

# 무선 통신을 이용한 자동 게이트 시스템의 개발

김진길 · 정봉식 · 이정구\*

동아대학교, \*미래ITS(주)

## Development of Automatic Gate System using Wireless Communication

Jin-kil Kim · Bong-sik Jeong · Jung-gu Lee\*

Dong-A University, \*Mirae ITS Inc.

E-mail : jkkim@electro.donga.ac.kr, bsjeong@mail.donga.ac.kr

### 요 약

본 논문은 컨테이너 터미널의 게이트에서 컨테이너 차량에 대한 통관업무를 무정차상태에서 수행이 가능한 자동게이트시스템(AGS: Automatic Gate System)의 구현에 대한 것이다. 이 AGS는 5.8GHz ISM 대역의 단거리전용통신(DSRC: Dedicated Short Range Communication) 시스템을 이용하고, 통관에 필요한 정보는 게이트에 설치된 기지국장치(RSE: Roadside Equipment)와 차량에 설치된 탑재장치(OBE: On Board Equipment)간의 무선통신을 통해 송수신된다. 기존의 시스템은 프린트를 통해 터미널내 정차위치정보(Slip)를 발급받기 위해 차량이 게이트에서 일단 정차해야 하는 번거로움이 있다. 본 논문에서는 DSRC 시스템과 이를 이용한 AGS에 대해 고찰하고, 기존의 시스템과의 차이점을 고찰하고자 한다.

### ABSTRACT

In this paper new automatic gate system(AGS) which is used for non-stop gate entrance of container trucks is developed. The gate entrance informations are transmitted and received by 5.8GHz dedicated short range communication(DSRC) between roadside equipment(RSE) and on-board equipment(OBE). The conventional systems, such as barcode system and camera identification system, are needed for container vehicles to stop at the gate. Here DSRC system and AGS are considered and the AGS and conventional systems are compared.

### 1. 서 론

1997년 현재 우리나라의 총물류비는 국내총생산의 16.5%로 10%내외의 선진국에 비해 차지하는 비중이 큰 실정이다. 특히 수송비는 총물류비의 60%로 수송비의 절감이 총물류비의 절감에 중요한 인자로 작용한다. 이에 정부는 육상·해상·항공을 통한 원활한 물류흐름을 확보하기 위해 종합물류정보망의 구축을 추진하고 있다. 또한 세계 컨테이너 터미널 물동량은 1997년 1억 7천만 TEU로 1996년에 비해 15.6% 증가하였고, 매년 6%정도의 성장률로 2005년에는 1997년에 비해 약 1억 TEU가 더 증가할 것으로 전망되고 있다. 이러한 물동량의 증가는 현재 수준의 컨테이너 터미널 시설로는 그 수요를 충족시킬 수 없기 때문에 향후 컨테이너 터미널 및 항만장비 등의 시설

은 확충되어야 한다. 그리고 컨테이너 터미널에서 발생되는 비용이 총수송비의 30%를 차지하므로 인건비를 줄이고 터미널의 경쟁력을 높이는 방안으로 자동화 컨테이너 터미널의 개발이 활발하게 추진하고 있다[1].

자동화 컨테이너 터미널은 크게 게이트 시스템의 자동화, 주행차량의 자동화(AGV: Automated Guided Vehicles), 하역시스템의 자동화, 그리고 항만운영시스템의 통합화등으로 나눌 수 있다[2].

게이트 시스템은 터미널을 출입하는 컨테이너 차량에 대한 반입·반출을 담당하는 시스템으로 바코드 방식 혹은 카메라 인식 방식을 주로 이용한다. 기존의 시스템은 바코드 혹은 카메라를 통해 차량번호와 컨테이너번호를 입력하고 게이트에 설치된 프린트를 통해 터미널내 차량의 정차 위치정보를 출력하는 형태로 처리한다. 반출입에

소요되는 시간은 대략 10초내외이다. 또한 기존의 시스템은 필요한 정보를 송수신하기 위해 게이트에서 반드시 정차해야 하므로 게이트에서의 정체를 유발한다.

최근 기존 시스템의 문제점을 해결하기 위해 정보의 송수신에 무선통신방식을 이용하려는 노력이 이루어지고 있다. 무선통신방식의 사용으로 여러가지 잇점이 있다. 첫째, 레인의 구별이 필요 없다. 둘째, 차량이 운행중에 차량정보와 하역위치정보를 송수신하므로 게이트에서 정차할 필요가 없다. 셋째, 여러 레인을 통해 진입하는 차량에 대해 동시에 통관업무가 수행되므로 설치 및 운용비의 절감을 기대할 수 있다.

본 논문에서는 위의 요건을 만족하면서 첨단교통시스템(ITS: Intelligent Transportation System)과의 연계로 다양한 부가서비스를 제공할 수 있는 5.8GHZ ISM 대역의 능동형 DSRC 시스템을 살펴보고, 이를 이용한 AGS 시스템을 제안하고, 이 시스템에 대한 실험 결과를 살펴보고자 한다.

## II. DSRC시스템

DSRC 시스템은 ITS를 효과적으로 구현할 수 있는 통신방식으로 유럽 중심의 수동형 방식과 미국과 일본 중심의 능동형 방식으로 나눌 수 있으며, 국내에서는 능동형을 표준방식으로 채택하고 있다. 두 방식은 차량탑재장치가 통신요청을 하는지의 유무로 구분된다. 수동형 방식은 차량탑재장치내에 발진기를 내장하지 않고 기지국장치에서 전송하는 연속적인 반송파를 수신하여 발진기 소스로 사용하는 방식이다. 이는 기지국에서 큰 송신전력의 연속적인 반송파를 전송하므로 주파수 재사용 효율이 떨어지고 통신 유효거리가 10m이내로 제한되는 단점이 있다[3]. 반면, 능동형 방식은 단말기내에 발진기를 내장하는 방식으로 유효통신거리의 확장이 가능하고 주파수 재사용 효율이 우수한 특징을 가지고 있다[4].

DSRC 시스템은 기지국장치(RSE)와 차량탑재장치(OBE)로 구성되며, 관제센터를 이용하여 실시간으로 갱신된 데이터를 RSE에 전송하게 된다. 그림 1은 시스템의 구성도이다. RSE는 도로주변, 젠트리, 게이트 등에 설치되며, 한 대의 RSE로 최대 256대의 OBE를 수용한다. OBE는 RSE와 통신하는 모듈로서 차량내에 탑재되며, OBE로 들어오는 정보를 보여주는 디스플레이가 OBE에 장치된다. 관제센터는 서비스의 유형에 따라 데이터를 수집·가공·처리·저장한다.

DSRC 시스템은 ISM 대역의 5.8GHz를 사용하고, 데이터는 맨체스터 코딩되어 2.048Mbps로 전송한다. 주파수 대역폭은 8MHz의 전송신호대역에 2MHz의 채널보호구간을 추가한 10MHz이다. 변조방식은 FSK(Frequency Shift Keying) 혹은 PSK(Phase Shift Keying)보다 회로의 구성이 간단한 ASK(Amplitude Shift Keying)를 사용한다.

통신방식은 상향링크와 하향링크에 동일한 주파수를 할당하고 송수신을 시간적으로 분리하여 주파수 사용율이 높은 TDD(Time Division Duplex)를 이용한다.

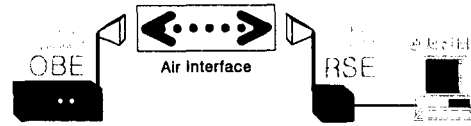


그림 1 DSRC 시스템의 구성

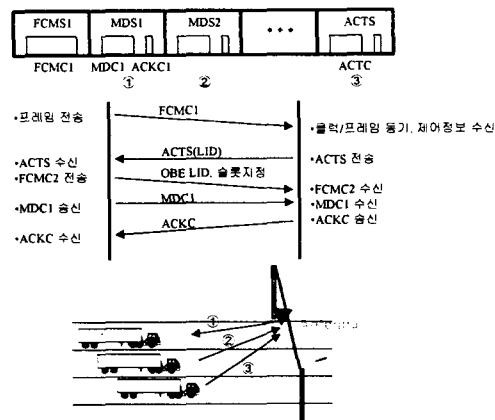


그림 2 DSRC 시스템의 통신절차

그림 2는 DSRC 시스템의 양방향 통신절차이다. 통신은 FCMS(Frame Control Message Slot), MDS(Message Data Slot), 및 ACTS(ACTivation Slot)으로 구성된 패킷프레임을 사용한다. 프레임의 크기는 셀 내 OBE 수에 따라 타임슬롯수가 2개에서 9개까지 가변이 가능하다. 통신절차는 RSE에서 주기적으로 FCMS 타임슬롯을 통해 채널 할당 및 통신 프로파일에 관한 정보를 전송하면 OBE는 이를 수신하여 클럭동기와 프레임동기를 맞추고 RSE에 링크설정을 요구한다. 링크가 설정되면 MDC 채널을 통하여 데이터가 송수신되며 CRC를 계산하여 ACKC 채널로 응답하는 방식으로 이루어진다. 한 개의 타임슬롯이 100 옥텟으로 구성되므로 프레임의 크기는 200옥텟에서 900옥텟까지 가변할 수 있다.[4]

## III. 게이트통관시스템

그림 3은 현재 컨테이너 터미널의 게이트에서 이루어지고 있는 차량의 통관절차를 보여주고 있다. 컨테이너 터미널의 게이트에 차량이 진입하여 바코드 혹은 카메라를 통해서 차량번호와 컨테이너번호를 입력받고, CY(container Yard) 관제센터

의 주컴퓨터에서 선사가 사전에 제공한 컨테이너 반입정보(COPINO)와 조회한 뒤, 미리 계획되어 있는 정차위치를 운전자에게 slip형태로 프린트해 준다. 그리고 운전자는 slip에 기재된 정차위치로 이동하여 화물을 하역하거나 상차하게 된다.

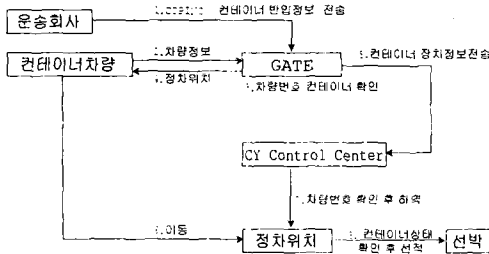


그림 3 컨테이너 터미널내 게이트 통관절차

3.1 바코드 인식방식

바코드 방식은 차량번호가 들어있는 출입증(그림4)을 인(수)도증 발급장치(그림5)의 바코드 인식 장치에 접촉시켜서 입력하고, 정차위치를 프린트 해서 Slip(그림6)형태로 받는 방식이다.

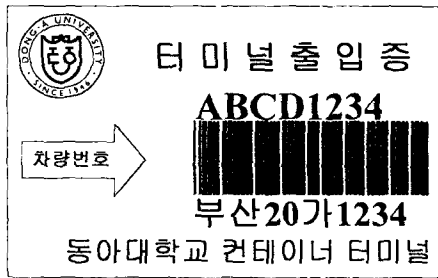


그림 4 바코드 카드형 출입증



그림 5 바코드 인식 및 Slip 발급장치

컨테이너 인수도증 (GATE SLIP)

차량번호: HJT 7012	일시: 03-09-18 16-1557
구분: 반입	컨테이너번호: HJC6012017
정차위치: 28-13-4-2	TYPE: 4532
F/E: F	
BAR CODE	

그림 6 차량의 인수도증(slip)

이 방식은 설치비용이 저렴하고 적용이 용이한 반면, 운전자가 출입증을 항상 소지해야 하고, 수작업으로 차량정보와 인수도증을 주고 받으므로 게이트 통관에 10초 내외의 시간이 소요된다.

3.2 카메라 인식방식

카메라 방식은 바코드 방식에서 운전자가 바코드형 출입증을 제시하는 대신에 게이트에 설치된 카메라를 통해 차량번호와 컨테이너 번호를 자동으로 인식하는 방식이다(그림 7). 이 방식은 운전자가 출입증을 별도로 소지할 필요가 없어 편리한 반면 설치비용이 고가이며 차량이 게이트에 정차해야 하며, 차량번호판 혹은 컨테이너 번호의 표시상태에 따라 최대 20% 정도의 오류가 발생하는 단점이 있다.

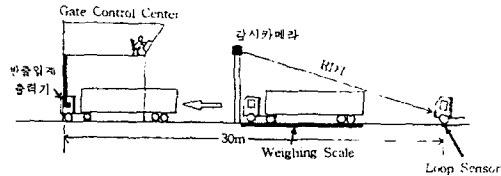


그림 7 카메라 인식방식의 처리 순서

3.3 DSRC 시스템을 이용한 자동게이트시스템

그림 8은 본 논문에서 제안한 DSRC 시스템을 이용한 AGS의 구성도이다. AGS는 게이트에 진입하고 있는 차량에 탑재된 OBE와 게이트에 설치된 RSE간의 DSRC 시스템을 이용한 무선송수신에 의해 차량정보와 정차위치정보를 주고 받는다. CY관제센터내의 주컴퓨터는 OBE로부터 수신한 차량번호와 선사가 입력한 COPINO정보와 대조하여, 컨테이너차량의 정차위치정보를 OBE로 문자와 음성으로 동시에 제공한다. 이 방식은 1초 이내에 통관업무가 처리되고, 한 대의 RSE가 최대 256대의 OBE 장착 차량을 처리하므로 기존의

방식과 달리 레인개념이 없고 시스템의 설치비용을 대폭 줄일 수 있다.

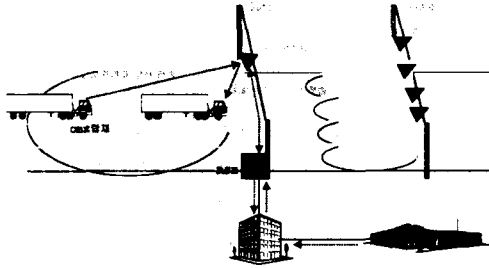


그림 8 DSRC시스템을 이용한 자동게이트시스템

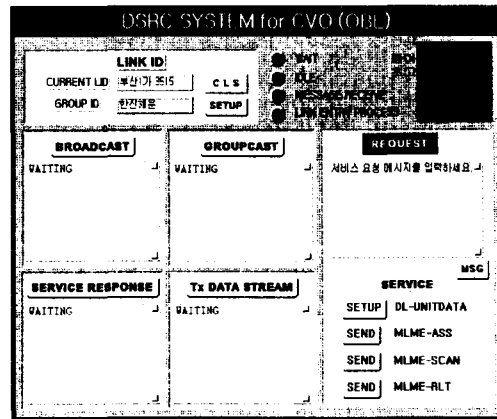


그림 11 OBE GUI

IV. 결과 및 고찰

시스템의 동작상태를 확인하기 위해서 실험실 내에 그림 9와 같이 설치하였다. 왼쪽부터 OBE 컴퓨터 GUI, OBE(음성서비스보드 내장), OBE RF 모듈, OBE 안테나, RSE 안테나, RF 모듈, RSE 본체, RS232C, 이더넷케이블, RSE 컴퓨터 GUI이다. 시스템이 정상적으로 동작을 하면 OBE의 차량번호가 RSE 안테나를 거쳐 RSE에 연결된 컴퓨터의 GUI(그림10)상에 차량번호를 나타낸다. 그리고 RSE에 연결된 컴퓨터에서 데이터베이스를 검색하여 OBE로 송신한 정차위치가 OBE에 연결된 컴퓨터의 GUI(그림11)상에 나타난다. 실험을 통해 양쪽 GUI에 데이터가 정상적으로 나타남을 확인하였다. 또한 통신의 신뢰도를 높이기 위해서는 BER(Bit Error Rate)이  $10^{-6}$ 이하의 값을 가져야 한다. 그림 12는 OBE와 RSE의 상·하향링크시의 BER와 FER(Frame Error Rate)이  $10^{-6}$ 이하로 나타남을 보여준다.

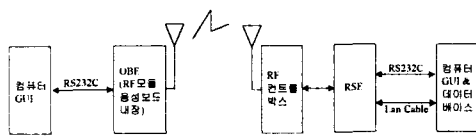


그림 9 실내 모의실험용 구성도

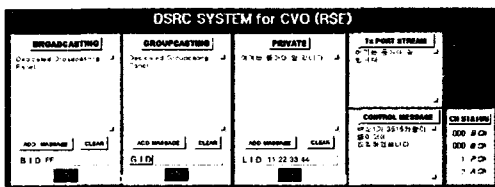


그림 10 RSE GUI

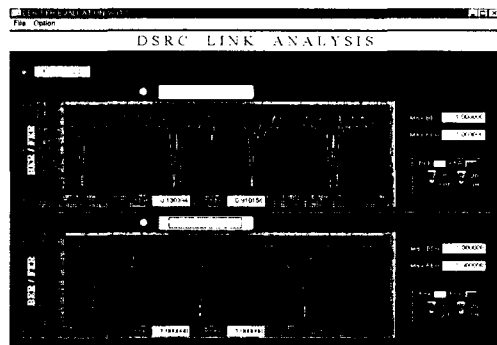


그림 12 상향링크와 하향링크 BER과 FER

차량에 탑재한 OBE와 노변에 설치된 RSE간의 통신상태를 확인하기 위해 그림 13과 같이 교내에 AGS 시스템을 설치하였다. 통신거리 3~100m에서 차량이 50km/h 이하의 속도로 이동하면서 20회 이상 실험한 결과, OBE에 연결된 스피커와 LCD에 그림 14와 같은 정차위치정보가 RSE측 컴퓨터의 GUI(그림10)에 차량번호와 도착시간이 정상적으로 나타남을 확인하였다. 그리고 한 대의 RSE로 2대의 OBE 장착차량과의 동작여부도 확인하였다.

이때 사용한 OBE와 RSE 안테나는 LHCP(Left Hand Circular Polarization)이고, 안테나 이득과 VSWR은 OBE가 최소 2dBi 와 최대 1.5 : 1이고, RSE가 최소 2dBi 와 최대 1.5 : 1 이다. 그리고 빔폭은 OBE가 수직 및 수평으로 26° 이고, RSE가 수직 및 수평으로 90° 이다. 그림 15, 16, 17은 각각 OBE, RSE, RSE용 안테나와 RF모듈을 나타내고 있다.



그림 13 실외 모의실험용 구성도



그림 17 RSE 안테나 및 RF 모듈

## 2R-12-6-2

그림 14 OBE LCD에 표시되는 정차위치정보

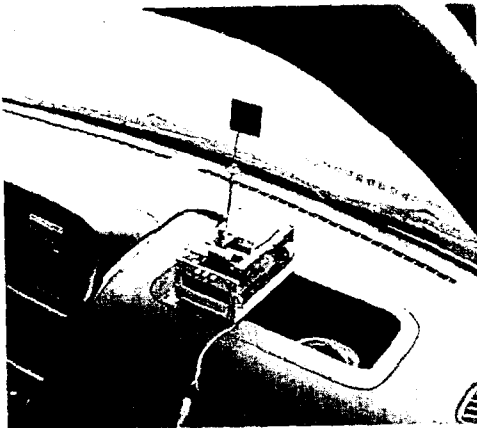


그림 15 차량탑재장치(OBE)



그림 16 기지국장치(RSE)

### V. 결 론

본 논문에서는 DSRC 시스템을 이용한 자동 게이트통관시스템을 제안하고, 실내의 실험을 통해 성능을 확인하였다. 본 시스템은 50km/h 정도의 주행속도에서  $10^{-6}$  이하의 BER을 가졌다. 이는 정차후 통관방식인 기존의 시스템이 안고 있는 게이트에서의 정체로 인한 혼잡을 무정차 통관방식인 새로운 시스템으로 해결할 수 있음을 보여준다. 그리고 한대의 RSE와 2대의 OBE 간의 통신 상태가 정상임을 확인하였다. 이는 게이트에서 레인구분 없이 한대의 RSE가 여러 대의 차량을 처리할 수 있음을 실험적으로 보여준다.

향후, 상품화에 필수적인 단가 하락을 위해 하드웨어의 최적화가 진행되어야 하고, 나아가 컨테이너 터미널에서 운영되고 있는 하역장비와 터미널 센터간의 무선통신에도 확대 적용하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 자동화 컨테이너터미널 개발사업 타당성 검토 용역, 한국해양수산개발원, 1998.
- [2] Itsuro Watanabe, "An Approach to the Automated Container Terminals", Seminar material, 1996.
- [3] Dedicated Short Range Communication for Transport Information and Control System, ARIB Standard, 1997.
- [4] Hyunseo Oh, Chungil Yae, Donghyon Ahn, and Hanberg Cho, "5.8GHz DSRC Packet Communication System for ITS Services," Proceedings of the IEEE VTS 50th Vehicular Technology Conference, Vol. 4, pp. 2223-2225, Sep. 1999.