + 35 = 106
- @ 8 pass./m<sup>2</sup> (1.35 sq.ft./pass.)  
95 + 35 = 130



동경 모노레일



지바 모노레일



선 설치시는 추가공간을 필요로 하므로 특별한 경우를 제외하고는 대피선을 계획하지 않는다.

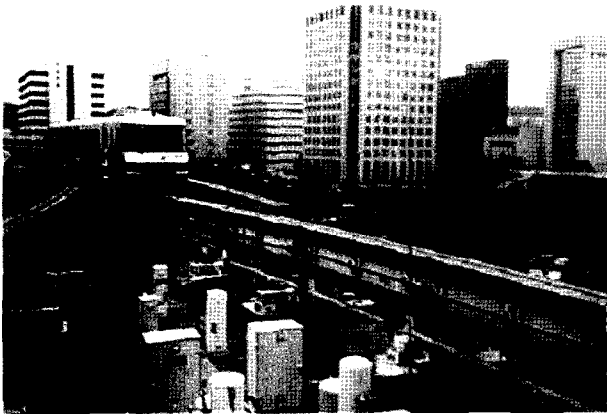
- ④ 용지의 점유면적이 적고, 도입공간 구조물의 폭원이 적다.

모노레일 구조물은 단순하며, 각 기둥 및 지주를 도로의 중앙분리대에 설치 가능하다. (점유면적이 적다.) 따라서 도시내의 한정된 공간을 유효하게 활용할 수 있으며, 모노레일의 주행공간과 차도부 등이 입체적으로 공용할 수 있다.

- ⑤ 급구배, 급곡선으로 운전이 가능하다. 고무타이어를 사용하고 특히 현수식의 경우 기상에 영향을 받지 않으므로 10%의 구배와 R = 30m~50m 내외의 급곡선 통과하는 것이 가능하다.

단 급곡선과 급구배를 자주 적용시 표정속도를 떨어뜨리거나 차량구동 모터의 출력을 높여야 하므로 전력소모가 많고 큰소음이 발생하기 때문에 가능한 피해야 한다.

- ⑥ 분기구조가 복잡하고 작동이 느리다. 과좌식의 경우 구조물이 직접 작동하여야 하므로 전철기가 대형이고 작동이 느리다.
- ⑦ 안전도가 높다. 도로위에 별도의 선로를 주행하므로 충돌이나 탈선의 위험이 없다.
- ⑧ 승차감이 양호하다. 차량은 고무타이어를 사용하고 대차에 에어스프링 채용으로 승차감이 좋다.



모노레일 분기부 모습

- ⑨ 무인운전이 곤란하다.  
승객의 피난유도 등을 위하여 승무원이 있어야 한다. (Sipem 및 소형 모노레일은 무인운전이 가능함)
- ⑩ 도심부, 주택가를 통과시 차내에서 차광막이 작동되는 등 별도대책이 필요 하다.
- ⑪ 거어더의 전도 및 비틀림에 주의해야 한다.  
과좌식의 경우 곡선구간에서 차량통과시 발생하는 트위스트, 풍하중 등에 의한 횡력에 대하여 거어더의 폭이 작아 전도 및 비틀림에 특히 유의해야 한다.

(3) 모노레일의 시스템 개요

- ① 정거장  
정거장의 간격은 고무바퀴식으로 가감속 성능이 우수하여 최소거리는 약 300m까지 적용하고 있다. 홈의 길이는 차량형식 및 편성량수에 따라 결정 되지만 도시교통용의 모노레일은 4량~6량 편성으로 홈길이는 66m~96m이다.
- ② 신호 보안 장치  
신호 보안 설비 가운데, 자동열차제어(ATC : Automatic Train Control) 방식으로 열차와의 상대거리(폐색구간)와 경로조건에 대응하여 자동적으로 제어속도까지 감속 또는 정지시킨다.  
열차 검지(TD : Train Detector)는 고무 타이어식 차량을 위하여 철제차륜과 레일과 같은 궤도 회로 단락방식이 채용되지 않기 때문에 폐색구간에 열차 전부가 진입한 경우에 또는 열차후부가 폐색구간을 탈출한 경우의 신호를 지 상에 수신함으로써, 열차의 운행구간을 연속적으로 검지 하는 방식이다.

- ③ 열차 집중제어  
열차집중제어(CTC : Centralized Traffic Control)

모노레일의 형식 비교

비교항목	과좌형 모노레일	현수형 모노레일
곡선 주행성	최속곡선 반경에 제약이 있음. (차량바닥공간, 차륜과 궤도와의 관계, 승차감 등)	작은 곡선을 미끄러짐 없이 통과 할 수 있다.
기후영향	궤도와의 주행면이 노출되어 있기 때문에 기후의 영향 (비, 눈, 서리 등)으로 점착계수가 변화한다.	궤도와의 주행면이 덮여 있기 때문에 일기의 영향을 받지 않는다. 강구조와 극단적인 기상변화(급격한 온도변화 등)는 조건에 따라서 그 영향을 고려한다.
도로교통에 대한 안전성	궤도상에 차량이 있기 때문에, 도로상의 자동차 등에 의한 한계 지장은 없다. 대차부품 등은 차 체하부에 skirt를 덮고 있기 때문에, 부품 등이 도로 밑에 낙하하지 않는다.	
홈에서의 전락 방지	홈과 전락방지 바닥의 높이 차는 2m정도이며, 승강장과 궤도항 사이에 추락방지시설을 설치 한다.	홈과 전락방지 바닥의 높이 차는 0.5m정도로서 안전하다.
시공성	RC구조, PC형이 주로사용되며, PC형은 플랜트에서 제작 공급이 가능하나 RC구조 시공에는 공기가 많이 소요되며 하부 도로통행 에 많은 지장을 받는다.	궤도항, 지주 등은 강 구조로서 경비는 높게 든다. 공장제작으로 현장에서 공사는 거처되는 없다.
유지 보수성	기본적으로는, 재도장은 필요 없다. 전차선은 지상으로부터 주행면은 열차로부터 육안으로 점검 가능, 분기는 궤도항 본체가 전환하기 때문에 분기기가 대형 이고 보수가 어렵다.	강 구조이기 때문에 주기적으로, 재도장을 해야 한다. 전차선, 주 행면에도 점검 차에 의해 점검한다. 분기기는 가동부분이 안내 판으로 기구는 비교적 소형이지만 보수에 신중함이 요구된다.

과좌형 모노레일의 운행예

항목	동경모노레일	기타큐슈모노레일	오사카모노레일	다마모노레일
영업구간	하마야찌쵸-하네다 공항	오쿠라-기오카	오사카공항 미나이하라기	다마센타 조후주다이
영업거리	16.9km	8.4km	13.3km	16.2km
정거장수	9역	12역		
평균역간 거리	2110m	770m		
단·복선	복선	복선		
분기방식	관절 가동식(시서스)	관절 가동식	관절 가동식	관절 가동식
운전방식	ATC·운전자/차량	ATC·1인	ATC·1인	ATC·1인
급전방식	직류 750V	직류 500V	직류 1500V	직류 1500V
최소곡선반경	120m(측선 100m)	80m(측선 50m)	100m(측선 50m)	50m
최급구배	60‰(측선 60‰)	40‰(측선 60‰)	60‰(측선 -‰)	50‰(측선 -‰)
표정속도	43.5km/h	28km/h	35km/h	27km/h
최고속도	80km/h	65km/h	75km/h	60km/h
차량폭×높이×길이	3.02×2.92×16.55 (15.20m)	2.98×3.49×14.80 (13.90m)	2.90×3.74×14.80 (13.90m)	2.90×3.74×15.50 (14.60m)
편성(보유수)	6량(19편성)	4량(9편성)	4량(8편성)	4량(15편성)
1편성 정원	584인	478인	494인	420인
운행간격	4분00초	6분00초	6분42초	6분
수송력	8,760인/h	4,780인/h	3,952인/h	4,200인/h
주요 도입공간	해상/도로상공	도로상공	도로상공	도로상공
총 건설비	211억엔(연장 676억엔)	681억엔	1,153억엔	1,775억엔
개업년도	1964년(13.0km)	1985년	1990년	1998년
비고	하네다공항~신동경터미널 (0.9km 연장 공사중)	오쿠라-신오쿠라 (JR오쿠라)간 0.4km 연장 공사중	미나이하라기 문진시 7.9km, 민국박람회 - 기념공원-한다이병원 앞 2.6km	

현수형 모노레일의 운행예

항목	쇼난 모노레일	찌바도시 모노레일
영업구간	오후나-쇼난 에노시아	천성대-찌바 미나도
영업연장	6.6km	13.5km
정거장수	8역	15역
평균 역간	940m	960m
단·복선	단선	복선
분기방식	편개분기	편개분기
운전방식	ATS·운전자/차량	ATC·1인
급전방식	직류 1500V	직류 1500V
최소곡선반경	50m(측선 50m)	50m(측선 50m)
최급구배	74‰(측선 -‰)	60‰(측선 60‰)
표정속도	29km/h	26km/h
최고속도	75km/h	65km/h
차량폭×높이×길이	2.58×3.69×12.75m	2.58×3.73×14.80m
편성(보유수)	3량 편성(7편성)	2량 편성(17편성)
1편성의 정원	228인/편성	158인/편성
운행시격	7분 30초	4분 00초
수송력	1824인/h	2370인/h
주된 도입공간	도로상공	도로상공
총 건설비	53억엔	1337억엔
개업년도	1970년	1988년
비고		찌바-현청간 1.7km 연장공사중

장치를 이용 전선 열차의 운행감시, 신호 및 분기기의 원격제어를 하며 설비로는 열차의 현재위치, 진로의 개통상황, 전차선의 급전상태 등의 원격 감시하는 모니터 텔레비전, 열차 외의 통보·통화 장치, 그 외의 필요한 정보전달 장치와 주변 기기류 등으로 이루어졌다.

④ 자동열차 운행장치

자동열차 운행장치(ATO : Automatic Train Operation)는 운행제어의 균일화, 고질화를 꾀하기 위하여 운행조작을 자동화하는 것이다. 또 필요에 따라 출입문의 개폐나 안내방송 등도 ATO에 맞추어서 전자동화 할 수도 있다.

(4) 우리나라에서의 적용성 검토

타 경량전철 시스템과는 다르게 차량시스템 전체가

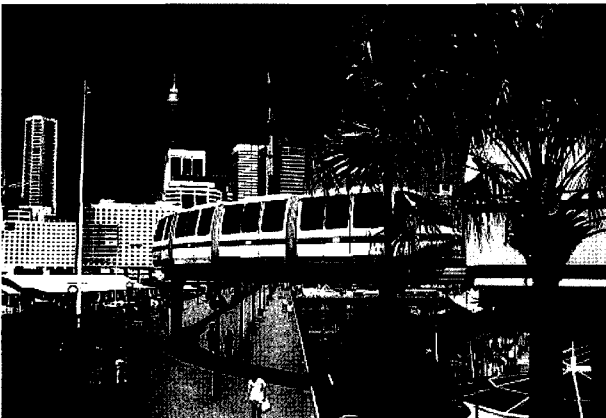
외부로 노출되어 운영시 도시에 생동감을 넘치게 할 수 있는 경량전철 시스템이나 다음과 같은 사항이 해결되어야 한다.

- 차량기지의 확보,
  - 고가로 통과하며 차광막 설치가 불가능 함에 따른 인근 아파트지역 등 주택가 통과시 민원 발생,
  - 곡선형 거어더, 완화곡선형 거어더의 제작설치, 장경간에서 횡저항력의 확보 방안, 트위스트에 저항하는 지승(Sheo)설치 기술 등 기술적으로 취약한 문제,
  - 고가화에 따른 지하철과의 환승 불편,
  - 도로 1개 차선 점유에 공간확보 문제,
  - 현수식 모노레일의 경우 고가가 전제되어야 함.
- 따라서 모노레일은 연장 10~15km 규모에 거점간 연결, 대규모 시가지와 지하철 등 교통터미널과 연계 교통수단으로 도입이 바람직하다.

#### 4. 전자동 모노레일 시스템

##### 가. DARLING HARBOUR MONORAIL

(1) DARLING HARBOUR MONORAIL의 운행현황  
ADtranz(전 AEG)사의 Von Roll Monorail System에



시드니 DARLING HARBOUR에서 운영인  
Von Roll Monorail System

서 제작납품한 시드니에서 운영중인 본 시스템은 오스트레일리아 역사상 가장 큰 DARLING HARBOUR 재개발 사업의 일환으로 백만명 이상의 방문객, 관광객, 거주자를 효과적으로 운송하기 위해 채택되었다.

3.6km의 짧은거리를 운행하며 우리가 통상 관광지에서 볼수 있는 모노레일과 비슷하다.

##### (2) Von Roll Monorail System의 제원

시드니 DARLING HARBOUR에서 운영인 Von Roll Monorail System의 주요제원은 아래와 같다.

###### ① 주요성능

최고운전속도	33km/h
최소곡선 반경	20m
최급구배	45%
(부득이한경우)	60%
최소운행시격	120초
승차정원	23명/량
차량편성	7량/열차
전력공급방식	AC500V-제3궤조

###### ② System의 특징

- 전자동 무인운전
- 낮은 표정속도

###### (3) 우리나라 도시에서의 적용성 검토

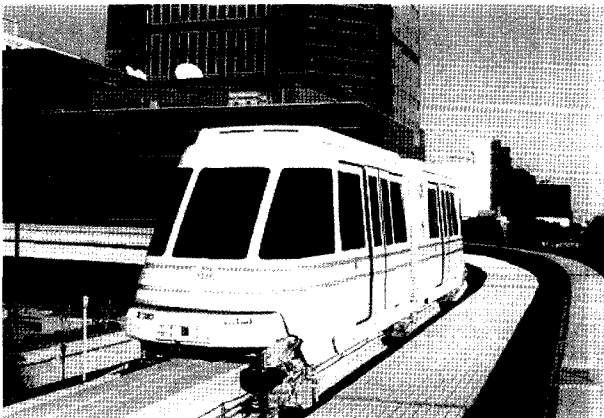
고무타이어인 모노레일로서 소음, 진동이 적기 때문에 고가화에 유리하다. 그러나 속도가 낮고 에너지 소모가 크기 때문에 중·장거리에는 적합하지 않으며, 모노레일이 철제로 구성되어 한냉지에서는 용설설비를 계획하여야 하고 급구배에서는 마찰력 증대를 위한 조치를 취해야 한다. 급곡선 및 급구배 주행성이 우수하여 건물로 직접 진출입이 가능한 장점이 있다. 낮은속도 때문에 약 5km이하인 대규모 거점간의 연결, 대규모 단지내 적합하다.

- 낮은 최고속도 때문에 표정속도의 저하가 부득이하여 수송 수요가 5,000명/시간/방향 이내이고 거리 약 5km이하에 적용이 바람직하다.
- 모노레일의 하중이 작기 때문에 지하철과 경합되는 개소에서도 큰무리 없이 적용이 가능하다.

#### 나. 봄바르디 M-III Monorail

##### (1) 잭슨빌에서의 M-III Monorail의 운행현황

1994년 8월 미국 플로리다, 잭슨빌시의 교통국(JTA)에서는 기존에 운영하던 People Mover를 무인자동으로 운전이 가능한 본 M-III Monorail로 대체하기로 하였다. 본 사업은 1995년부터 공사에 들어가 2000년 말부터 운행하고 있다.



잭슨빌에서 운행중인 M-III MONORAIL

본 M-III Monorail은 St. Johns 강을 중심으로 형성된 양쪽의 시가지 및 터미널과 연결한다. 당초에는 차량을 2량으로 연결운행하고 있지만 승객이 늘어날 때는 3량까지 연결운행이 가능하다. 최대수송량은 3량 연결 운행시 3,600명/시간/방향까지 가능하다.

##### (2) M-III MONORAIL의 제원

잭슨빌에서 운행중인 M-III Monorail System의 주요 제원은 아래와 같다.

###### ① 주요성능

최고운전속도	56km/h(35mph)
최고운행속도	48km/h(30mph)
최급구배	80%
최소운행시격	90초
승차정원	4명/㎡ 18명+8명좌석= 26명/량 6명/㎡ 27명+8명좌석= 35명/량 8명/㎡ 35명+8명좌석= 43명/량
차량편성	2~3량/열차
전력공급방식	AC480 삼상 가이드웨이 위에 설치된 제3궤조

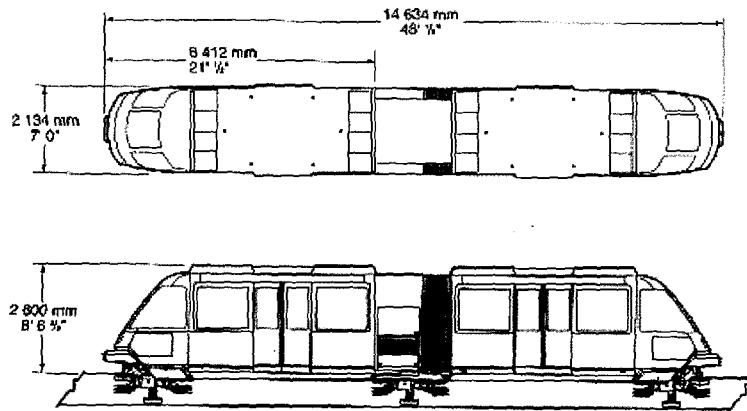
###### ② System의 특징

- 전자동 무인운전
- 낮은 중량 (11,839kg/2량)
- 모노레일 자체가 움직이는 분기시스템
- 기지내에서는 유인 운전체계

###### (3) 우리나라 도시에서의 적용성 검토

고무타이어인 모노레일로서 소음, 진동이 적기 때문에 고가화에 유리하다. 그러나 속도가 낮고 에너지 소모가 크기 때문에 중·장거리에는 적합하지 않으며, 모노레일이 철재로 구성되어져 한냉지에서는 융설설비를 계획하여야 하고 급구배에서는 마찰력 증대를 위한 조치를 취해야 한다. 급곡선 및 80%까지 등판할 수





### Project Schedule

**Contract Award**  
 November 1994  
**Start Site Work**  
 October 1995  
**First Vehicle Delivery**  
 April 1997  
**Last Vehicle Delivery**  
 Winter 1998  
**Revenue Service**  
 March 1998  
**Completion Date**  
 Late 2000

### Major Subsystems

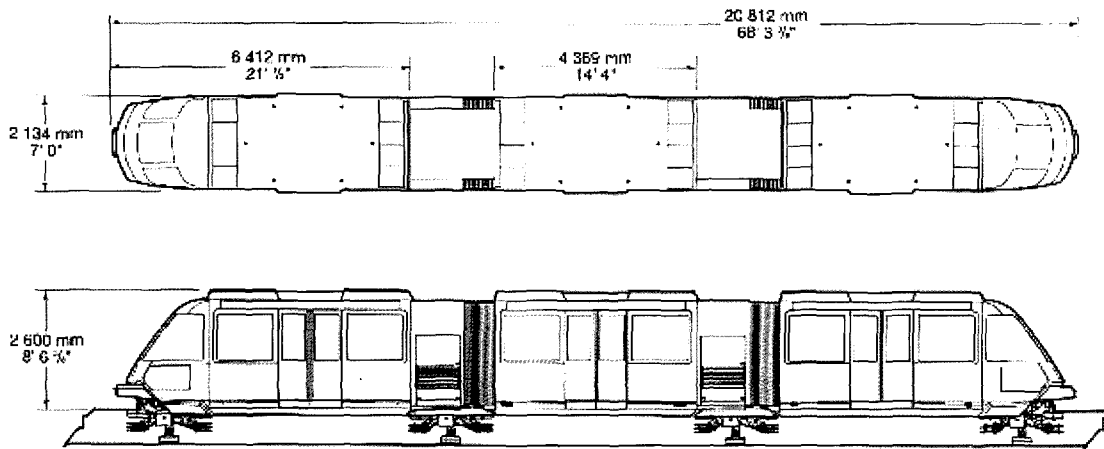
**Vehicle**  
 M-III Monorail  
**Signalling**  
 microprocessor-based fixed block  
 (supplied by SEL Division of Alcatel  
 Canada Inc.)  
**Power Supply**  
 480 Vac 3-phase  
**Power Collection**  
 guideway-mounted power rails  
**Traction Power Substations**  
 2 (750 KVA)  
**Communications**  
 dynamic station displays  
 digital public address system

### System Description

**System Type**  
 M-III Monorail  
**Automated Downtown People Mover**  
**System Length (all elevated)**  
 4.8 km / 3 mi.  
**Number of Lines**  
 2 pinched loops that merge at a  
 level Y-junction  
**Vehicle Fleet**  
 9 two-car vehicles  
**Train Control**  
 fully automated, driverless  
**Peak-hour Capacity**  
 - initial: 900 pphpd (passengers per  
 hour per direction)  
 - ultimate: 3,600 pphpd  
**Maximum Grade**  
 8% at Acosta Bridge  
**Average Line Speed**  
 27 km/h / 17 mph  
**Fare Collection**  
 automated and gated  
**Intermodal Connection**  
 bus at FCCJ Station  
**Special Features**  
 crossing on the Acosta Bridge over  
 the St. Johns River

### Fixed Facilities

**Guideway Type**  
 elevated: concrete guidebeam affixed to  
 JTA-provided primary structure  
**Inside Elevated Guideway Width**  
 3,350 mm / 11' 0"  
**Maximum Elevated Guideway Span**  
 27.4 m / 90' 0"  
**Guideway Running Surface Width**  
 864 mm / 34"  
**Switches**  
 automatically controlled by ATC system  
 10 beam replacement, 1 pivot  
**Special Elevated Features**  
 straddle-beam supports, drop-in steel  
 box with concrete deck  
**Number of Stations**  
 8 elevated  
**Average Station Spacing**  
 701 m / 2,300'  
**Platform Loading**  
 high level; fully accessible  
**Platform Length**  
 36.6 m / 120' 0"  
**Beam to Platform Height**  
 203 mm / 8"  
**Station Features**  
 platform edge railing and intrusion  
 detection interfaced with ATC  
**Accessibility**  
 station elevators; level loading  
**Maintenance Building Size**  
 1997 m<sup>2</sup> / 21,500 sq. ft.  
 (temporary facility located in terminal  
 station for base contract)  
**Yard Operation**  
 manual  
**Yard Storage Capacity**  
 up to 6 three-car trains with 3 more  
 three-car trains inside the maintenance  
 building



## General Data

**Type of Vehicle**  
M-III Monorail

**Quantity Ordered**  
9 two-car vehicles

**Train Consist**  
2-car trains  
(provision for expansion to 3-car or 6-car trains)

## Dimensions and Weight

**Length (over anti-climbers)**  
2-car vehicle - 14,634 mm / 48' 5"

**Overall Width**  
2,134 mm / 7' 0"

**Overall Carbody Height**  
2,732 mm / 9' 11 1/2"

**Top of Beam to Roof**  
2,600 mm / 8' 6 5/8"

**Top of Beam to Floor**  
216 mm / 8 5/8"

**Doorway Width (clear opening)**  
1,219 mm / 4' 0"

**Doorway Height (clear opening)**  
1,981 mm / 6' 6"

**Floor to Ceiling Height**  
1,981 mm / 6' 6"

**Load Tire Diameter**  
940 mm / 3' 1"

**Weight 2-car vehicle (empty)**  
11,839 kg / 26,100 lb

## Technical Characteristics

**Primary Power**  
480 Vac, 3-phase

**Auxiliary Power Supply**  
208 Vac, 3-phase

**Low-voltage Power Supply**  
24 Vdc

**Propulsion Inverters**  
3 IGBT inverters per 2-car vehicle

**Service Braking**  
regenerative dynamic

**Carbody**  
steel underframe with fibreglass shell

**Parking Brakes**  
spring-applied (discs), air-released

**Emergency Brakes**  
spring-applied (discs), air-released

**Air Conditioning**  
4 units per 2-car vehicle  
(7 kW cooling capacity each)

**Side Windows**  
fixed, tinted glass, single-glazed

**Doors**  
4 bi-parting, outside sliding (per 2-car vehicle)

## Performance and Capacity

**Acceleration Rate (service)**  
1.0 m/s<sup>2</sup> / 2.25 mph/s

**Braking Rate (service)**  
1.0 m/s<sup>2</sup> / 2.25 mph/s

**Braking Rate (emergency)**  
(AW0) 3.0 m/s<sup>2</sup> / 6.75 mph/s  
(AW2) 2.0 m/s<sup>2</sup> / 4.5 mph/s

**Maximum Design Speed**  
56 km/h / 35 mph

**Maximum Operating Speed**  
48 km/h / 30 mph

**Buff Load**  
156 kN / 35,000 lb

**Wheelchair Location**  
2 per 2-car vehicle;  
no mechanical restraints

**Seated Passengers**  
8 per car

**Capacity Per Car**  
(standees + seated)

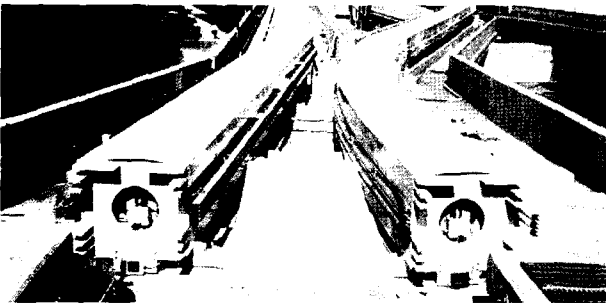
@ 4 pass./m<sup>2</sup> (2.7 sq.ft./pass.)  
18 + 8 = 26

@ 6 pass./m<sup>2</sup> (1.8 sq.ft./pass.)  
27 + 8 = 35

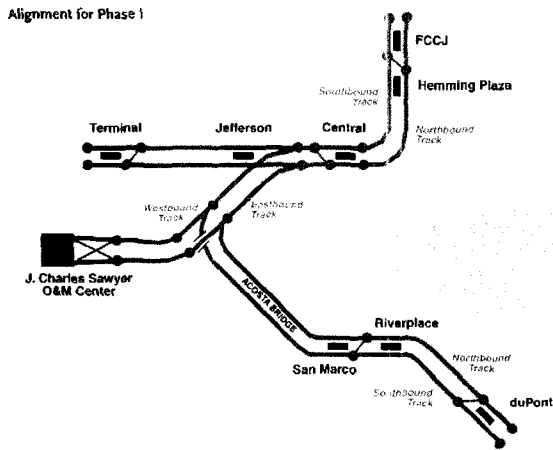
@ 8 pass./m<sup>2</sup> (1.35 sq.ft./pass.)  
37 + 8 = 45

있어 급구배 주행성이 우수하여 건물로 직접 진출입이 가능한 장점이 있다. 낮은속도 때문에 약 5km이하인 대규모 거점간의 연결, 대규모 단지내 적합하다.

- 최고속도는 낮으나 가감속 능력이 좋아 표정속도가 타 형식에 비하여 크게 떨어지지 않으며 수송 수요가 3,600명/시간/방향 이내이고 거리 약 5km 이하에 적용이 바람직하다.
- 모노레일의 하중이 량당 약 7톤으로 작기 때문에 지하철과 경합되는 개소에서도 큰무리 없이 적용이 가능하다.



M-III MONORAIL 위 분기 구조



잭슨빌에서 운행중인 M-III Monorail 노선도

## 5. 고무차륜형 경량전철 A.G.T(Automated Guideway Transit)

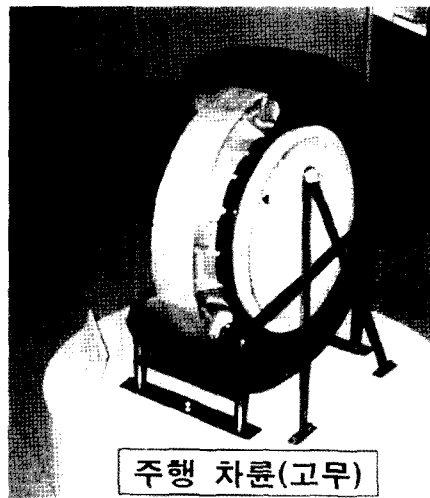
### (1) A.G.T(Automated Guideway Transit)의 정의

광의의 A.G.T는 무인자동운전이 가능한 고무차륜, 철제차륜(영국 DLR), LIM(캐나다 Sky Train)등 전 시스템이다. 그러나 여기서는 고무바퀴차량이 가이드웨이에 의하여 무인으로 운영하는 시스템을 말한다. 현재 프랑스, 일본 등에서 활발하게 운영되고 있으며 특히 일본의 경우 새로 개발된 경량전철 시스템 중 모노레일과 함께 가장 많이 운영되고 있다.

고무바퀴차륜의 특징은 바퀴에 바람이 빠질 경우를 대비하여 고무바퀴 내부에 알루미늄으로 된 안전바퀴가 내장되어 있다.

일본의 경우는 AGT는 일반적으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 종래 철도와 버스의 중간 수송성격이 있다. (2,000-20,000인/h)
- ② 최고속도는 50~60km/h로, 표정속도는 30~40km/h 정도
- ③ 1량 당의 정원은 60~70인으로 4-6량 편성으로 운행된다.



주행 차륜(고무)

타이어 펑크시를 대비 설치한 알루미늄 휠

- ④ 운전 시격은 컴퓨터 제어에 의해 수요 변동에 따라서 조절이 가능

**(2) A.G.T(Automated Guideway Transit)의 역사**

도시내 교통기관으로서 최초의 AGT는 1975년 모건타운에서 개업한 PRT (Personal Rapid Transit)이다.

이것은 흩어져 있는 캠퍼스간을 소형 차량(정원 20명)으로 연결하는 것이다. 미국 연방정부에서는 그 후 각지의 공항과 모건타운에서의 실적, 그 외의 개발 상황을 재평가하는 일에 의해 1976년 새롭게 도심형의 새로운 교통시스템 계획으로서 DPM 계획(Downtown People Mover Project)을 기획하고 그것에 동반한 보조제도(건설비의 80%를 연방정부가 잔액을 지방자치단체가 부담한다.)도 발족시켜 전 미국에서 모델사업을 추진하였으나 1981년에 보조정책은 중단되고 말았다. 유럽의 각국에서도 영국, 프랑스, 독일 등에서 개발이 진행되고 있지만, 그 중에도 프랑스의 마트라사가 개발하여, 릴리의 경량전철로 채용되고 있는 VAL (Vehicle Automative Leger)이 대표적이며 시카고, 타이페이 등 국외각지에서 실용화 하고있다.

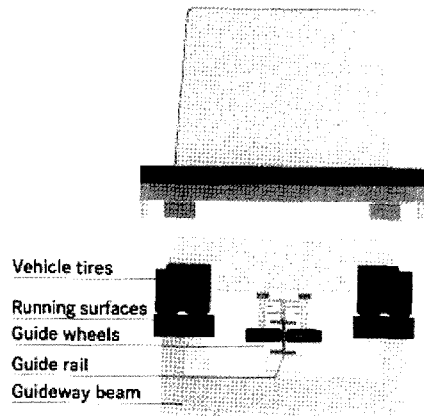
**(3) 안내방식과 분기방식**

「기본사양」이 정해진 것에 의해서, 금후 건설되어지는 AGT에서는 측방 안내방식, 수평 가동 분기방식이 표준이 되어 있지만 「기본사양」이전에 개발된 시스템의 안내방식과 분기 방식에 관해서는 이하와 같이 분류된다.

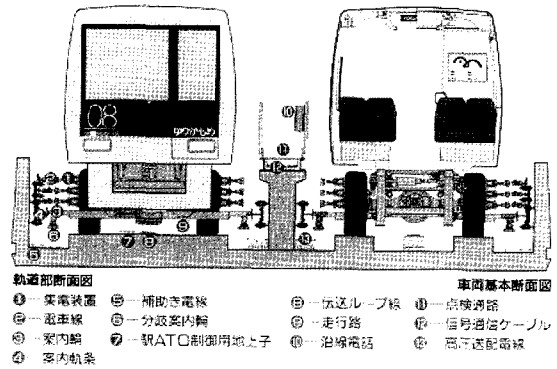
**(a) 안내방식**

- ① 중앙안내방식 - 궤도중심에 설치된 1본의 레일을 한 대의 안내차륜이 끼워 넣는 안내방식
- ② 측방안내방식 - 안내 레일을 주행로면의 측면에 설치하여, 연직하중 지지차량의 외측 안내차륜에 가이드 하는 방식
- ③ 中央溝 안내방식 - 좌우의 주행로 구조물의 내측

PTS Vehicle



중앙 안내방식

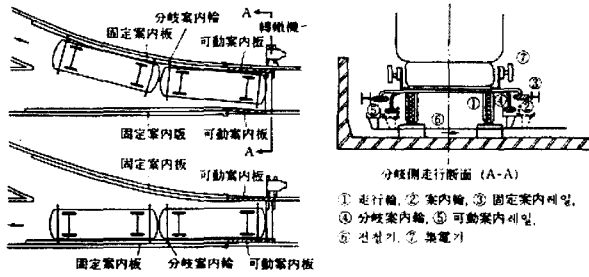


측방안내 방식

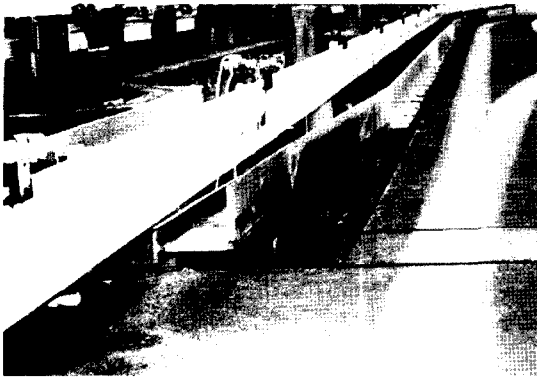
**을 안내에 이용하는 방식**

**(b) 분기방식**

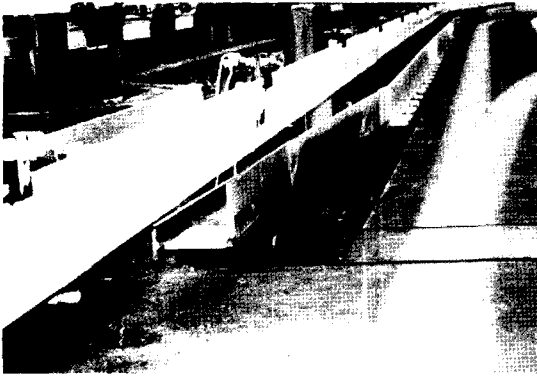
- ① 부침식 - 각각의 진행방향에 따라서 가드레일이 꺾다 가라 앉았다하며, 방향을 바꾸는 방식
- ② 회전식 - 2종류의 안내축을 안쪽에 설치한 분기장치가 180° 회전하여 진행 방향을 변화하는 방식
- ③ 가동 안내판 방식 - 가동 안내판이 작동하여 그 방향으로 차량을 진행시키는 방식
- ④ 수평 회전식 - 주방향과 안내궤도가 일체로 작동하는 방식



可動案内板式分(側方案內式)



가동안내 방식 스위치레일 상세



Switch용 Guide Wheel의 구조

(3) 자동열차운행방식

모노레일과 같은 자동열차운전장치(ATC : Automated Train Operation)에도 대응 가능한 시스템이다.

모노레일은 이상 발생 시에 승객의 피난유도 등을 위하여 승무원의 완전 무인화는 어렵지만, AGT는 일반적으로 피난통로가 궤도상에 설치되어 있기 때문에 승무원의 완전 무인화가 가능하다.

(4) AGT의 종류

(가) 프랑스

파리지하철에서 오래전부터 고무바퀴차량으로 유인 운전으로 운영되어져 왔으며 무인 자동운전되고 있는 A.G.T. System으로는 마트라사에서 개발한 VAL (Vehicle Automative Leger)로서 프랑스 북부의 릴시에서 1983년 개통한 이래 현재, 대만, 미국시카고, 잭슨빌, 오를리 공항 등에서 운영중에 있다. 처음에는 VAL206의 개발되어 운영되어왔으나 수송용량을 증대시킨 VAL256 이 개발되어 운영 중에 있으며 VAL206의 성능을 향상시킨 VAL208이 개발되어 시험운행을 마친 상태이고 VAL206은 2량 단위로 편성되어 운행되고 있다.



오를리공항에서 운영중인 VAL256 릴

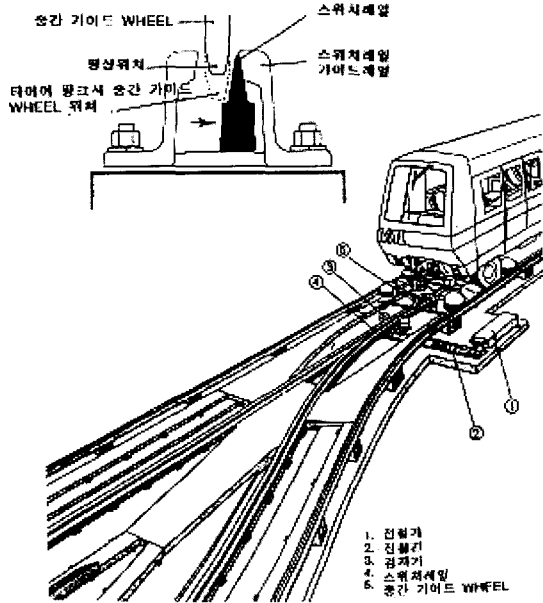


리시에서 운영중인 VAL206(아래)

VAL 256의 주요제원은 아래와 같다.

① 차량의 주요치수

고무바퀴 중심간격 1,880mm



VAL 시스템의 분기기방식

폭×높이	2,560mm × 3,530mm
길이	12,815mm/량
연결기간거리	13,780mm
차축간거리	10,000mm
주행면~차량면	978mm

② 주요성능

최고운전속도	80km/h
최급구배	100‰
최소곡선반경	30m
최소운행시격	75초
승차정원	4명m2/입석 좌석18, 입석 72명 : 90명/량 6명m2/입석 좌석18, 입석109명 : 127명/량
전력공급방식	DC750V-제3궤조

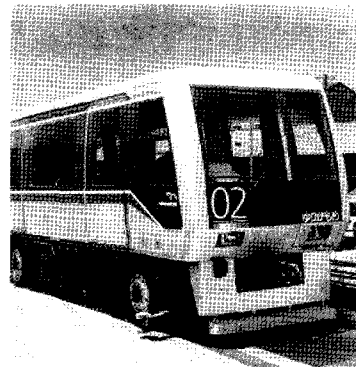
③ System의 특징

- 전자동 무인운전
- Screen Door 채택으로 여객의 안전도모
- 통상 철도와 같은 원리의 분기기방식 채택

(나) 일본

요코하마시의 Sea Side Line(1989.7 개통) 고베시 Portliner(1981.5 개통)

동경도의 유리까모메(1994.3)등 약12개의 AGT가 운행되고 있다. 대부분 측방 안내방식을 채택하고 있으나 유인운전되고 있는 유카리카오카선은 유일하게 중앙 안내방식을 채택하고 있다.



일본동경도의 유리까모메



요코하마 Sea Side Line 경량전철

아래는 최근 개통된 동경도의 유리까모메 제원이다.

① 차량의 주요치수

고무바퀴 중심간격	1,740mm
-----------	---------

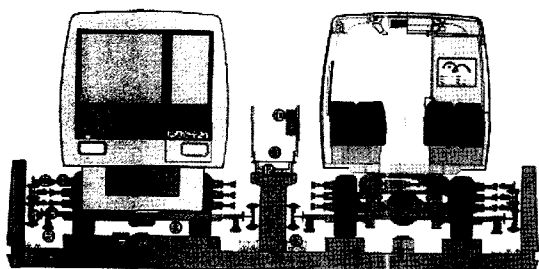
폭×높이	2,470mm×3,340mm
길이	9,000mm/량(6량/편성)
차체	스텐레스 구조

② 주요성능

최고운전속도	60km/h
최급구배	50‰
최대가속도	3.5km/h/s
감속도	3.5km/h/s,비상 4.5km/h/s
최소곡선반경	45m 축선 30m
최소운행시격	5분 (최소 운전가능 시격과는 별도)
승차정원	352명/편성,좌석170명/편성
전력공급방식	DC600V(삼상)-제3궤조

③ System의 주요특징

- 전자동 무인운전
- Screen Door채택으로 여객의 안전도모
- 측방안내방식
- 수평가동 안내판식을 채택하고 있다.
- 상하행선 사이에 점검통로
- 전구간 고가.
- 지하구간에 적용시 열차운행중 발생하는 열처리 문제가 특별히 검토되어야 함.



3개의 전차선로가 배치된 제3궤조 및 표준 단면도

(5) 우리나라 도시에서의 적용성 검토

고무타이어로서 소음, 진동이 기존 지하철보다 적기 때문에 고가화에 유리하다. 프랑스 릴리시에 적용한 예와 같이 시가지 구간은 지하로 외곽지역은 고가구간을 기존 지하철보다 확대하는 것이 현실적이다.

- 정거장 간격의 축소로 인근 주민에게 경량전철 서비스 제공가능. 등이 기대되나
- 경량전철 시스템중 에너지 소모가 가장 많아 노선 연장이 길때와 정거장간 거리가 길때에는 적용여부를 심도 있게 검토해야 한다.
- 잦은 정거장간 거리에 의하여 표정속도의 저하가 부득이하여 수송수요가 15,000명/시간/방향 내외이고 거리 약 10km 내외에 적용이 바람직하다. 또한 적설을 감안한 대책이 수립되어야 한다.

6. 중앙 안내식 경량전철

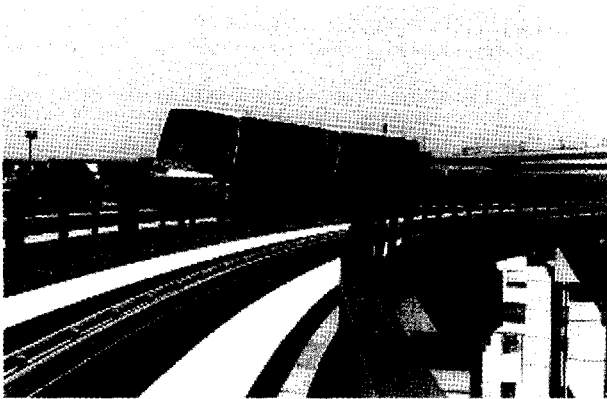
가. PTS(Passenger Transfer System) CX100

(1) CX100의 운행현황

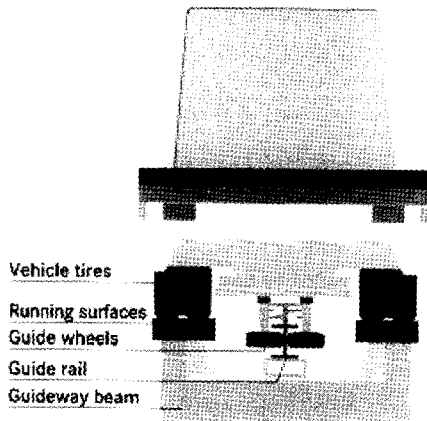
CX100은 Passenger Transfer System으로 공항에서 운영되고 있으며 프랑크푸르트 공항, 마이애미 공항, 덴버, 올란드, 피츠버그, 런던 공항, 싱가포르 등에서 운



중앙 안내방식으로 운행되는 싱가포르 Bukit-Panjang Line (방음벽이 없는대신 주거지를 지날 때 차내에서 자동으로 차광장치가 작동됨)



PTS Vehicle



프랑크푸르트 공항에서 운영인 (PTS) People Transfer System

영되고 있는 중앙안내방식이다.

중앙안내방식에서는 가이드 후레임이 가장 중요한 역할을 하기 때문에 가설시 정밀도유지에 많은 주의를 요한다.

## (2) CX100의 제원

CX100의 주요제원은 아래와 같다.

### ① 차량의 주요치수

고무바퀴 중심간격	1,880mm
폭×높이	2,800mm×3,400mm
길이	11,900mm/량
하중	25톤14.75톤(공차)

## ② 주요성능

최고운전속도	52km/h
최급구배	100‰
최소운행시격	90초
승차정원	좌석16, 입석 42명 : 58명/량
전력공급방식	DC600V-3상, 제3레조

## (3) 우리나라 도시에서의 적용성 검토

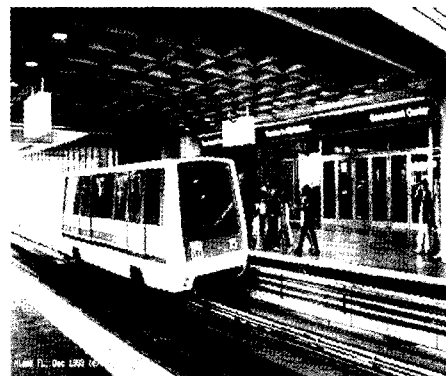
속도가 낮고 에너지 소모가 크기 때문에 중·장거리에는 적합하지 않으며 약 5km이내의 대규모 거점간의 연결, 공항내 Shuttle기능, 아파트 단지과 전철역간의 연결하는 경우에 적합하다.

수송수요 5,000명/시간/방향 내외이고 거리 약 5km 내외에 적용이 바람직하며, 지역에 따라서는 적설을 감안한 대책이 수립되어야 한다.

## 나. 메트로무버(C-100)

### (1) 마이애미에서 운행현황

C-100은 많은공항에서 운용하고 있는 CX-100의 전 모델이며 싱가포르 창이 공항에서 운영하고 있다. 마이애미에서는 피플무버를 메트로무버(Metro Mover)로 부르고 있다. 메트로무버는 미국 최초의 피플무버로 도시외곽에서 전철로 이동해온 통근자들을 도심부로



도심내의 건물내부로 직접 운행되고 있는 메트로무버



접근시켜주는 역할을 한다.

또한 마이애미시 도심내의 호텔, 상점가, 회의장, 주차장과 관공서 등을 연결하여 주요시설물간 교통처리에 대한 순환기능도 제공하고 있다.

1982년에 착공하여 1986년에 운행을 개시하였으며, 1986년에는 1단계로 기존 도심지를 둘러싸는 복선의 3.0km(9개역)를 개통하였고, 도심노선이 효과를 보자 1994년에는 2단계로 북쪽의 업무지역인 Omni와 남쪽의 금융가인 Brickell지역을 접근하는 4.1km(13개역)의 노선을 확장 개통하였다.

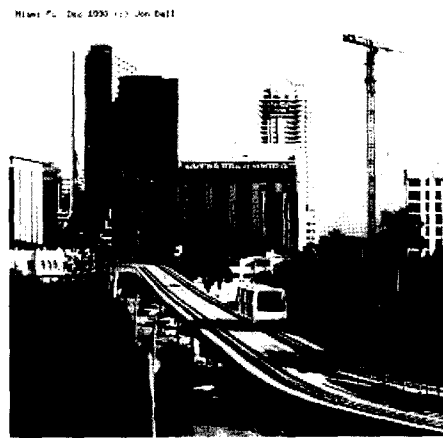
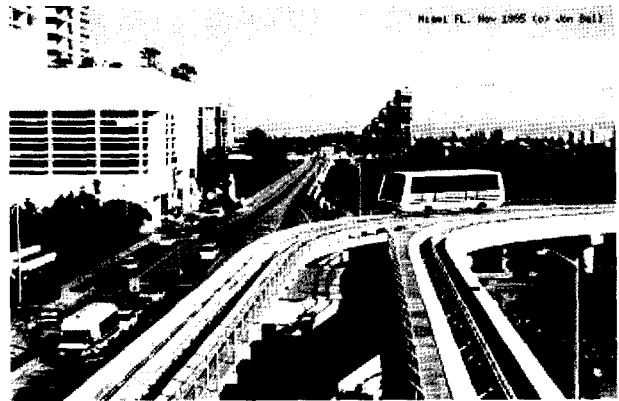
확장노선의 제원조달은 연방정부가 75.0%, 주정부가 12.5%, 카운티가 9.7%, 마이애미 시정부가 2.8%를 부담하여 대부분의 재원을 연방정부가 지원하였다.

운영체제는 전철이나 메트로무버와 환승시 요금인 할인되며 메트로 무버의 운행 분담율은 5%정도에 불과하다.

## (2) 메트로 무버의 시설 및 운영 현황

구분	Original System	Omni/Brickell 연장선
건설년도	1986년	1994년
건설비	153.3 백만달러	228.0 백만달러
노선길이	1.9마일(복선)	Omni 1.4마일, Brickell 1.1마일
차량보유대수	12대정원 : 96명	17대정원 : 96명
정거장수	9개소	Omni 7, Brickell 6개소
운영시간	주중 : 오전 5시 30분 - 자정 주말/공휴일 : 오전 6시 - 자정	
배차간격	첨두시 90초, 비첨두시 3분	

고가구조물로 이루어져 있는 메트로무버의 노선에 메트로무버의 표정속도는 20km/h로 전철의 48km/h보다는 느리고 21km/h인 버스와 비슷하다. 노면교통인 버스보다는 교통혼잡에 영향을 받지 않아 정확하게 배차간격을 유지할 수 있다. 또한 차체에는 고무타이어를 장착하여 기존 철제바퀴보다 승차감이 쾌적하다. 운행형식은 통상 1량씩 움직이지만 2량까지



도심내의 건물내부로 직접 운행되고 있는 메트로무버

연결운행이 가능하고, 완전 무인자동운전이며, 승객들의 안전을 위해 여러 가지 안정장치와 중앙통제센터의 직접 제어기능을 갖추고 있다.

### ① 차량제원

제작사	AEG-Westinghouse
형식	선형모터, 무인운전
정원	96명/량 / 좌석 14명
최대운송용량	5,200 인/시.방향
최소운전시각	1.5분 (첨두시)
표정속도	20km/h
최고속도	43km/h
차량규격	12m(L)*2.8m(W)

메트로무버의 운행주체는 시 교통국 산하의 Metro-Dade Transit Agency로 직원수는 55명이다. Metro-

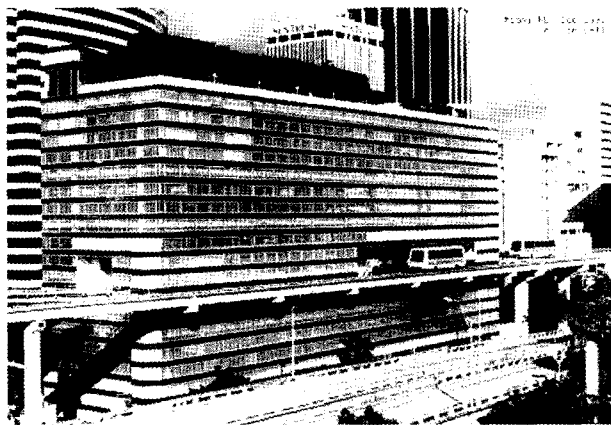
Dades는 카운티 내의 모든 대중교통 수단을 운영, 통제하는 곳으로 마이애미 시청사 내에 통제센터를 가지고 있다. 이곳에서는 Metro-Dade가 운영하는 전철, 메트로무버, 시내버스의 노선, 운행현황 등을 전자시스템으로 항시 파악하고 있으며 각 교통체계 간의 연계가 효율적으로 이루어지도록 하고 있다.

## ② 메트로 무버의 특성

본 메트로무버는 고무바퀴로 구동되는 운행시스템으로 구조물의 크기가 작아 사진에서와 같이 건물 내 또는 건물에 캔티레버 형식으로 설치 운영이 가능하다.

따라서 도로의 중앙분리대 보다는 인도쪽에 설치 특정 목적지와의 접근 및 분산교통을 처리하도록 하는데 적합하다.

운행속도가 43km/h로 낮아 장거리 운행에는 부적합하며 따라서 노선연장이 짧고 승객수요가 많지 않은 지역에서 정거장간 거리를 짧게 운행하여야 하는 지역에서 지하철의 보조수단으로 이용이 바람직하다.



건물에 캔티레버 형식으로 설치하여 운행하고 있는 메트로 무버

## (3) 우리나라 도시에서의 적용성 검토

- 용량면에서는 일반 마을버스 수준이나 노면의 혼잡과는 관계없이 일정 시격으로 운영이 가능하다. 또한 고무차륜 형식으로 급구배, 급곡선에 적용성이 좋아 지형을 따라 일정 높이로 운영이 가능하다.
- 고무바퀴로 구동되는 운행되는 초경량시스템으로 구조물의 크기가 작아 앞에서 제시한 사진에서와 같이 건물내 또는 건물에 캔티레버 형식으로 설치 운영이 가능하다.
- 따라서 도로의 중앙분리대 보다는 인도쪽에 설치 특정 목적지와의 접근 및 분산교통을 처리하도록 하는데 적합하다.
- 운행속도가 43km/h로 낮아 장거리 운행에는 부적합하며 노선연장이 짧고 승객수요가 많지 않은 지역에서 정거장간 거리를 짧게 운행하여야 하는 지역에서 지하철의 보조수단으로 이용이 바람직하다.

(다음호에 계속...)