

운행 중인 PRT 차량의 수직이송을 위한 장치 개발

강석원^{1*}, 엄주환¹, 정락교¹, 김종석¹

¹한국철도기술연구원 신교통연구본부 수요응답형교통연구단

Development of an Apparatus for Vertical Transfer of a PRT Vehicle Operating on a Road Network

Seok-Won Kang^{1*}, Ju-Hwan Um¹, Rag-Gyo Jeong¹ and Jong-Suk Kim¹

¹On-demand Transit Research Team, New Transportation Systems Research Center, Korea Railroad Research Institute, Uiwang, Republic of Korea

요 약 수요응답형 순환교통시스템(Personal Rapid Transit: PRT)은 자동차에 버금가는 승객의 요구 대응성 및 최적 경로 운행으로 인한 높은 효율성 등의 특징 때문에 미래형 신교통수단으로서 많은 주목을 받아 왔다. 하지만 수송 분담 능력(4~6명)에 비해 건설비가 많이 들어가고 기존에 운용되고 있는 타 대중교통시스템과의 역할 분담 문제 때문에 적용에 한계가 있는 것도 사실이다. 따라서 본 연구에서는 도시 내 유연한 운용과 타 교통수단과의 연계를 목적으로 PRT 차량을 위한 수직이송장치를 개발하였다. 기존의 물류 분야에서 많이 채택되고 있는 순환 컨베이어 방식을 응용하였으며, 특히 연속이송이 가능하며 사이클 타임이 적은 장점이 있다. 이와 더불어 1/10 스케일의 모형의 제작을 통하여 장치의 기술적인 운용 가능성을 확인하였으며, 이를 통해 구조적 안정성을 확보하기 위한 방안을 도출하였다.

Abstract The Personal Rapid Transit(PRT) system has been highly interested in future transportation developments due to its on-demand and optimized door-to-door transport capability. However, the major impediments to the commercialization of PRT are the high cost for construction of infrastructures as opposed to the small transport capacity and difficulty in defining the role of PRT in building a balanced transportation system. In this study, the vertical transfer device for the PRT vehicle is developed to provide more flexible and better compatible urban mobility services between means of transportation, which is expected to meet particular demands in a particular environment. This apparatus was initially designed based on the basis of vertical circulating conveyors with steel chains, which is frequently used in logistics. Its advantages are capable of the non-stop loading and reduced head-way time. Most importantly, it was intensified by the additional idea to ensure the stable and reliable transfer of the PRT vehicle fully loaded with passengers. The 1/10-scale prototype was successfully tested to demonstrate a fundamental mechanism of vertical transfer and identify unexpected user requirements prior to a real manufacturing process.

Key Words : Door-to-Door Transport, On-demand, Personal Rapid Transit, Vertical Transfer

1. 서론

수요응답형 순환교통시스템(Personal Rapid Transit: PRT)은 4~6인이 승차할 수 있는 소형 차량이 다수의 루프를 포함하는 네트워크로 구성된 별도의 노선을 통하여

출발지에서 목적지까지 정차하지 않고 운전자 없이 운행하는 미래형 신교통수단으로 정의할 수 있다[1~3]. 시스템의 용량 측면에서는 지하철 등 현재 운행되는 교통수단에 비해 작은 규모이나, 자동차에 버금가는 승객의 이용 편의성 및 최적화된 경로운행으로 인한 높은 효율성

본 논문은 한국철도기술연구원 “수요응답형 순환교통시스템(PRT) 핵심기술 개발”과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Seok-Won Kang(Korea Railroad Research Institute)

Tel: +82-31-460-5673 email: swkang@krrri.re.kr

Received March 14, 2013

Revised April 9, 2013

Accepted June 7, 2013

등의 특징으로 많은 주목을 받아왔다. 특히, 국제적으로 환경친화적이고 에너지효율이 우수한 교통시스템에 관한 관심이 증가하고 있는 시점에서 PRT와 같은 에너지 소비가 적은 수송수단의 역할이 재조명되고 있다[3].

국내에서 진행되고 있는 PRT 관련 연구를 살펴보면, PRT 시스템의 특성을 고려하여 적정지역 선정에 위한 정책적 검토 연구, 시스템의 운행 및 제어 기술 향상을 위한 최적화 알고리즘 개발에 관한 연구, PRT 차량의 전력 공급 시스템에 관한 연구, 시뮬레이션 접근방법을 통한 PRT 정류장 용량분석에 관한 연구[3~7] 등 다양한 분야에서 활발하게 이루어지고 있다. 이와 더불어 문전수송 수단인 PRT의 특성을 고려하여 기존 교통시스템과의 연계 환승을 위해 건물 내·건물 간 신속한 이동에 대한 중요성과 무인차량의 자율운행 및 정차[8] 등의 연구도 함께 주목받고 있다.

이에 본 연구에서는 도심지 내의 타 교통수단과의 효율적인 연계와 복합 환승 센터 건물 내 및 공간이 협소한 구간에서 신속하고 자유롭게 목적지에 접근하기 위해 PRT 차량을 위한 수직이송장치를 개발하고자 한다. 일반적으로 역사 및 복합 환승 센터와 같은 복잡한 건축 구조물 내에서 승객을 동반한 차량을 직접 수직으로 이송할 사례는 세계적으로 찾아보기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 물류 및 제조 공정 시스템[9]에서 사용되는 수직이송 방식에 관한 사례조사 및 분석을 통하여 일정 사이클로 연속운전이 가능한 순환 컨베이어(Circulating Conveyors) 개념을 적용하여 개발하였다. 물류시스템에서 사용 중인 순환 컨베이어 방식의 시스템은 크기가 작고, 경량화중의 화물을 연속적으로 수송하기 위해 주로 활용되고 있는 기술로 인승용으로 활용하기 위해서는 구조적 안정성을 확보하여야 한다. 이에 Slat Bar의 단면형상(안)에 대한 1차원 처짐 및 Slat Panel의 3차원 구조 안전성 해석을 수행하였다. 또한, 채택한 방식의 적용성을 검증하기 위하여 실제 크기의 1/10 모형실험체를 설계, 제작하여 장치의 기술적인 운용 가능성을 확인하고자 하였다. 모형시험을 통하여 수평/수직 컨베이어의 연동성과 체인 추가에 따른 동기화 여부 등 차량의 안전하고 효과적인 수직이송을 위한 기초적인 기능구현 시험을 수행하였으며, 앞으로 PRT 차량의 수직이송장치 상세설계 및 제작에 활용하고자 한다.

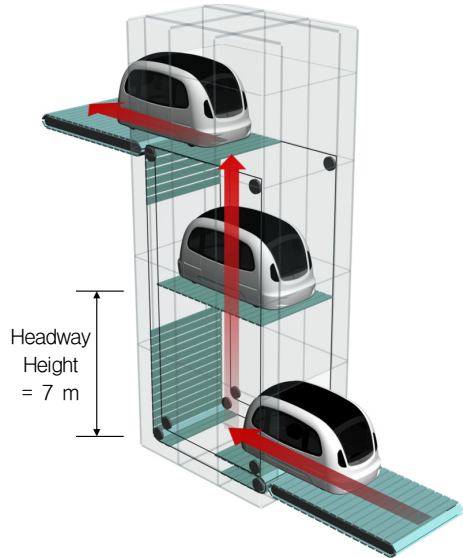
2. 수직이송장치 개요

2.1 기본 개념

순환 컨베이어 방식은 차량 진출입용 2기의 수평 컨베

이어와 차량 승강용 수직 컨베이어 1기로 구성된다. 승강용 수직 컨베이어는 순환체인에 연결된 다수의 Slat Panel로 구성되며, Slat Panel은 순환체인에 회전방향으로 구부러질 수 있도록 여러 개의 Slat Bar로 연결되어 있다. 4개의 순환체인이 Slat Panel의 4개의 각 모서리에 연결되어 승강 시 Slat Panel이 수평을 유지하도록 해 주며, Slat Panel 자체도 처짐을 방지하고 하중을 지지할 수 있는 구조로 되어 있다. Fig. 1은 수직이송장치를 이용한 차량의 진입/수직이송/진출의 운영 예시를 나타낸다.

순환 컨베이어의 이송 속도를 0.2m/sec이라고 가정했을 때, 10m 높이로의 수직 이송 시 진입/이송/진출에 걸리는 시간은 대략 100초이다. 연속 이송을 고려할 시 Slat Panel의 최대 순환 간격은 37.5초로, 같은 조건에 대해 연속 이송이 가능한 한 또 다른 방식인 순환 케이지(Circulating Cage: 대략 45초) 방식보다 효율적이다.



[Fig. 1] Operational Concept Design of Vertical Circulating Conveyors for the PRT vehicle

2.2 설계 요구 사항

실제로 순환 컨베이어 방식을 기반으로 한 시스템의 적용 시 전체 PRT 시스템의 요구사항을 반영함과 동시에 수직이송장치 자체의 성능 및 안정성 확보 또한 매우 중요하다. 특히, 지연이 없는 차량의 운송을 위해서는 운영 속도를 최적화하여 설계 목표를 충족시킬 수 있는 사이클 타임(Headway Time)을 확보해야 한다. 이와 더불어 승객의 승차감 개선을 위한 가변 속도제어에 대한 검토 및 수직이송장치로부터 진출입 되는 연결부에서의 안정적인 운영을 위한 위치 감지 및 제어기술의 검토 또한 요

구된다. Table 1은 수직이송장치의 분야별 설계 목표를 나타낸다.

[Table 1] Target Specifications and Requirements

Sections	Items	Specifications
Cycle Time	Head-way Time for Non-stop Loading	19.0sec/10m
Driving Devices	Operating Method	Circulating Slat Panel with Chains
	Operating Speed	24m/min
Stop Guidance	Control Accuracy	Under ±100mm

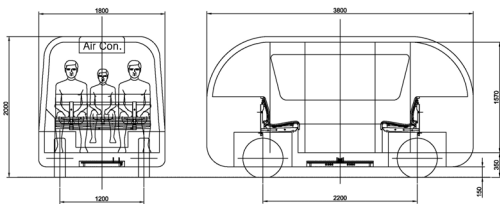
연결부에서의 차량의 진입 시 수평 컨베이어 위에 차량의 정차가 확인되고 동시에 수직 컨베이어는 동기화되어 차량의 수직이송을 진행하며, 진출 시에는 수직 컨베이어의 동작이 완료되고 동시에 수평 컨베이어가 차량을 이송장치 밖으로 차량을 이동시킨다. 무엇보다도 차량의 속도/위치 정보를 수직이송장치의 제어시스템이 인지할 수 있어야 하며, 차량의 다음 진행을 위해 수직이송완료 여부를 차량의 운행제어 시스템에서 확인할 수 있어야 한다.

3. 수직이송장치의 설계

3.1 기본 설계(안)

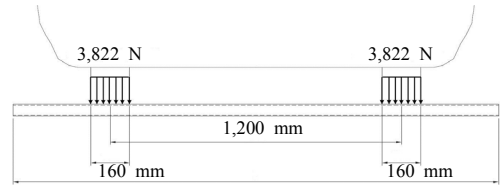
3.1.1 설계 시 고려사항

순환 컨베이어 방식에 대한 기본 개념 및 설계 목표를 바탕으로 구동장치 및 안전장치에 대한 기본설계(안)를 제시하였다. 수직이송장치 설계 시 기본고려사항으로서는 개발하고자 하는 PRT 차량의 설계 목표를 적용하였으며, 수직이송장치의 높이는 10m로 가정하였다. Fig. 2는 개발차량의 제원을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 PRT 차량의 크기는 길이 3.8m, 폭 1.8m, 높이 2.0m이고, 무게는 공차 중량이 900kg, 만차 중량이 1,300kg이다. 그리고 차량의 윤거 및 축거는 각각 1.2m, 2.2m이다.



[Fig. 2] Dimensions of Korean PRT Vehicle


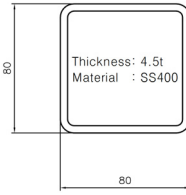
PRT 차량에는 승객이 탑승하고 있기 때문에 안정성을 확보하는 것은 무엇보다도 중요하다. 이에 설계(안)를 확정하기 전에 Slat Panel과 Slat Bar의 간단한 처짐량 계산을 통해서 가장 기본적인 안정성을 확인하였다. Fig 3에서 보이는 바와 같이 Slat Bar에 만차 중량의 하중이 타이어의 접촉면에 따라서 분포하중으로 적용된다고 가정하여 계산하였다.



[Fig. 3] Schematic of Loading exerted on the Slat Panel by the PRT Vehicle

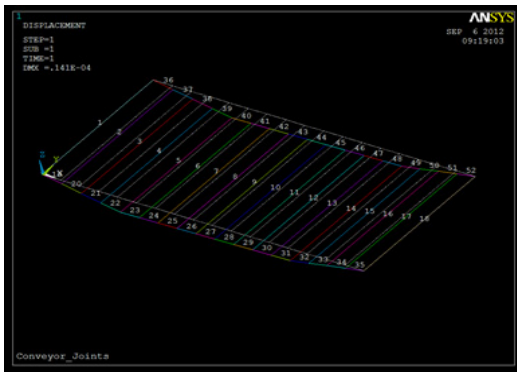
Table 2는 체인의 피치(Pitch) 데이터를 토대로 적용 가능한 Slat Bar의 종류와 Fig. 3의 하중조건에 따른 처짐 계산결과를 나타낸다. 여기서 Slat Bar의 길이는 루프(Loop)를 형성하는 각 체인의 위치에 따라 결정된다. AutoCAD® Mechanical을 이용하여 계산하였으며, Table 2에 요약된 계산결과를 바탕으로 정사각형(Type B) 단면의 부재가 처짐에서는 더 안정적인 것으로 확인되었다.

[Table 2] Comparison of Beam Deflection Between Two Types of Slat Bars [Unit: mm]

	Type A	Type B
Length of Slat Bar		
2,000	7.0	2.8
2,300	12.43	5.0
2,600	19.78	7.96
2,900	29.29	11.78

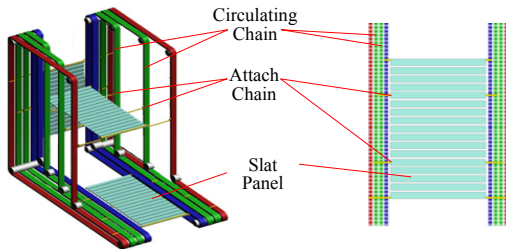
이와 더불어 Slat Panel의 수직 방향으로의 처짐을 계산하였다. 본 연구에서 Slat Panel의 구조 안정성 해석은 대형 동적 기계구조물의 유한요소해석[10]에 흔히 사용되고 있는 상용수치해석 프로그램인 Ansys®을 이용하였다. Ansys®의 Joint Element를 이용하여 체인 간의 연결

을 묘사하였고, 체인의 각 롤러링크(Roller Link)의 강성(Stiffness)은 Ansys®에서 기본적으로 제공하는 조인트 객체의 값을 적용하였다. 계산결과, Fig. 4에 나타난 바와 같이 처짐량이 크지 않기 때문에 Slat Bar의 간격을 최소화하고 수평지지를 위한 체인을 부가적으로 연결하면 구조적으로 문제가 없을 것으로 판단되었다.



[Fig. 4] Numerical Analysis of Slat Panel Deformation Using Joints

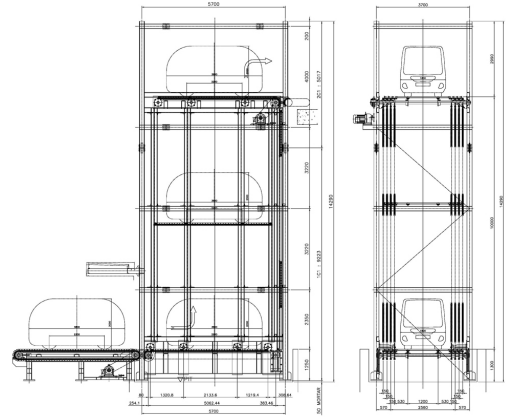
3.1.2 설계도면 제작



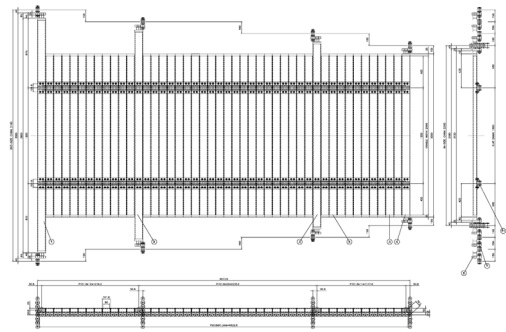
[Fig. 5] Schematic Configuration of the Vertical Conveyor System

순환 컨베이어 방식의 기본구조는 Fig. 5에서 알 수 있듯이 순환 체인과 Slat Panel이 연결되어 작동한다. 본 연구에서는 기존 물류시스템의 기본구조를 바탕으로 안전성 향상을 위해 기존 4줄 체인 방식을 8줄 체인으로 확장하였다. 따라서 순환체인은 동일한 길이로 최소 8개가 필요하며 Slat Panel의 코너 8개소에 각각 연결된다. Slat Panel은 순환체인의 피치와 동일한 폭으로 만들어진 여러 개의 Slat Bar로 연결되어 있어 순환체인과 동일한 동전을 유지하며 회전하다가 승강부분에서는 아이들러(Idler) 스프라켓(Sprocket)이 Slat Panel의 길이만큼 떨어져 있어 수평을 유지하며 올라가게 된다. 이때 Slat Panel이 수평을 유지하고 하중에 의한 처짐을 방지하기 위하

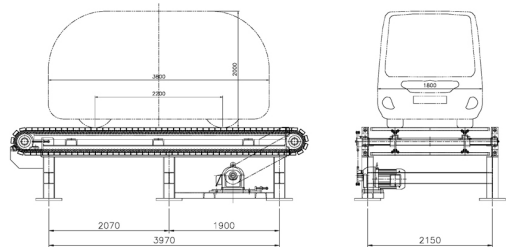
여 순환체인 회전방향으로는 자유롭게 구부러지고 반대방향으로는 180°까지만 회전이 가능한 구조로 되어있다.



[Fig. 6] Lay-out Design of the Integrated Vertical Transfer Device



[Fig. 7] Structure of the Slat Panel



[Fig. 8] Lay-out Design of the Conveyor to Deliver a Vehicle to the Vertical Transfer Device

Fig. 6 ~ Fig. 8은 PRT 차량 수직이송장치의 기본설계(안)를 보여주고 있다. Fig. 2의 PRT 차량의 설계 목표를 바탕으로 설계되었으며 수평 컨베이어를 제외한 수직 컨베이어의 크기는 5.9m(L) × 3.9m(W) × 14.3m(H, Pit 깊이 포함)이다.

앞에서 언급한 것처럼 PRT 차량에 사람이 탑승한 상태로 수직이송이 되므로 시스템적인 안전성 확보방안에 대해서도 검토를 하였다. 먼저 차량이 Slat Panel 위에 정확히 올라타기 위한 기본조건으로 PRT 차량이 진입 컨베이어의 정확한 위치에 정착하는 것이 필요하며, 또한 컨베이어의 연동이 정밀하게 이루어져야 한다. 이러한 장치들의 안전하고 완벽한 동작 및 위치 확인을 위해 각종 센서 구성에 대해 검토를 수행하였다.

수평 및 수직 컨베이어 위의 차량 유무 및 정위치 정착을 확인하기 위해 초음파 센서를 적용할 계획이며, 차량 전/후측 및 좌/우측 지장물 감시를 위해 멀티빔 센서(Multi-Beam Sensor)를 적용할 계획이다. 또한, 수평 및 수직 컨베이어 연동을 위해 연동지점, 승강지점 확인용 리미트 스위치(Limit Switch)도 적용할 예정이다.

정위치 정착은 PRT 차량의 앞바퀴를 감지하며, 차량 유무 확인은 차량 중간 부분을 감지하도록 한다. 차폭 및 지장물 감시는 차량 전후 및 좌우 정 위치에서 각 100mm 떨어진 위치에 멀티 빔 센서를 설치하여 차량 이동 시 간섭 여부 확인이 가능하도록 하였다. PRT 차량 위치 및 컨베이어 연동 확인을 위한 센서와 스위치는 Table 3에 요약하여 나타내었다.

[Table 3] Sensors for Detection of a Vehicle's Position and Synchronous Operation of the Vertical Transfer Device

Functions	Items	Detection Methods
Stop Position Detection	Vehicle Loading	Ultrasonic Sensor
	Front Wheel Position	Beam Sensor
	Front/Rear End of the Vehicle	Multi-Beam Sensor
Synchronized Operation	Loading Position on the Conveyor	Limit Switch
	Synchronized Operation of the Conveyor	Limit Switch

3.2 1/10 모형을 통한 시뮬레이션

3.2.1 개요

본 연구에서 개발하고자 하는 수직이송장치는 세계 최초로 승객을 동반한 PRT 차량을 수직운송 하는 것으로서 안전성에 대한 철저한 검증을 수행하여야 한다. 여기서는 이러한 안전성 증대를 위해 적용한 8줄 체인의 동기화 시험과 수평/수직 연동시험을 수행하고, 또한 향후 설계 및 제작 시 문제점 등을 미리 파악하고 이를 개선하여 상세 설계에 반영하기 위해 실 제품과 동일한 구조의 동작모형을 제작하였다.

모형은 실물의 약 1/10 크기로 실제 설계와 동일한 구

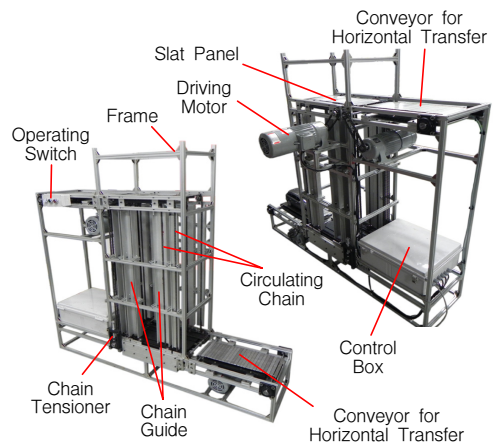
조로 동작이 가능한 모형으로 제작하였다. 체인 및 수프라켓은 동작을 우선으로 고려하여 상용제품을 적용하였으며 승/하강용 수직 컨베이어 외에 진/출입용 수평 컨베이어까지 제작하여 진입부터 진출까지 하나의 사이클을 확인할 수 있도록 제작하였다. 전원은 일반 AC220V를 사용하였고, PRT와 유사한 형태의 자동차 모형을 이용하여 수직이송 동작 시험이 가능토록 하였다.

3.2.2 동작모형 설계 목표 및 제작

수직이송장치 모형은 크게 수직 컨베이어와 수평 컨베이어로 구성된다. 수직 컨베이어는 순환체인과 Slat Panel, 체인 가이드(Chain Guide), 체인 서포트(Chain Support, 상/하부), 텐서너(Tensioner), 구동 모터 등으로 구성되어 있으며, 주요 전장품은 제어반과 조작반이 있다. 그리고 체인 서포트는 Slat Panel이 수평 이동할 때 하중을 지지하는 역할을 하며 하부와 상부에 각각 있다. Table 4에서는 동작모형의 설계 목표를 나타내고 있으며, Fig. 9에서는 모형의 주요 구성요소를 보여주고 있다.

[Table 4] Specifications of the 1/10-scale Prototype

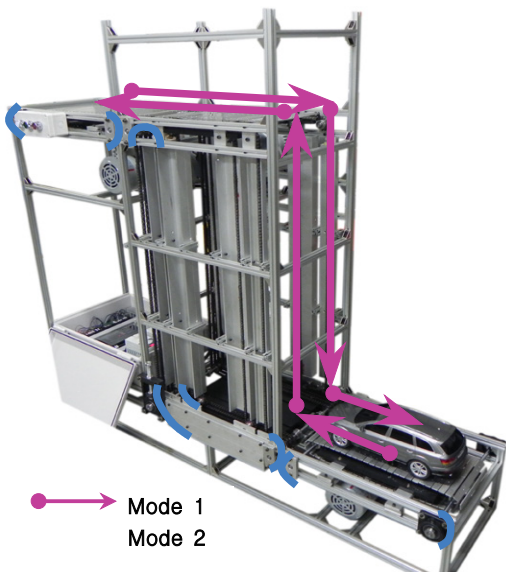
Items	Specifications
Dimensions	1,700mm(L)×1,570mm(H)×405mm(W)
Main Frame	20 × 20(mm), Aluminum
Chain Size	#35(Pitch : 9.525mm)
Sprocket	Number of teeth: 13 (P.C.D : 39.8mm)
Driving Motor	0.2 kW GEARED Motor - Rotating Speed: 1710rpm(60Hz), - Reduction Ratio: 1/30
Operating Speed	4.7m/min



[Fig. 9] Appearance of the 1/10-scale Prototype and its Main Components

3.2.3 동작 시뮬레이션 및 결과

동작모형은 PRT 수직이송 시현과 수평/수직 연동시현이 가능하도록 2가지 동작 모드로 프로그래밍 되었다. Fig. 10은 완성된 수직이송장치 동작모형과 시험 모드를 보여주고 있다. ‘Mode 1’은 PRT 수직이송 시현을 위해 Fig. 10과 같은 과정으로 1 Cycle을 동작하고 정지하며, ‘Mode 2’는 PRT 차량의 수직이송 장치의 연속동작을 확인할 수 있도록 상승 및 하강 동작을 정지버튼을 누를 때 까지 연속으로 동작하도록 하였다. 또한, Fig. 11은 동작모형을 이용한 차량의 수직이송 시현 중 정지화면을 보여준다.



[Fig. 10] Operating Modes of the 1/10-scale Prototype



[Fig. 11] Experimental Demonstration of Vertical Transfer of a Vehicle Using the 1/10-scale Prototype

시험결과, 모형구동 시 8줄 체인에 대한 체인 동기화는 무리 없이 잘 이루어짐을 확인할 수 있었다. 즉, 안전을 고려하여 기존의 4줄 체인 방식을 8줄 체인으로 확장

하더라도 체인 동기화에는 문제가 없을 것으로 판단된다. 다음으로 가장 핵심적인 사항인 차량의 수직/수평 연동 이송시험을 수행한 결과, 모형차량이 상/하강 모두 수평-수직-수평 컨베이어로 정확하게 연결되어 연속이송이 성공적으로 잘 이루어짐을 알 수 있었다. 향후 승차감을 보완하고 안전성만 입증된다면 추후 이송 속도도 더욱 높일 수 있을 것으로 판단된다. 반면, 시험 도중 여러 가지 예상치 못한 문제점들도 관찰할 수 있었다. 즉, 소형의 모형 제작상의 한계 및 부품수급 과정과 조립에서 발생한 문제로서 Slat Panel의 처짐, 수평/수직 컨베이어 연결부 통과 시 차량의 상하진동, 수평/수직 방향 전환 시 차량 쏠림 현상 등이 발생하였는데 이는 향후 실물제작 시 정밀가공을 한다면 상당 부분 해결될 것으로 판단되며, 차량 쏠림에 의한 승차감 문제는 향후 충분한 검토를 통하여 보완해야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 PRT 차량의 수직이송을 위한 방안(순환 컨베이어 방식)과 그에 따른 시스템 설계 목표 및 사용자 요구사항을 도출하였다. 또한, 기본적인 운영 메커니즘의 기술적 구현성을 확인하기 위하여 1/10 스케일의 모형을 제작하여 그 가능성을 확인하였으며 시험결과는 다음과 같다.

- 1) 수직이송 장치의 안정성을 확보하기 위하여 하중이 집중되는 지점에 수직이송 체인을 4개에서 8개로 확장하였다.
- 2) 1/10 스케일 모형제작을 통하여 8줄 체인 모형의 동기화된 움직임에 대한 모터 제어 및 순환 컨베이어 방식에 의한 수직이송의 가능성을 성공적으로 입증하였다.
- 3) Slat Panel을 구성하고 있는 Slat Bar의 간격을 최소화하여 세밀하게 제작할 수 있다면 Bar의 처짐 현상을 부가적인 장치 없이도 예방할 수 있음을 확인하였다.

향후에는 본 연구결과를 바탕으로 Slat Bar의 형상에 따른 전체 시스템의 구조 안정성 해석을 수행하고, 실물 크기의 mock-up 제작을 통해서 성능을 실질적으로 검증할 예정이다.

References

- [1] Jack H. Irving, Harry Bernstein, C.L. Olson, Jon Buyan, "Fundamentals of Personal Rapid Transit," D.C. Health and Company, Lexington M.A., 1978.
- [2] Min-Woo Kim, Hee-Young Lee, "Status of PRT Technology Development and Guide-Way R&D," DAEWOO Engineering Company Report, pp. 83-103, 2009.
- [3] Jin-Sun Lee, Kyoung-Tae Kim, "PRT Application Study Using Corridor Analysis: Focused on Nan-Gok Area," Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 14, No. 2, pp. 188-193, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2011.14.2.188>
- [4] Jin-Sun Lee, Kyoung-Tae Kim, "A Study on the Possibilities of PRT Applications," Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 12, No. 4, pp. 526-534, 2009.
- [5] Rag-Gyo Jeong, Beak-Hyun Kim, Hyeon-Chyeol Hwang, "Development of the Operation Simulator for the PRT System," Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 60, No. 11, pp. 2056-2063, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2011.60.11.2056>
- [6] Baek-Hyun Kim, Rag-Gyo Jeong, Sang-Ki Chung, Seok-Won Kang, "A Development of the Electric Power Supply System for PRT Vehicle," Journal of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 62, No.2, pp. 196-200, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2013.62.2.196>
- [7] Baek-Hyun Kim, Rag-Gyo Jeong, Hyeon-Chyeol Hwang, "Analysis of PRT Station Capacity based on Micro Simulation," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 60, No. 12, pp. 2254-2259, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2011.60.12.2254>
- [8] Kyoung-Hwan Cho, Jin-Wok Chung, "Development of Auto-Parking Algorithm for Driving in Urban," Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 12, No. 5, pp. 2360-2366, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.5.2360>
- [9] Jae-Hong Shim, "Design and Analysis of a Clean Non-contact type Conveyor's Driving Mechanism for Vertical Transfer of FPD Glass," Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol. 8, No. 4, pp. 71-76, December 2009.
- [10] Jong-Sun Lee, "Behavior Analysis of Elevator Door", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation

Society, Vol. 8, No. 5, pp. 991-994, 2007.

강 석 원(Seok-Won Kang)

[정회원]



- 2007년 2월 : 한국과학기술원 (KAIST) 기계항공시스템학부 (공학석사)
- 2012년 5월 : 미국 Texas A&M University at College Station 기계공학과 (공학박사)
- 2007년 1월 ~ 2008년 7월 : 르노삼성자동차 중앙연구소 사원
- 2012년 5월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 수요응답형교통연구단 선임연구원

<관심분야>

N/MEMS, 마이크로 열전달, 다중물리해석

엄 주 환(Ju-Hwan Um)

[정회원]



- 1996년 2월 : 금오공과대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원 (공학박사)
- 1996년 8월 ~ 1997년 12월 : 한국고속철도건설공단 주임연구원
- 1997년 12월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 수요응답형교통연구단 선임연구원

<관심분야>

철도선로구조, 철도선형해석

정 락 교(Rag-Gyo Jeong)

[정회원]



- 1999년 8월 : 인하대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 인하대학교 전기공학과 (공학박사)
- 1990년 12월 ~ 1994년 12월 : 한진중공업 사원
- 1995년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 수요응답형교통연구단 단장(책임연구원)

<관심분야>

전기전자, 열차제어, 시스템엔지니어링

김 종 석(Jong-Suk Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 선문대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 수요응답형교통연구단 주임연구원

<관심분야>

토목공학, 합성구조, 강구조