

PRT 시스템 운영관리 및 승객확인 시스템 설계

김백현*, 정락교*, 강석원*, 변운섭*, 엄주환*
한국철도기술연구원*

The Design of PRT Operation Management and Passenger Check System

Baek-Hyun Kim*, Rak-Gyo Jeong*, Seok-Won Kang*, Yeun-Seop Byun*, Ju-Hwan Um*
Korea Railroad Research Institute*

Abstract - 전용의 궤도에서 무인자동으로 승객의 요구에 따라 출발지에서 목적지까지 최적의 경로로 논스톱으로 운행하며, 높은 시스템 접근성과 프라이버시 보장 등 승용차 수준의 서비스 제공이 가능한 대중교통수단인 PRT의 운영관리를 위해 3D 그래픽 기반의 중앙제어 시스템을 개발하였다. PRT는 정거장을 필요에 따라 본선 또는 측선으로 설치 가능하며, 승객의 요청에 따라 배차서비스를 수요에 탄력적으로 대응할 수 있다. 본 연구에서는 PRT 차량의 운행상황을 직관적으로 모니터링하기 위해 3D 그래픽 기반 운영제어 시스템을 개발하였으며, 승객이 요청한 차량이 정확하게 배차되어 탑승하였는지 확인하기 위한 운행보조 시스템을 설계하였다.

1. 서 론

환경에 대한 관심과 고유가로 인한 대중교통으로의 관심은 날로 증가하고 있으며, 새로운 미래형 교통수단을 개발하여 승객에게 쾌적성, 프라이버시 보장 등과 교통약자 및 교통서비스 낙후지역에 대중교통의 문전수송(door to door) 서비스를 제공하려는 필요성이 대두되고 있다. 최근 부각되고 있는 지속가능한 교통수단과 관련하여 영국, 네덜란드, 미국 등의 선진국에서 전용궤도에서 무인자동으로 승객의 요구에 따라 운행되는 승용차 규모의 PRT(Personal Rapid Transit)의 개발이 활발히 이루어지고 있다. PRT는 총 연장거리가 1~10km, 시간당·방향당 3,000명 정도를 수용할 수 있으며, 다수의 소형차량이 승객의 탑승요청에 따른 스케줄에 따라 출발지에서 목적지까지 논스톱으로 이동하며, 타 궤도 기반 대중교통수단과 대비하여 작고 슬림한 구조물계획이 가능한 시스템이다[1,2].

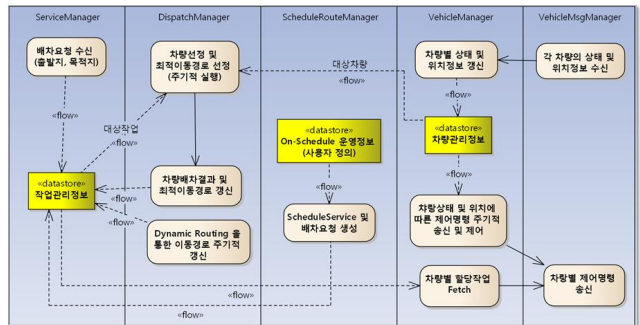
PRT는 정거장을 필요에 따라 본선(On-line) 또는 측선(Off-line)으로 설치 가능하며, 승객의 요구에 따른 배차서비스(On-demand Service)로 수요에 탄력적으로 대응할 수 있다. 비첨두시에는 차량이 정거장에서 승객을 기다리므로 공차운행에 따른 에너지 낭비를 최소화 할 수 있고, 효율적인 공차(Empty Vehicle) 관리를 통한 효율성 및 에너지 절감효과를 극대화 할 수 있다. 또한 차량은 고정된 노선으로만 운행하는 것이 아니라 목적지까지 최적의 노선을 탐색하여 운행하므로 높은 운행효율 확보가 가능하다. 기존 PRT 시스템은 2차원적인 평면교통수단으로서 복합환승센터, 중심상업지역 등과 같이 건물이 밀집된 복잡한 구조에서는 수송에 한계가 따른다. 한국형 PRT 개발에서는 타 교통수단과의 연계와 문전수송의 효율성 증대를 목적으로 PRT 차량의 수직이송방안을 제안하고 이에 대한 운영제어 인터페이스 설계 및 시험을 수행하고 있다[3,4].

본 연구에서는 PRT 차량의 운행상황을 직관적으로 모사하고, 그 운행 상태정보를 모니터링하기 위해서 3D 그래픽 기반의 운영제어 시스템을 개발하였으며, 승객이 요청한 차량이 정확하게 배차되어 해당 승객이 올바르게 탑승하였는지 확인하기 위한 운행보조 시스템을 설계하였다.

2. 본 론

2.1 PRT 차량 운영 및 배차 정책

PRT 운영제어시스템은 운용중인 차량과 지상에 설치된 인프라를 통해 무선 통신으로 실시간 연결되어 각 차량의 제어 및 상태를 관리하고, 개별 지역제어시스템으로부터 승객으로부터 배차 요청이 접수되는 대로 운행 스케줄링을 통해 인근에 위치한 차량중에서 서비스가 가능한 차량을 검색하여 적절한 차량을 요청한 정거장으로 배차시켜 승객에게 서비스를 제공한다[5,6]. PRT의 기본적인 운영모드인 On-Demand 모드를 위한 운영제어시스템 기능이 더불어 차량의 운행 경로가 일정한 노선으로 집중되어 운영되어지는 경우를 고려한 On-Schedule 모드 적용에 따른 차량경로 선정 및 배차 알고리즘 연동 등의 개발에 따라, 운영제어시스템의 아키텍처 설계 및 관련 프로세스를 구현하였다.



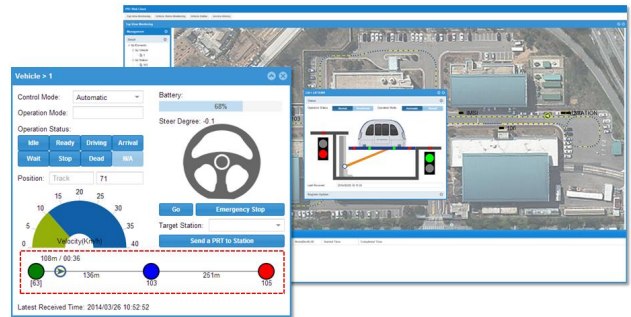
〈그림 1〉 PRT 운영제어시스템 주요모듈간의 액티비티 다이어그램

그림 1은 PRT 운영제어시스템의 프로그램으로 구현된 주요 Manager 클래스 간의 프로세스를 나타내며, On-Demand 및 On-Schedule의 두 가지 운영모드를 지원하지만, 시스템 측면에서는 동일한 처리 프로세스를 가지는 모듈 구현하기 위해 클래스간 참조관계 및 각 클래스별 Cache Data 관리항목 등으로 설계하였으며, 차량배차 및 동적 라우팅 모듈 인터페이스 적용을 위한 부분도 고려하였다.

차량의 효율적인 운영을 위해 특정차량이 특정 운영모드를 지원하는 것이 아니라, 상황에 따라 2가지 운영모드를 동시에 지원이 가능하도록 차량배차를 결정하며, 또한 On-Schedule 운영모드 내에서도 다음의 3가지 차량배차정책에 따라 한 차량이 다수의 Schedule Route를 서비스하는 형태가 가능한 구조로 설계하였다.

- Dedicated : 지정된 n대의 차량들을 특정 Scheduled Route에만 배차
- Pooling : 지정된 n대의 차량들을 복수개의 Scheduled Route을 대상으로 실시간 최적 차량 배차
- Unfixed : 차량 지정하지 않고 실시간 최적 차량 배차

타 교통수단과의 연계와 문전수송의 효율성 증대를 목적으로 PRT 차량을 수직방향으로 이동시킬 수 있는 수직이송장치를 개발하였다. 더불어, 수직이송장치의 실시간 상태조회 및 필요시 관제센터에서 수동으로 원격제어를 위한 기능제공을 위해서 웹 기반의 모니터링 시스템에 추가 화면을 구현하였다.

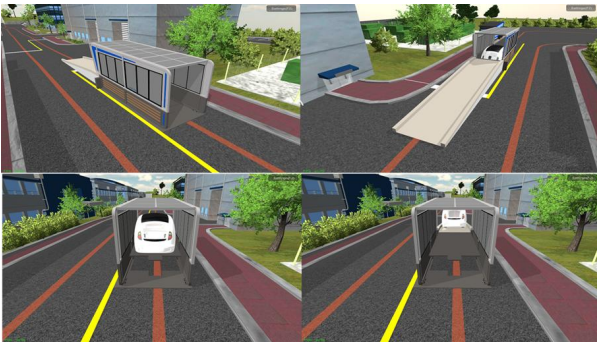


〈그림 2〉 PRT 운영제어시스템(차량 및 수직이송장치 상태 모니터링)

배차 알고리즘을 통해 도출된 최적이동경로를 기반으로 차량주행 중 발생하는 병합구간에서 다른 차량과의 충돌방지 및 차량 간의 Deadlock

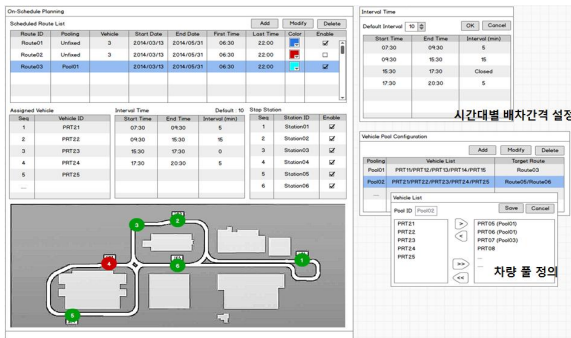
방지를 위해 기존의 DARA(Deadlock Avoidance Routing Algorithm) 적용 검토하였다. 차량크기 및 속도, 이동경로, 주행시작시점 등의 입력데이터를 기반으로 차량 간의 충돌 및 교착이 발생하지 않도록 주어진 경로에 대하여 각 차량별 시간대별 차량의 이동계획을 도출하게 되고 데이터를 바탕으로 중앙제어시스템이 각 차량의 경로 및 제한속도를 제어하도록 한다.

운영제어시스템과 수직이송장치 제어시스템간의 정의된 통신 프로토콜을 기반으로 TCP/IP 소켓통신을 통한 수직이송장치와 연동 모듈 구현하였으며, Modbus 에뮬레이터를 사용하여 정의된 메시지 포맷별 데이터 송수신을 확인한 후 실제 장비에 적용하였으며, 다음 그림 3에서와 같이 수직이송장치에 대한 3차원 모델링을 통해 차량 및 수직이송장치의 상황을 모니터링할 수 있도록 제작하였다.

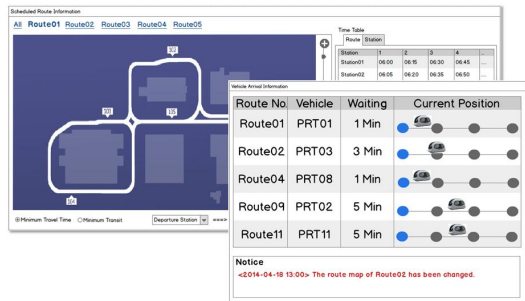


〈그림 3〉 수직이송장치 구간 3차원 모델링

PRT의 고유한 운영모드인 On-Demand 모드의 경우, 승객의 요청에 따라 차량을 배차하게 되므로 스케줄을 관리하는 기능은 필요하지 않다. 그러나, 출퇴근 시간 등과 같이 차량의 운행 경로가 일정한 노선으로 집중되어 운영되어지는 경우에는 On-Schedule 운영모드가 보다 효율적이다. 이를 위해 순환노선 정의 및 관련 데이터 관리를 위한 관리화면을 그림 4와 같이 설계하였으며, 승객에게 정보를 제공하기 위하여 그림 5와 같이 정류장에 설치되는 키오스크 화면상에서 현재 운행중인 Scheduled 노선에 대한 차량의 운행정보를 실시간으로 표시할 수 있도록 구현하였다.



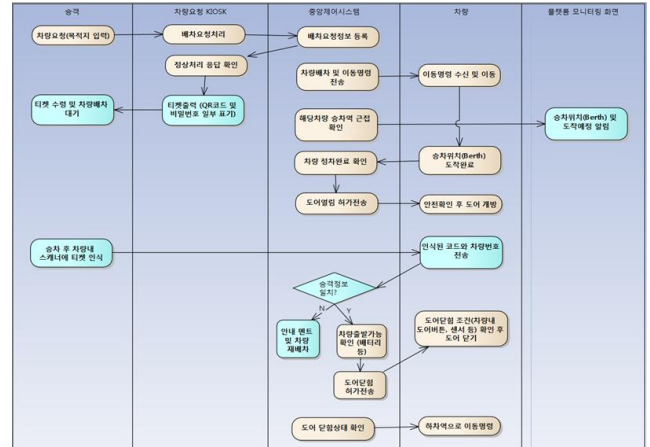
〈그림 4〉 On-Schedule 배차계획 관리화면



〈그림 5〉 On-Schedule 키오스크 화면

PRT 정거장은 일반적으로 다수의 탑승장으로 구성되어 여러 대의 차량이 동시에 승객을 승·하차시킬 수 있도록 설계되어 진다. 이와 같은 상황에서 차량을 요청한 고객에게 순서대로 차량을 배차하거나 또는 장애인 등을 고려하여 우선순위를 지니고 차량을 배차하는 경우, 탑승한 승객에게 차량이 올바르게 배차되었는지 확인할 필요가 있다.

PRT 운행 서비스 시나리오를 살펴보면, 우선 정거장에 도착한 고객은 키오스크 단말장치를 통해 차량의 배차를 요청한다. 차량 호출단계에서 고객에게 고유한 호출번호를 할당하고 바코드 또는 QR 코드 등의 인식이 가능한 티켓을 키오스크에 설치된 프린터로 출력한다. 고객의 차량요청에 따라 운영제어시스템은 인근의 서비스가 가능한 차량을 검색하여 서비스가 요청된 정거장에 배차시킨다. 배차된 차량은 전방 또는 측면에 설치한 화면에 호출한 고객의 호출번호 등을 표시한 상태로 정거장에 진입하고, 해당 호출번호의 고객은 차량에 탑승하여 키오스크에서 출력받은 티켓을 차량에 비치된 스캐너에 인식시키어 호출한 본인임을 확인한 후 차량을 출발시키어 PRT 서비스를 제공받는다.



〈그림 6〉 승객 확인절차 프로세스 설계

3. 결 론

다 교통수단과의 연계와 문전수송의 효율성 증대를 목적으로 현재 개발중인 한국형 PRT 운영제어시스템의 기본적인 기능을 구현하였으며, 추가적으로 On-Demand 운영모드 관리모듈 및 승객확인모듈 등의 서브시스템을 추가적으로 보완 설계하였다.

개발된 PRT 운영제어시스템을 통해 PRT 차량의 운행상황의 직관적인 묘사와 3D 그래픽 기반의 운행상태정보 모니터링이 가능하며, 승객이 요청한 차량이 정확하게 배차되어 해당 승객이 올바르게 탑승하였는지 확인이 가능하도록 개발되었다. 차량을 요청한 고객에게 순서대로 차량을 배차하거나 또는 장애인 등을 고려하여 우선순위를 지니고 차량을 배차하기 위하여 승객 확인절차 프로세스를 설계하였다. 향후 승객의 지문, 음성 또는 얼굴 등의 생체 데이터를 활용하여 간편하게 승객을 확인하는 절차로 개선시키는 연구가 필요할 것으로 기대된다.

【참 고 문 헌】

- [1] 김백현, 정락교, 정상기, 강석원, "PRT 차량의 전력 공급시스템 개발", 전기공학회논문지, 제62권, 제2호, pp. 196~200, 2013.
- [2] 김백현, 정락교, 황현철, "미시적 시뮬레이션을 통한 PRT 정류장 용량분석", 전기공학회논문지, 제60권 제12호, pp.
- [3] 강석원, 엄주환, 정락교, 김종석 "운행중인 PRT차량의 수직이송을 위한 장치개발", 한국산학기술학회 논문지, 제14권, 제6호, pp. 2604~2611, 2013.
- [4] 김백현, 강석원, 정락교, 엄주환, 변윤섭, "PRT 차량 수직이송을 위한 운영제어모듈 개발", 2014 한국산학기술학회 춘계 학술발표논문집, pp. 181~183.
- [5] 김백현, 정락교, 강석원, 변윤섭, 엄주환, "3D 그래픽 기반 PRT 시뮬레이터 구현", 2014 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1071~1072.
- [6] 김백현, 변윤섭, 강석원, 엄주환, 정락교, "PRT 운영제어시스템 및 가상현실기반 시뮬레이터 구현", 2014 대한전자공학회 하계학술대회 논문집, pp.1350~1353