적외선 센서를 이용한 자동 승객 계수 시스템에 대한 고찰

Considerations of Automatic Passenger Counting System using Infrared Sensors at doorway in Overseas Railway Transit

김진석† 곽호승**

Kim, Jin-Seok Gwak, Ho-seung

ABSTRACT

Unlike domestic railway transportation system in which majority of station are equipped with gate access controller and ticket office, it has been a very common practice in overseas railway transit or railway station that they use a pressure door mat, infrared-sensors or CCTV cameras so as to automatically determine the number of passenger onboard and alight and to reflect the information to their business (i.e., deployment of vehicles and human resources).

The data collected by the automatic passenger counting (APC) system provides methods how to obtain the information about the number of passenger using the vehicles on the basis of date, time and stop(station) which enables large-scaled transit company to create profits through effective vehicle deployment and management of their employees.

This paper addresses the basic features of the automatic passenger counting system using infrared sensor and describes those of the extended APC system in conjunction with wireless technologies such as GPS, WLAN or Cellular network.

국문요약

대부분의 역사에 개찰구와 매표소가 구비되어 있거나 탑승 검표원이 드문 국내 철도 시스템과는 달리 해외의 경우, 버스 혹은 철도차량의 각 출입문 근처에 압력센서 발판 혹은 적외선 센서 그리고 CCTV 카메라를 이용한 승객 계수 시스템이 이용 되어져 왔다.

이러한 승객 계수 시스템에 의해 수집된 정보는 요일별, 시간대별 그리고 정류소별 차량 승하차 승객수 파악을 위한 솔루션을 제공함으로써 대규모의 차량 운영사로 하여금 효율적인 차량배치 및 불필요한 인력낭비 방지를 통한 이익창출을 가능케 할 것으로 예상된다.

본 논문에서는 철도차량 출입문 근처에 적외선 센서를 장착하여 차량 승하차 승객수를 계산하는 시스템의 특징 및 무선망(GPS, WLAN, Cellular)과 연동시 제공되는 기타 기능들에 대해 서술하였다.

† 현대로템 기술연구소, 주임연구원, 정회원
E-mail : kim.js@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)596-9394 FAX : (031)596-9757

* 현대로템 기술연구소, 선임연구원, 비회원

1. 서 론

1990년대 이후 카메라 영상을 이용한 승객 계수 시스템에 대한 제안 및 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이는 주로 동체 추적 알고리즘에 기반하여 카메라 화각 범위내의 피사체의 유무 및 수량에 따라 일반 건물이나 백화점등의 이용객 및 운송수단 승객 수에 대한 데이터를 수집한다. 그러나 출구의 개폐가 통제되지 않거나 상시 개방 혹은 사람의 접근에 따라 출입문이 동작하는 환경에서 정해진 카메라 화각 내에서 피사체가 중복 출현할 때 카메라를 이용한 승객 계수 시스템은 승객수를 이중으로 처리(Counting)하는 단점이 있다.

적외선 센서를 이용하는 승객 계수시스템은 각 출입문에 센서 유닛을 설치하여 출입문턱에 수직으로 비가시막을 형성함으로써 이막을 통과하는 물체만을 카운트함으로써 CCTV 카메라와 같은 중복처리 문제를 제거할 수 있다. 이러한 이유로 국내를 제외한 대다수의 운송 시스템에 적외선 센서를 이용한 승객 계수 시스템이 이용되고 있다.

알려진 바에 따르면 적외선 센서 시스템의 경우 90% 이상의 정확성을 제공하고 있으며 적외선 센서의 성능 및 종류에 따라 95% 이상의 정확성을 보장하는 시스템도 이용되어 지고 있다.

본문에서는 기본적인 Door Sensor의 동과 물체 식별 원리, 설치사례 및 기본적인 시스템 구성도, 수집 데이터의 검토 및 분석에 대한 내용 등에 대해서 다루고자 한다.

2. 본 론

2.1 적외선 도어 센서의 기본 동작

자동 승객 계수 시스템은 차량의 각 출입문에 적외선 센서를 부착함으로써 각 출입구에 비가시막(Invisible laser Curtain)을 형성한다. 차량이 이동 중이거나 정차중 이더라도 출입문이 개폐되지 않으면 시스템은 동작하지 않도록 설계되어 센서 설치 주변에서의 승객의 움직임은 승객 데이터에 영향을 주지 않는다.

차량의 출입문이 열리고 승객이 비가시 막을 통과할 때 계수 시스템은 통과 물체의 수량, 크기, 속도 등에 따른 적외선 파장의 변화된 지연 및 반사량을 감지하게 된다.

일반적으로 필요한 센서의 수량은 출입구의 폭에 따라서 달라진다. 1미터 내외의 출입구의 경우, 1개의 센서가 필요하고 1~1.5미터 폭의 출구에는 2개의 센서가 소요된다. 그림 1은 기본적인 적외선 도어 센서의 원리를 시각적으로 보여주고 있다.

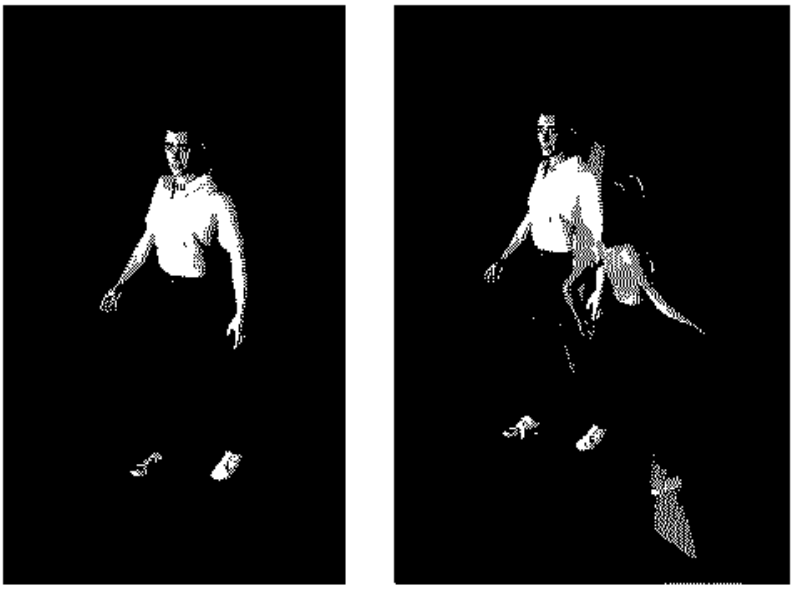

그림 1. 적외선 도어 센서의 기본 동작 개념

2.2 기본 시스템 구성

적외선 센서를 이용한 승객계수 시스템의 기본 시스템의 구성은 각 출입문의 상단에 장착되는 적외선 센서(Infrared Door Sensor)와 각 센서로부터의 데이터를 취합하는 분석기(Analyzer) 그리고 수집된 정보를 가공 및 저장하는 메인 컨트롤러(Data Logger or Recorder)로 구성되어 진다.

출구를 통과하는 승객으로부터 반사된 적외선 파형의 데이터는 각각의 센서로부터 해당 센서들이 연결된 분석기(Analyzer)로 전송되어 정해진 알고리즘 및 센서가 제공하는 정확도에 따라 각 출구별 승객의 수를 카운트 한다. 분석기에 의해 계산된 승객의 수는 전체 시스템에서 '출구별 승객수'로 관리되어 차량의 승객 하중 (Passenger Loading) 분석을 위한 지표로 사용되어 진다.

승객 계수 시스템이 적용되는 차량의 규모 및 출입구의 수량에 따라 필요한 적외선 도어 센서와 분석기의 수량이 결정되며 각각의 분석기에 의해 카운트된 출입구별 승객 정보는 직렬통신방식을 이용하여 데이터 저장장치(Data Logger or Recorder)로 전송되어 진다.

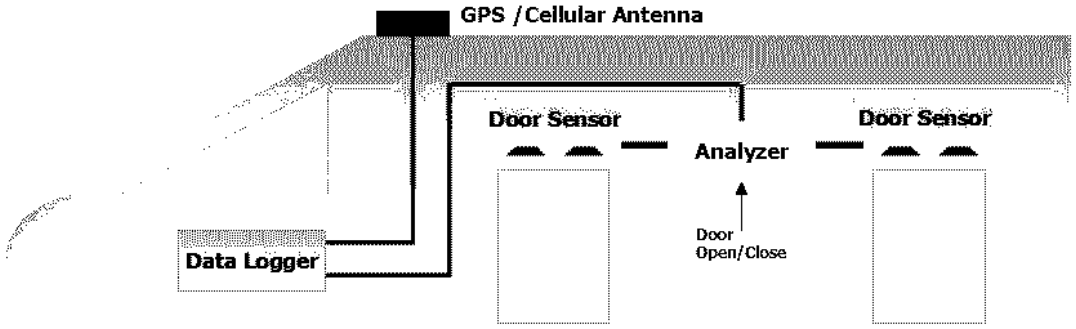

그림 2 무선 전송기능과 결합된 시스템 개념도

일정 기간 동안 차량 운행이 누적됨에 따라 데이터 로거에 저장된 데이터량이 증가 되며 차량 운영사는 별도의 데이터 분석 프로그램이 장착된 컴퓨터를 이용하여 데이터 로거에 저장된 데이터를 다운로드 및 분석프로그램이 제공하는 다양한 형태의 리포트를 제공받게 된다. 보다 자세한 분석 소프트웨어의 일반적인 기능들에 대해서는 2.3절에서 알아보기로 한다.

위에서 언급한 기본적인 자동승객 계수 시스템에 무선 기술(GPS 혹은 Cellular등)이 결합하게 되면 한층 다양한 추가 기능들이 제공되고, 이는 차량 운영사로 하여금 보다 효율적인 차량 배차 및 편성 운영을 가능케 한다.

예를 들어 차량에 GPS 안테나가 장착되면 생성되는 데이터 저장장치(Data Logger)는 생성되는 카운트 데이터에 GPS 시간/날짜 정보뿐만 아니라 지리좌표 정보를 추가 할 수 있다. 이는 카운트 데이터가 어느 역에서 생성되었는지 알 수 있게 함으로써 출입문 개폐에만 의존하는 데이터의 추출 시점(위치)에 대한 오류 보완 및 보다 정확한 역사별 승객 계수 분석을 가능하게 한다.

그러나 GPS가 결합된 시스템이라 할지라도 수집된 승객 정보는 데이터 저장장치(Data Logger)의 저장용량이 한계에 다다르기 전에 승무원 혹은 인가된 자에 의해 Data Logger로부터 별도의 저장매체에 다운로드 되어야 한다. 데이터의 확인 및 분석 주기가 길어지면 보다 많은 데이터 저장 공간이 필요하며 이는 빈번한 데이터 추출(다운로드)작업을 수반하게 된다. 그러나 그림 2와 같이 자동 승객 계수 시스템이 Wi-Fi 혹은 Wi-Max와 같은 WLAN 기술과 결합 시 이러한 번거로운 데이터 다운로드 작업은 필요 없게 된다. 또한 네트워크상에서 원격으로 수집된 데이터의 열람 및 분석이 가능하다.

GPS 혹은 WLAN과의 결합에도 불구하고 승객 카운트 데이터 정보는 Data Logger의 저장된 데이터 확인 주기에 관계없이 기록된 데이터를 분석하기 전까지는 활용될 수 없다. 그러나 자동 승객 계수 시스템이 Cellular(GSM/CDMA) 방식의 이동통신 기술과 연동되면 실시간 계수 데이터의 활용이 가능해 진

다. 이와 같은 경우 차량에 장착되는 Data Logger는 차량이 정차하는 모든 역사에서 생성된 데이터를 실시간으로 차량 운영사 서버로 전송이 가능하므로 수집된 데이터를 저장하기 위한 별도의 대용량 저장 장치를 장착할 필요가 없게 되는 장점이 있다.

2.4 수집정보 분석 및 활용

앞서 2.3절에서 언급한 것처럼 Data Logger에 수집된 승객 계수 정보는 다양한 형태로 가공되어질 수 있다. 가장 기본적인 데이터 분석/리포팅 방식은 그림 3과 같다.

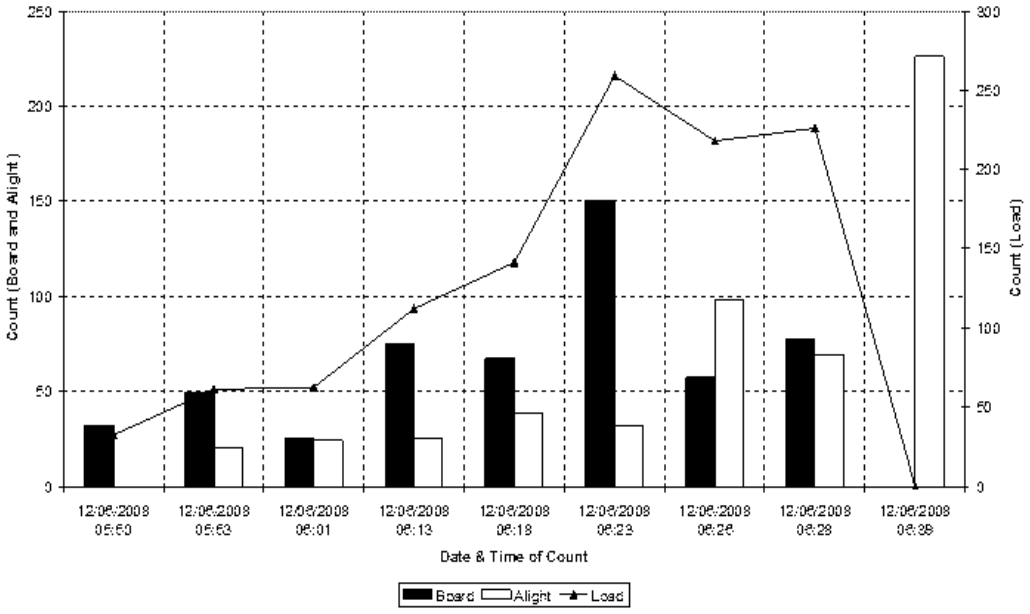

그림 3 정차역별 승하차 승객 및 승객 하중 분석

그림 3은 원하는 날짜의 차량이 매정차역에 차량이 정차한 시간을 기준으로 차량의 승차(Boarding), 하차(Alight) 승객 수 및 승객 하중(Passenger Loading) 데이터를 제공한다. 출발역에서 오전 5시 50분에 30여명이 탑승하였고 두 번째 역에서는 50명이 탑승 및 20명이 하차 하였으므로 차량에 남아 있는 승객의 수는 60여명 정도로 유추된다.

그림 3의 적색 하중 그래프는 매 정차역마다 차량에 탑승하고 있는 승객의 수를 나타낸다. 특정 역에서 탑승한 승객의 수를 BN, 하차한 승객의 수를 AN으로 표현하면 차량이 특정역에서 출발할 때의 차량에 탑승하고 있는 승객의 수(LN)는 다음과 같이 같다. 여기서 N은 차량의 진행방향에 따른 역사의 순서를 나타낸다.

$$L_N = \sum (B_N - A_N) = (B_1-A_1) + (B_2-A_2) + \cdots (B_{N-1}-A_{N-1}) + (B_N-A_N),\ (N=1, 2, 3, \cdots)$$

또한 각각의 출입구에 센서가 장착되어 있어 그림 4와 같이 편성내의 특정 차량 내에서의 출입구별 승하차 승객수의 파악이 가능하며 각각의 차량에 Analyzer와 Data Logger가 장착되어 있으므로 전체 편성에서의 데이터뿐만 아니라 편성내의 특정차량에서의 데이터 분석이 가능하다.

앞서 언급한바와 같이 GPS 서비스가 승객 계수 시스템과 결합되면 차량 출입문의 오동작 혹은 정차역이 아닌 곳에서의 출입문의 동작 등으로 인한 승객계수 시스템의 오류를 방지할 수 있고 그림 5와 같이 정차 시간별 차량 승하차 데이터 분석 보다 향상된 정차 시간 및 정차역명에 따른 데이트 분석 및 리포팅이 가능하다.

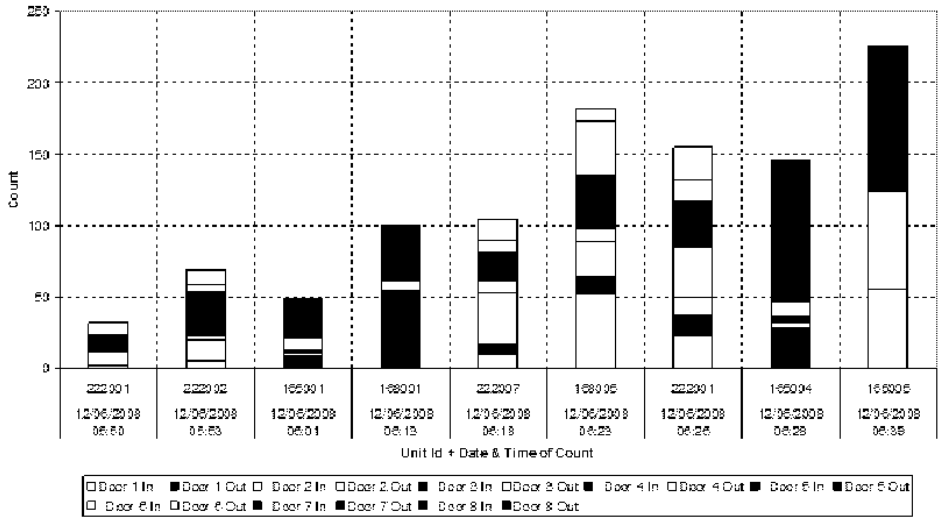

그림 4 출입구별 승하차 승객 데이터 분석

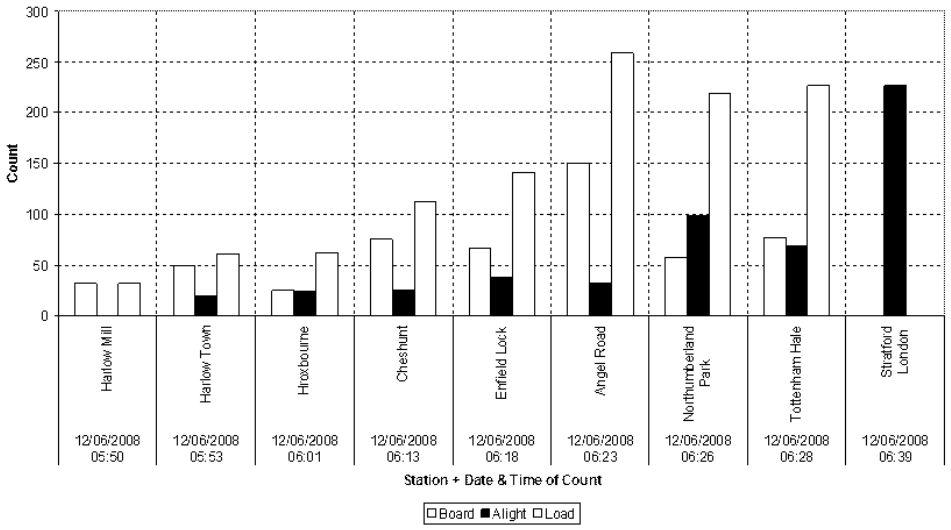

그림 5 GPS 결합된 향상된 데이터 분석 기능

3. 결 론

해외 철도 산업에 있어서 적외선 센서를 이용한 차상(Onboard) 승객 계수 시스템은 차량 운영사업의 필수요소로 자리매김해 왔으며 압력 센서 발판이나 CCTV를 이용한 시스템에 비해 데이터의 정확성, 설치/시공의 편의성 그리고 사용자의 요구에 맞는 다양한 분석 데이터 제공 능력은 해외 철도산업의 대표적인 승객 계수 시스템의 솔루션이 되는데 충분한 구실을 제공해 왔다. 더욱이 GPS를 비롯한 기타 무선 전송 시스템과 결합 시 수집데이터의 지리좌표 매핑에 따른 데이터의 정확성 제공, 무선다운로드 기능, 그리고 이동통신 시스템을 이용한 실시간 데이터 전송으로 특정 역사/특정 차량의 승차율(Ridership) 파악 및 연동적인 차량 배차가 가능하다. 이는 국내 지하철역에서 흔히 볼 수 있는 역사 이용객 수 파악을 위한 출입관리를 위한 개찰구 시스템(Access Control Gate)과는 차량별 이용 승객 수 및 역사별 승하차 승객 수 파악이 가능하다는 점에서 국내 철도 시스템에 적용이 예상된다.

참고문헌

1. James G. Strathman(2002), "Tri-Met's Experience With Automatic Passenger Counter and Automatic Vehicle Locations Systems"
2. Casey, R.(1999), "Advanced Public Transportation Systems Deployment in the United States", Report No. DOT- VNTSC-FTA-99-1. Volpe National Transportation Systems Center, Cambridge MA.
3. Thomas J. Kimpel(2002), "Automatic Passenger Counter Evaluation : Implications for National Transit Database Reporting", Center for Urban Studies College of Urban and Public Affairs.
4. Greneker, E., Johnson, B., Murphy, K., & Rausch, E.(1996), "Improved passenger counter and classifier system for transit operations. Transit-IDEA Program Project Final Report., Washington, DC : Transportation Research Board.
5. 김진만 (2001), "컴퓨터 비젼을 이용한 버스 승객 계수 시스템"한라산 (1997), 한국 정보과학회 가을 학술발표 논문집, Vol. 28. No. 2.
6. Chao-Ho Chen (2008), "People Counting System for Getting In/Out of a Bus Based on Video Processing.", Eighth International Conference on Intelligent Systems Design and Applications.