

# 물류 수송을 위한 인터모달용 자동운송 대차의 주행정보 시스템 구축에 관한 연구

배거성\* · 최헌진\*\* · 손기환\*\*

A Study on The Establishment of A Driving Informaion System  
for An Intermodal Automatic Transport Bogie for Logistics Transportation

Geo-Sung Bae\* · Heon-Jin Choi\*\* · Ki-Hwan Son\*\*\*

## 요 약

효율적인 물류 수송을 위한 수단으로 인터모달 자동운송 대차에 대한 요구가 있다. 인터모달은 이종 운송 수단과 연계, 특정 구간의 단선 운행에 대한 수요가 높은 특징을 가지고 있다.

본 연구에서는 인터모달 자동운송 대차 특징에 적합하도록 기존 철도 운행시스템과 달리 간소하면서도 인터모달 자동운송 대차에 최적화된 주행정보 시스템을 구현 및 실험형 시연모델에 적용하여 정위치 정차 및 각 시스템 간 원활한 인터페이스 및 간소화된 시스템으로 운용 사례를 제시한다.

## ABSTRACT

There is a demand for an intermodal automatic transport bogie as a means for efficient logistics transport. Intermodal is characterized by high demand for single-track operation in a specific section in connection with heterogeneous transportation means.

In this study, a driving information system that is simple and optimized for the intermodal automatic transportation bogie is implemented to be suitable for the characteristics of the inter-modal automatic transportation bogie, unlike the existing railroad operation system, and applied to a real large-scale demonstration model to ensure in-place stopping and a smooth interface between each system. and operational examples with a simplified system.

## 키워드

Position detection, Photo sensor, Encoder, GPS  
위 치검지, 광센서, 엔코더, GPS

## 1. 서 론

물류 수송을 위한 수단과 방법에 관한 연구는 지속

해서 이루어지고 있으며, 최근 재택 및 원격 근무, 탄소배출 및 미세먼지 저감, 물류비용 절감 등 다양한 사회환경변화에 따라 인터모달 자동운송 대차에 대한

\* 경성대학교 정보통신공학과(bgs277@naver.com)

\*\* 주식회사 ㈜앤티스 연구원(hjchoi.ants@gmail.com)

\*\*\* 교신저자 : ㈜앤티스 연구소장

• 접수 일 : 2021. 12. 27

• 수정완료일 : 2022. 01. 22

• 게재확정일 : 2022. 02. 17

• Received : Dec. 27, 2021, Revised : Jan. 22, 2022, Accepted : Feb. 17, 2022

• Corresponding Author : Ki-Hwan Son

Dept. Corporate R&D Center, Ants Co., Ltd.,

Email : khson.ants@gmail.com

요구가 더욱 증가하고 있다. 자동운송 대차는 궤도를 주행하는 철도차량의 일종으로 볼 수 있다. 그러나 서로 다른 운송 수단과 연계를 위해서는 종래의 여객 및 화물 운송 목적의 승강장과 다르게 구성될 수밖에 없으며[1], 도심을 관통하는 특정 도로와 분리[2]하여 특정 구간을 운행 요구가 큰 반면 그 구간의 거리는 짧고 단선인 경우가 많아 주행에 요구되는 제어·통신에 요구되는 시스템의 규모는 상대적으로 단순화할 수 있다. 따라서 초기 구축 비용감소 및 주파수 간섭 현상[3] 등 시스템 에러 발생률 감소 효과가 있으며, 이는 물류비용의 절감 목적과 안전성 확보에도 부합한다.

본 연구에서는 한국교통연구원에서 주관하여 개발 중인 인터모달 자동화물 운송 전체 시스템 중 운송 대차에 최적화된 주행 정보 시스템을 구현 및 실험형 시연모형에 적용하여 시험한 결과에 대해 다룬다.

## II. 본 론

### 2.1 시스템의 구성

인터모달 자동화물 운송 시스템의 전체 구성은 관제, 차상, 지상으로 구분되며, 자동운송 대차의 주행 정보 시스템은 관제의 차량 운행제어 시스템(Vehicle Operation Management System, 이하 VOMS)과의 인터페이스 및 주행 정보 연산을 위한 Total Traffic Control(이하 TTC) 서버 및 LTE 망으로 구성되고 차상에서는 LTE 라우터와 각종 센서로부터 데이터 처리 및 열차제어시스템(Train Control System, 이하 TCS)와의 인터페이스를 위한 Vehicle Total Traffic Control(이하 VTTC) 서버와 하부장치로 구성되며, 지상은 반사판으로 제작한 2종의 마커로 구성된다.

운송 대차의 자동 제어를 위해서는 실시간으로 위치정보가 요구되며, 위치정보를 기준으로 주행속도, 남은 거리 및 주정차위치 등의 정보를 연산할 수 있다. 연산을 위해 적용된 센서는 전역측위시스템(Global Positioning System, 이하 GPS), 광센서, 엔코더이며, 광센서 및 반사판의 경우 가림 또는 훼손 등의 사유로 반사 신호를 제대로 인식할 수 없는 상태[4]를 방지하기 위해 에어 가이드 및 가림막을 적용하였으나 훼손 정도가 심한 경우 신호 인식이 어려울 수 있다. GPS의 경우 실내 위치정보를 인식할 수 없

는 문제[5]가 있으며, 엔코더의 경우 궤도 운행을 하는 대차의 특성상 가장 정확한 정보를 수신할 수 있다. 그럼에도 불구하고 차륜 외경 변경, 훼손 등의 문제로 검사방법을 연구한 사례[6]가 있다. 따라서 인코더 기반으로 다중 센서[7]를 사용하여 자동보정[8]할 수 있도록 한다.

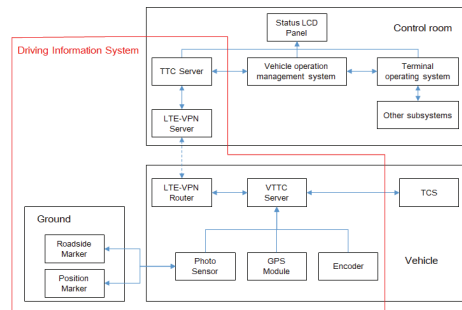


그림 1. 인터모달 자동화물운송 시스템 구성

Fig. 1 Intermodal automatic freight transportation system configuration

### 2.2 자동운송 대차 주행 정보 시스템의 통신구성

본 시스템의 기능은 운송 대차의 위치정보를 연산하고 VOMS, TCS 간의 통신 중계기능이다.

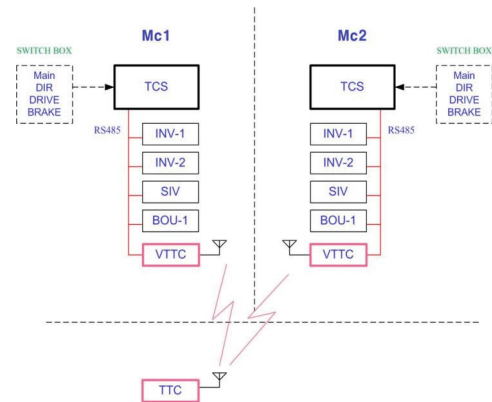


그림 2. 차량 통신 세부 구성(2량 1편성)

Fig. 2 Vehicle communication detailed configuration (2 cars, 1 formation)

VTTC는 하부장치(GPS, 광센서, 엔코더)로부터 데이터를 수신 및 처리 및 TTC로 전송하고 TTC는 전송받은 데이터로 위치정보를 연산한다.

### III. 주행 정보의 처리 및 연산

#### 3.1 센싱 데이터 처리

주행 정보에 필요한 위치정보는 엔코더의 이동 거리 정보를 기초로 하여 광센서 이용한 마커 정보로 보정을 한다. 마커 정보는 편광식 반사판을 이용하여 패턴을 생성[9]하여 위치를 인식한다[10].

위치의 기준점이 되는 마커 패턴은 맨체스터 코드를 이용하여 동기화를 쉽게 하고 오류를 줄일 수 있도록 설계하였다. 대칭 패턴을 아래, 위로 배치하여 이중화를 하였고 차량이 정방향으로 움직일 때 패턴과 역방향의 패턴을 다르게 인식하도록 하였다.

패턴을 통과할 때 속도의 변화가 발생하지만, 차량의 특성상 갑자기 속도가 변화하지는 않는다.

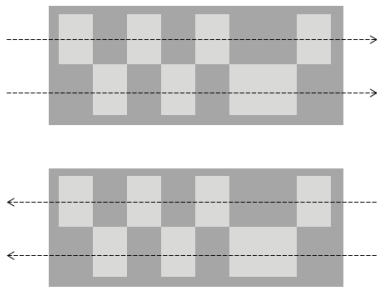


그림 3. 마커 패턴 인식 (위: 정방향, 아래: 역방향)

Fig. 3 Marker pattern recognition (Up : Forward, Down : Reverse)

VTTC는 엔코더와 마커 광센서를 입력받아 FPGA로 신호 처리한다.

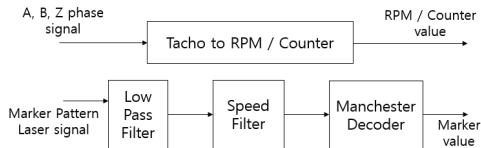


그림 4. FPGA 로직 설계  
Fig. 4 FPGA Logic Design

A, B, Z 상으로 입력되는 엔코더 신호는 주파수 값으로 속도를 계산하고 이동 거리 계산을 위한 카운터 값을 출력한다.

이중화된 2개의 광센서 입력 신호는 비교하여 정상 여부를 판단한다. 광센서는 반사판을 이용하여 입력되기 때문에 다른 물체의 방해 및 잘못된 반사가 있을 수 있으므로 필터를 하여 사용하여야 한다.

최대 속도가 40km/h이고 50x50mm 반사판 1개를 검출하는데 필요한 주파수는

$$\begin{aligned} & (50\text{mm}) / (40\text{km/h}) \\ &= (50\text{mm}) / (40,000,000\text{mm}/3,600\text{sec}) \\ &= (50\text{mm}) / (11,111\text{mm/s}) = 4.5\text{ms} \\ &= 222\text{Hz} \text{ 이므로} \end{aligned}$$

20 kHz 주파수로 샘플링하고 연속적인 신호가 감지될 때 정상 신호로 받아들일도록 글리치 필터를 사용하였다.

네트워크 통신에서 사용하는 맨체스터 코드는 에지로 비트를 전송하는 방식이다. 통신에서는 통신 속도가 일정하지만 움직이는 차량에서 마커 패턴을 인식하여 디코딩할 때는 속도의 변화에 대해 필터링을 하여야 한다. 최초 비트 감지 후 다음 비트를 감지할 때 차량 속도 변화를  $\pm 25\%$ 로 필터링하였다.

위치정보에서 가장 중요한 마커 인식을 위해 광센서 입력 이중화, 신호 LPF, 속도 필터, 마커 패턴 이중화, 맨체스터 코드를 사용하였다.

#### 3.2 위치정보 연산

위치정보에 관한 판단은 VTTC의 데이터를 기초로 하여 TTC에서 판단한다.

VTTC는 차량의 엔코더, 광센서 및 GPS 데이터를 TTC에 전송하고, TTC는 VTTC의 엔코더 정보를 기반으로 광센서, GPS 데이터를 보조로 하여 현재 차량의 위치를 판별한다.

VTTC는 TTC로부터 차량 기동 후 위치를 보정받고 차량 이동 시 차량의 이동 거리를 TTC에 전송한다. TTC는 전송된 이동 거리를 VOMS로부터 수신한 목적지까지의 경로에 매핑한다. 경로는 일정 거리 또는 중요 지점마다 포인트가 설정되어 있으며 이 포인트를 지날 때 VTTC는 광센서로부터 포인트 번호를 수신한다. TTC는 오차 안의 범위에서 포인트 번호를 수신하게 되면 해당 포인트 정보를 토대로 차량의 위치를 보정한다. 최종적으로 TTC는 계산된 위치와 GPS의 위치를 검토하여 위치정보의 오류 여부를 VOMS로 전달한다.

#### IV. 주행 시험 및 결과

주행 정보 시스템을 적용하여 실험형으로 구현된 자동 운송 대차와 지상에 설치된 7개의 마커를 설치하여 실주행 시 마커의 인식을 및 차량의 위치 정확도 시험을 진행했다.

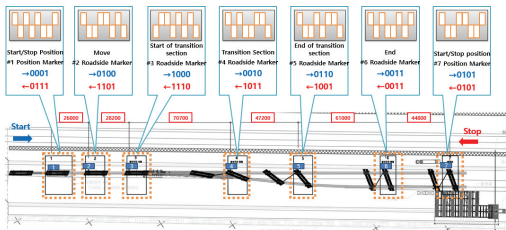


그림 5. 마커 코드 및 위치, 자동대차 주행정보  
Fig. 5 Marker code and location, Automatic transport bogie driving information

주행 시험은 출발선에서 정지선까지 정상 주행했을 때 마커의 인식을 시험과 정차 시 목표 정차 위치와 실제 정차 위치의 오차 거리에 대해서 측정했다.

마커를 정상적으로 인식하면 엔코더 데이터로 연산한 이동 거리 계산 값과 일치 여부로 확인할 수 있으며, 시험 결과 7개 마커 50회 총 350번으로 100% 인식되었다.

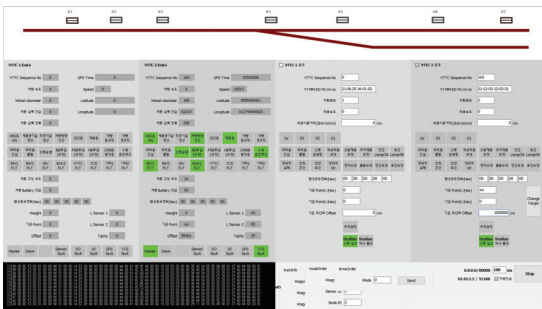


그림 6. 자동운전 및 주행정보 프로그램  
Fig. 6 Automatic driving and driving information program

50회 주행 시험 결과 검출된 마커로부터 이동 거리 데이터와 실제 측정 거리의 오차율은 평균 30cm 이내이다. VTTC의 센서 및 엔코더로 검출된 신호를

이용하여 TTC 프로그램의 거리 데이터와 실제 측정 데이터를 비교하였다.



그림 7. 거리 측정 중인 자동운송 대차

Fig. 7 Automatic transport bogie that is measuring distance

#### V. 결 론

본 연구에서는 인터모달용 자동운송 대차의 주행 정보 시스템 구축을 위하여 차량의 위치정보를 획득하고 처리하는 방안에 관한 연구를 진행하였다. 차량 위치정보 인식에 가장 중요한 요소인 마커 패턴 인식을 위해 광센서 이중화 및 신호 처리 등을 통해 검출률을 높였다.

시험에서는 차량 1대의 VTTC를 통해 위치정보를 확인하고 있지만 TTC 및 VOMS는 여러 대의 차량을 투입하였을 때도 문제없이 자동운전이 되도록 구성되었다.

인터모달은 물류 수송을 위한 자동운송 수단이므로 최적화된 주행 정보 시스템을 구현하고 시험하였다.

#### 감사의 글

본 논문은 국토교통부 교통물류 연구사업의 연구비지원(18TLRP-B134108-02)으로 수행되었습

#### References

- [1] C. Macharis and Y. M. Bontekoning, "Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review," *European J. of*

*operational research*, vol. 153, no. 2, 2004, pp. 400-416.

- [2] S. Shin, H. Roh, S. Hur, and D. Kim, "Freight Transport Demand and Economic Benefit Analysis for Automated Freight Transport System: Focused on GILC in Busan," *J. of Korea Port Economic Association*, vol. 33, no. 3, 2017, pp. 17-34.
- [3] J. Baek and C. Lee, "The Study on Train Separation Control Technology using Balise for Conventional Line Speed Up," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 10, no. 2, 2009, pp. 256-263.
- [4] J. Jung, G. Lee, and B. Kim, "A Study on Stable Service of Marker Based Augmented Reality Using 3D Location Measurement of Beacons," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 5, 2017, pp. 883-890.
- [5] D. Kim, S. Kim, J. Youn, and C. Ban, "The Design and Implementation of an Indoor Navigation System using Beacon Signal," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 31-38.
- [6] K. Bollas, D. Papasalouros, D. Kourousis, and A. Anastasopoulos, "ACOUSTIC EMISSION INSPECTION OF RAIL WHEELS," *J. of Acoustic Emission*, vol. 10, no. 3, 2017, pp. 83-90.
- [7] H. Yoon, T. Park, Y. Yoon, J. Hwang, and J. Lee, "Estimation of Train Position Using Sensor Fusion Technique," *J. of the Korean Society for Railway*, vol. 8, no. 2, 2005, pp. 155-160.
- [8] J. Lee, S. Kim, and S. Park, "An Accurate Velocity Estimation using Low Resolution Tachometer of High-Speed Trains," *J. of the Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 67, no. 1, 2018, pp. 131-136.
- [9] S. Heo and T. Park, "Localization System for AGVs Using Laser Scanner and Marker Sensor," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 23, no. 10, 2017, pp. 866-872.
- [10] G. Bae, J. Kim, K. Kong, H. Kang, and K. Son, "Implementation of train concentrator of automated Intermodal Freight Transport System," *Conf. of the Korean Society for Railway*, Jeju, Korea, Nov. 2020, pp. 206.

## 저자 소개

### 배거성(Geo-Sung Bae)



2012년 경성대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)  
2021년 경성대학교 정보통신공학과 석사과정

※ 관심분야 : 영상처리, 신호처리, 디지털통신

### 최헌진(HeonJin Choi)



2000년 동의대학교 산업공학(공학사)

2005년~2011년 (주)씨엠케이 연구원

2015년~현재 (주)엔츠 책임연구원

※ 관심분야 : 영상처리, 디지털통신

### 손기환(Ki-Hwan Son)



2004년 부산외국어대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2010년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2004년~2011년 (주)파머나인 개발팀장

2011년~현재 (주)엔츠 연구소장

※ 관심분야 : 영상처리, 신호처리, 디지털통신

