

## DSRC 기반의 T/C 무선통신 시스템 개발<sup>+</sup>

성 창 우\* · 강 대 성\*\*

Wireless Communication System for T/C based on DSRC

*C. W. Seong · D. S. Kang*

**Key Words** : DSRC(Dedicated Short Range Communication), 지능형 교통시스템(ITS : Intelligent Transportation System), T/C(Transfer Crane), 무선통신(Wireless Communication), 항만 자동화(Port Automation), 장치장(Stacking Area)

### Abstract

In this paper, we proposed the model of wireless communication for ACTS using DSRC and the DSRC system for T/C. The proposed wireless communication model is how to join with DSRC and other wireless communication in port. The DSRC system for T/C is the first application to the unit of Port Facilities Automation in stacking area.

The DSRC system is communicated between OBE and RSE using 5.8GHz ISM band frequency. The previous works of DSRC applications are gate automation. In these cases, the road trackers are difficult to obtain information of the port in the stacking area. So we used the DSRC for the wireless communication for the unit of Port Facilities Automation. Using DSRC, the load trackers obtain more information in the port and contacts to ITS on back-roads of port. The proposed communication system is serviced to reflection of port statistics.

+ 본 연구는 한국과학재단 지정 동아대학교 지능형 통합항만관리연구센터의 지원에 의한 것입니다.

\* 동아대학교 전자공학과 석사과정

\*\* 정회원, 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 조교수

### 1. 서 론

현재의 항만관리 시스템은 컨테이너 선박의 대형화, 항만의 인건비 상승, 항만의 반출입량과 물동량의 증가로 컨테이너 선박의 적체, 처리비용의 증가 등의 많은 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 현재 컨테이너 항만 관리의 자동화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 현재 네덜란드의 ECT/Sea-Land와 싱가포르의 Pasir Panjang 터미널 등에서는 일부 실용화되어 실제 항만관리에 사용되어 지고 있다[1-2]. 현재 실용화되어진 자동화 항만관리 시스템들은 AGV(Automated Guided Vehicles) 시스템, 자동 게이트 시스템 등 항만 내 장비들의 자동화에 국한되고 있는 것이 대부분이었다. 그러나 보다 효과적으로 항만 물동량을 처리하기 위해서는 전국가적인 통합 물류 시스템, 즉 현재 정부 시책으로 진행 중인 물류 자동화를 위한 ITS(Intelligent Transportation System) 등과의 연계가 필수적이다[3]. ITS의 통신방식은 5.8GHz 대역의 DSRC (Dedicated Short Range Communication)를 이용한 패킷통신을 하고 있다. 이는 현재 항만 자동화에서 사용되고 있는 무선 데이터 통신방식과의 상이한 것이므로 이들과 연계하기 위해서는 항만 내 통신 방식을 DSRC 기반으로 변경하거나 Road Tractor가 접근하는 Stacking Area 영역까지 기존의 통신 방식과 DSRC 기반의 통신 장비를 이중으로 설치하여야 한다. 이와 같이 서로 상이한 통신 시스템을 이중으로 운용하거나, ITS 기반의 데이터 정보 서비스에 부응하기 위해서는 무선 통신을 통합 운용하는 무선 통신 운용 시스템의 구축이 필요하며, 더불어 게이트나 Stacking Area 내에서 사용되는 장비들을 DSRC 기반의 통신 방식으로 변경하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 DSRC와 다른 무선 통신 방식을 통합 운용할 수 있는 무선 통신 운용 시스템을 구축하는 방안과 Stacking Area에서 컨테이너의 장치 및 반입과 반출에 사용되는 T/C (Transfer Crane)에서 사용될 수 있는 DSRC 기반

의 통신 시스템을 개발하였다.

### 2. 컨테이너 터미널용 무선통신 시스템

항만관리의 자동화는 항만외부 내륙과의 관문이 되는 게이트의 자동화, 항만내부에서 컨테이너를 이송하는 AGV(Automated Guided Vehicles) 시스템, 컨테이너를 선박에 싣고 내리는 하역 시스템의 자동화, 그리고 이를 통합하는 항만 운영 시스템 등으로 나눌 수 있다. 항만 내에서 사용되는 자동화 시스템들은 대부분 일정 장소에 고정되어 있지 않고 이동하는 것이 많기 때문에 항만 내 자동화 시스템 간의 정보 교환을 위해서는 무선 데이터 통신을 많이 사용하고 있다. 이러한 무선 데이터 통신들은 자동화 시스템들의 특징에 따라 무선 LAN, DSRC (Dedicated Short Range Communication), RF 통신 등 여러 가지 방식이 사용되고 있다. 예를 들면 게이트와 게이트를 출입하는 차량 사이에서는 DSRC가 효과적이며, Transfer Crane이나 G/C, AGV 등은 무선 LAN이나 RF 통신 등을 사용된다. 따라서 이들 각각에서 나오는 정보를 수집하고 항만 종합 운용 시스템의 정보를 각 자동화 장비들로 전달하기 위해서는 무선 통신 부분을 하나의 시스템으로 통합이 필요하다. Fig. 1은 이러한 무선 통

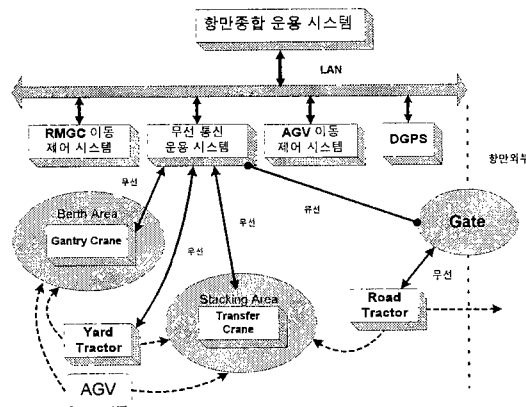


Fig. 1 The Block Diagram of Wireless Communication System

신을 이용하는 장치들을 통합할 무선 통신 운용 시스템의 전체 블록 다이어그램을 나타낸 것이다.

무선 통신 관리 시스템은 자동화 장비들의 제어 신호를 관리하는 제어 부분과 항만 및 자동화 장비들의 현재 상태를 감시하는 감시 장치 부분과 각종 정보들을 저장하고 있는 데이터 베이스 부분 등 크게 세 개의 부분으로 나눌 수 있다. 무선 통신 운용 시스템의 기본적인 기능은 다음과 같다.

- 1) 항만 종합 운용 시스템의 정보들을 각 무선 스테이션들에 전달
- 2) RMGC, AGV 이동 시스템에서 나오는 제어 신호를 각 장치들에 전달하고 그 결과를 받아들임
- 3) 각종 제어 신호들과 정보들에 대한 전송 우선 순위 할당
- 4) 전체 무선 스테이션들의 동작 상태 모니터링
- 5) 항만 내 무선 통신 자동화 장비들의 상태 모니터링

이외에도 각종 제어 시스템들의 제어 신호와 무선 스테이션들에서 입력된 정보들의 임시 저장 장소의 역할을 할 수도 있다. 무선 통신 운용 시스템 내 데이터 베이스에는 Stacking Area의 컨테이너 배치, 항만 내 Road Tractor들의 위치, Stacking Area의 Transfer Crane(T/C)의 상태, 항만 내 Yard Tractor(혹은 AGV)들의 위치, Berth Area의 Gantry Crane의 상태 등의 정보가 저장되어 있어야 한다.

Fig. 2는 차량이 게이트를 통해 출입할 때 무선 통신 운용 시스템과 각종 자동화 장비, 항만 종합 운용 시스템과의 사이에 정보가 전달되는 과정을 보여주는 것이며, Fig. 3은 Stacking Area에서 선박으로 선적하거나 하역할 때에 무선 통신 운용 시스템에 전달되는 정보를 보여주고 있다.

Fig. 2에서 전달되는 정보들은 ① 출입 예정 차량 및 컨테이너 리스트 / 컨테이너 배치 정보, ② 출입 차량 정보 / 진·출입 컨테이너 정보, ③ 출입 가능 여부 통보, ④ 차량 이동 방향 / 차량 번호 /

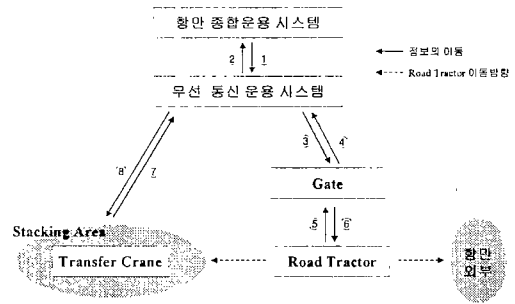


Fig. 2 The shared information when the road tracker enters or exits via gate

컨테이너 번호, ⑤ 차량 번호 / 컨테이너 번호, ⑥ 위치 유도 정보, ⑦ Crane 이동 위치 및 컨테이너 적재 위치 지령, ⑧ 배치 완료 등이다.

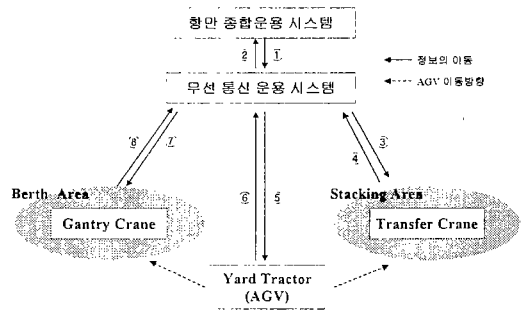


Fig. 3 The Shared Information for Discharging or Shipment

Fig. 3에서 전달되는 정보는 ① 선박 내 컨테이너 배치도, ② Berth Area와 Stacking Area의 작업 현황, ③ 이동할 컨테이너 번호 / Transfer Crane 이동 위치 / 컨테이너를 실거나 내릴 Yard Tractor 번호, ④ 작업 상태, ⑤ 이동 위치 / 차량 대기 순서, ⑥ 이동 상태 정보, ⑦ 선적 / 하역할 컨테이너 배치 정보, ⑧ 작업 진행 상황 등이다.

### 3. DSRC 시스템

최근 급격하게 증가하고 있는 교통수단과 교통 시설의 효율적인 운용과 차량이용자에게 유익한 교통정보 제공을 목적으로 하는 ITS(Intelligent Transportation System)가 크게 주목을 받고 있다. 특히 ITS 분야중에서 주행 및 여행자 정보 서비스를 중심으로 이동성 및 서비스 효율의 극대화를 추구하는 ETCS(Electronic Toll Collection System)와 ATIS(Advanced Traveler Information System) 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[4-5]. ETCS는 고속도로 톨게이트에 설치된 장치(RSE: Road Side Equipment)와 차량에 탑재된 단말장치(OBE: On Board Equipment) 사이에 DSRC 무선 패킷망을 이용하여 무정차상태에서 통행료를 징수하기 때문에 정체완화를 통한 물류비 절감 및 환경 오염 개선, 이용자에의 서비스 확대 등의 효과를 갖는다. 그리고 ATIS는 첨단교통정보관리시스템(ATMS : Advanced Traffic Management System)을 통해 수집된 교통정보를 가공하여 DSRC 무선패킷망으로 사용자에게 전달한다. ATIS에는 상용차량 교통정보 시스템(CVO : Commercial Vehicle Operation System)이 있다. DSRC 무선통신망은 RSE와 OBE간에 양방향통신을 통해 차량의 위치파악, 특정 지역의 교통정보 등을 제공한다. 이 통신망은 근거리에서 1Mbps의 높은 전송율을 갖기 때문에 OBE의 가격을 낮출 수 있고, 다양한 서비스를 구현할 수 있다. Fig. 4는 DSRC 표준화 기구에서 제정 중인 프로토콜 스택을 간략화된 그림으로 표현한 것이다[6].

#### 3.1. 물리계층

DSRC 무선패킷망은 RSE와 OBE간에 반이중(Half-duplex)형태의 양방향 통신을 제공한다. 사용주파수는 5.8GHz의 ISM대역을 사용하고, 맨체

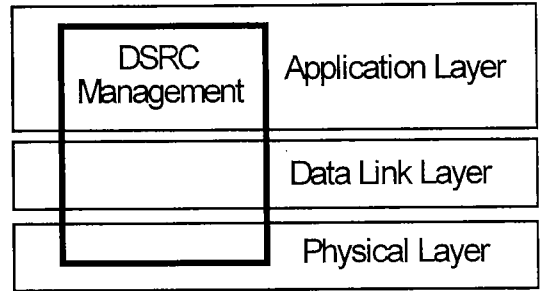


Fig. 4 DSRC Protocol Stack

스터 코딩된 2Mbps의 데이터 전송을 위해 10MHz의 대역폭을 갖는다. 전송신호의 대역폭은 2MHz의 여유분을 포함하여 10MHz로 할당한다. 변조방식은 진폭편이전신(ASK : Amplitude Shift Key) 방식을 사용한다. 이는 주파수편이전신(FSK : Frequency Shift Key) 방식 및 위상편이전신(PSK : Phase Shift Key) 방식에 비해 회로가 간단하기 때문에 DSRC 시스템을 저렴하게 구현할 수 있다. 무선통신방식은 상향링크와 하향링크에 동일한 주파수를 할당하고 시간적으로 송수신을 분리할 수 있는 TDD(Time Division Duplex)을 사용한다. TDD 통신방식은 동일한 시간에서 송수신 주파수를 분리하는 FDD(Frequency Division Duplex) 방식에 비해 주파수 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있고 패킷 프레임의 길이가 OBE의 수에 따라 가변할 수 있다는 장점이 있기 때문이다. 차량 단말기 내의 송수신장치는 단말기에 주파수 발진기를 내장한 능동방식을 적용한다. 능동방식은 회로가 약간 복잡하다는 단점이 있지만 기지국에서 낮은 전력으로 송신이 가능하기 때문에 기지국에서 연속적으로 송신되는 반송파를 이용하여 내부 주파수 발진기 신호로 사용하는 수동방식에 비해 주파수 재사용율이 높다는 장점이 있다.

Table 1은 본 연구에서 적용한 시스템과 일본 및 유럽에서 적용하고 있는 시스템의 물리계층을 비교한 것이다.[7-9]

Table 1 The Comparison of Proposed System and Other DSRC System

항목	적용시스템	일본	유럽
시스템 방식	능동방식	능동방식	수동방식
변조 방식	ASK	ASK	ASK
통신 방식	TDD	FDD	FDD
통신 거리	100m	30m	10m
주파수 대역폭	10MHz	20MHz	20MHz
데이터 전송속도	1Mbps	1Mbps	250Kbps
패킷 프레임 구조	타임슬롯 가변	타임슬롯 고정	타임슬롯 고정

3.2 데이터 링크 계층

데이터 링크 계층은 Fig. 5와 같이 크게 MAC (Medium Access Control) 부계층과 LLC(Logical Link Control) 부계층으로 나뉜다. MAC 부계층은 패킷 프레임 단위로 전송을 제어한다. 패킷 프레임은 그림 2에서 보는 바와 같이 FCMS (Frame Control Message Slot), MDS (Message Data Slot), ACTS(Activation Slot)으로 구성된다. 프레임의 크기는 통신영역내의 OBE의 수에 따라 타임슬롯수가 2개에서 9개 범위내에서 가변된다. 만약 OBE를 탑재한 차량이 RSE의 통신영역에 들어가면, RSE의 MAC 부계층은 TDD 통신모드로 RSE와 다른 OBE간의 무선링크를 제어한다. 하향링크 전용의 FCMS 타임슬롯은 채널 할당 및 통신 프로파일에 관한 정보를 전송한다. 양방향 통신이 가능한 MDS 타임슬롯은 MDC(Message Data Channel)와 ACKC (Acknowledge Channel)로 구성된다.

3.3 DSRC 패킷통신

DSRC 패킷통신 절차는 Fig. 6과 같다. OBE를 탑재한 화물차량이 노변에 설치된 RSE의 무선통

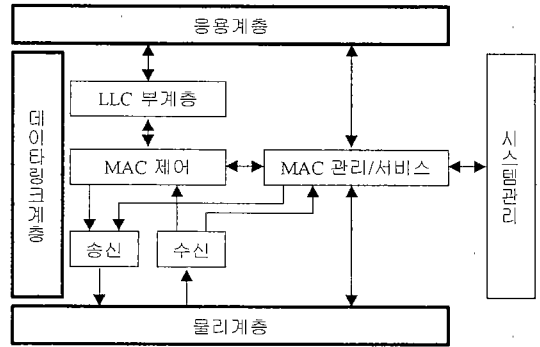


Fig. 5 The Structure of Data Link Layer

신영역에 진입하면, RSE로부터 주기적으로 FCMC (Frame Control Message Channel) 채널 데이터를 수신하게 된다. OBE는 수신한 FCMC를 이용하여 클럭 및 프레임을 동기시키고, 채널 제어 정보를 수신하여 프레임 구성 정보를 얻는다. OBE내의 RF 부는 프레임내의 프리앰블 신호를 수신하여 WAKE-UP 신호를 생성하고 수신하기 시작한다. OBE의 응용계층에서는 OBE의 LID(Link Identification)를 RSE에 송신하여 링크 설정을 요구한다. RSE의 응용계층에서는 OBE로 BST(Base Station Service Table)을 전송하고 OBE의 응용계층에서는 RSE로 VST(Vehicle Service Table)을 전송한다. 이렇게 링크가 설정되면 MDC를 통해 필요한 데이터가 송수신되고 CRC를 점검하여 ACKC를 송신한다.

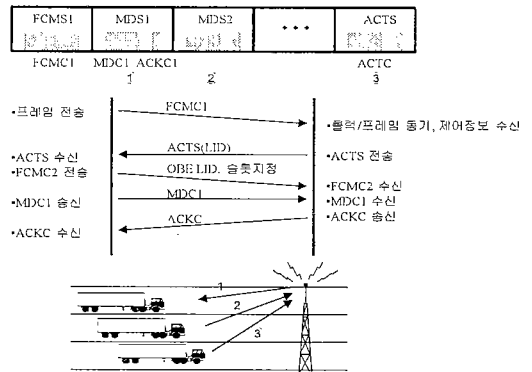


Fig. 6 The Process of Packet Communication based on DSRC

### 4. DSRC 기반 T/C 무선통신시스템

#### 4.1 T/C 무선통신시스템

현재 우리나라를 비롯한 극동권의 컨테이너 터미널 운용 시스템은 Straddle Carrier System과 Transfer Crane System 또는 이를 혼합하여 사용하는 혼합 중계 방식이 주로 사용되고 있다. Transfer Crane System을 이용한 컨테이너 터미널 운용 시스템은 야드 트랙터와 샷시가 Stacking Area로 운반해온 컨테이너를 Stacking Area에서 장치하거나 장치된 컨테이너를 로드 트랙터에서 반입 또는 로드 트랙터에서 컨테이너를 반입 시 사용되는 장치가 T/C(Transfer Crane)이다.

본 연구에 사용된 DSRC 기반 T/C용 무선 통신 시스템은 자동화 게이트 시스템에서 사용되었던 RSE와 OBE 모듈을 개량하여 사용하였다. 하나의 RSE에서 서로 성격이 다른 2가지의 OBE에 대해 각각에 필요한 정보를 교환할 수 있도록 하여, T/C 뿐만 아니라 게이트를 통과한 로드 트랙터에 대해서도 필요한 정보를 전달할 수 있도록 하였다. Fig. 7은 Stacking Area와 게이트에 설치된 RSE와 T/C의 OBE, 로드 트랙터의 OBE 간의 전달되는 정보를 보여주고 있다. Fig. 7에서 표시된 정보 이외에도 Stack Area에 설치된 RSE에서는 로드 트랙터로 반출될 컨테이너의 정보나 로드 트랙터로 반입되는 컨테이너의 정보 등 부가적인 정보를 전달할 수

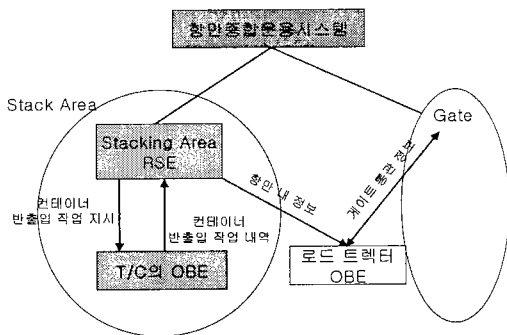


Fig. 7 The Exchanged Information between Stacking Area and Gate

있다. Stack Area에서 DSRC를 이용하여 항만 내 정보를 전달함으로써 로드 트랙터에서는 한 가지의 단말기로서 게이트 통관에서 항만 내 정보 서비스를 받을 수 있고, 항만 외부에서 화물 운송 중에는 ITS에 접속하여 각종 도로 정보나 ETC 서비스 등을 제공받을 수 있다.

#### 4.2 DSRC를 이용한 T/C 무선통신시스템의 시뮬레이션

DSRC 망을 이용한 T/C 무선통신시스템의 기능들을 시뮬레이션으로 평가하고자 한다. 시뮬레이션 환경은 T/C용 프로그램이 적재된 OBE 1개와 로드 트랙터용 프로그램이 적재된 OBE 1개, 그리고 RSE를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 먼저 RSE는 LAN을 통해 PC와 연결하여 시스템의 동작 상태를 확인할 수 있게 하였다. Table 2는 T/C 시뮬레이션에 사용된 각 품목별 사양을 나타낸 것이며, 시스템의 성능테스트에서 고려되어야 할 평가 항목은 다음과 같다.

Table 2 The Spec of Each Element for T/C Simulation

품명	규격	
OBE	수신기 대역폭	5MHz
	변조방식	ASK
	전송속도	1.024Mbps
	비트에러율	10 <sup>-7</sup>
	단말기 출력	10dBm
RSE	점유대역폭	≤ 8MHz
	전송속도	1.024Mbps
	기지국 출력	10dBm
안테나	Class1	
	인가전력	≤ 10dBm
	이득	≤ 13dBi
	최대 EIRP	≤ 23dBm
	안테나편파	RHCP
	Class2	
	인가전력	≤ 10dBm
	이득	≤ 6dBi
최대 EIRP	≤ 16dBm	
	안테나편파	RHCP
PC	Pentium III 450, RAM 128	

- ① RSE와 OBE에 내장된 RF 모듈의 동작상태
- ② 전송거리에 따른 RF 채널의 수신신호 레벨
- ③ RSE에 의한 OBE의 구별성
- ④ T/C 및 로드 트렉터의 OBE 스크린 상에 적절한 정보의 표시여부
- ⑤ T/C 및 로드 트렉터의 이동속도에 따른 시스템의 동작상태
- ⑥ T/C 및 로드 트렉터의 이동방향에 따른 시스템의 동작상태
- ⑦ 시스템 관리 소프트웨어 적절성

## 5. 결 론

본 연구에서는 DSRC 무선패킷통신망을 이용하여 Stacking Area 내의 T/C와의 통신 시스템을 개발하였다. 특히 항만 외부로 출입하는 로드 트렉터와의 연계 및 동시 운용에 대한 부분을 중심으로 하였다. T/C에 컨테이너의 반출입에 필요한 정보를 전달하는 것과 더불어 게이트를 통과한 로드 트렉터에 대해서도 컨테이너 반출입에 필요한 정보나 항만 내 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

5.8GHz의 ISM 대역의 주파수를 사용하는 DSRC 시스템은 OBE가 자체 발진기를 내장한 능동방식을 적용한 결과 10mW의 비교적 낮은 송신 전력으로 통신이 가능하여 단말기 비용을 낮출 수 있고, 이를 통해 이용자의 부담을 줄일 수 있기 때문에 시스템의 활성화가 기대된다. 그리고 1Mbps의 데이터 전송율을 가지기 때문에 통행료·주유비·속식비·주차비 등의 요금결제와 함께 다양한 부가서비스의 제공이 가능하여 시스템 효율이 극대화될 것으로 기대된다.

터미널 내 T/C, Y/T, C/C 등의 각종 하역장비에 대해 DSRC 시스템을 적용함으로써 항만의 자동화 시스템과 ATIS 및 ETCS 등의 ITS 와 연계됨으로써 범국가적인 물류유통시스템의 구축에 기여할 수 있을 것이다. 추후 DGPS 등과 병용하여 터미널 내 하역장비 위치추적시스템[10]이나 컨테

이너 및 화물 차량 등과 같은 이동체의 위치를 추적하는 시스템에도 적용할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 1) 이철영, 항만물류시스템, 효성출판사, 1998.
- 2) 박남규, 손형수, 최형림, "항만물류 산업에서의 윈스톱서비스 시스템 구현 방안," 제1회 CIIPMS 연구결과 발표회 논문집, pp.13-27, 1998.
- 3) 김성수, 김형욱, "물류사업을 위한 무선통신방식과 선진국 물류정보시스템에 관한 연구," 정보통신연구, 제11권, 2호, 1997.
- 4) 태원귀, 김정호, 김은기, 정태진, 임춘식, "인터넷, 페이징, DSRC 망을 이용한 ATIS와 ETCS 서비스 구현," Telecommunication Review, 제9권, 4호, pp.486-503, 1999.
- 5) 오현서, 임춘식, "지능형교통시스템용 5.8GHz 근거리 전용 고속 패킷통신 시스템 개발," Telecommunication Review, 제9권, 4호, pp.504-512, 1999.
- 6) ISO TC204 WG15 SG, L7 "Transport Information and Control System(TICS) - Dedicated Short-Range Communication (DSRS) - DSRC Application Layer"
- 7) K. Tachikwa, "Approach to Study on DSRC of Radio System in Japan," Proc. of 4'th World Congress on ITS, Oct. 21-24, 1997, Berlin Germany.
- 8) K. Tachikawa and M. Sato, "DSRC Development in ASIA," Proc. of 5'th World Congress on ITS, Oct. 12-16, 1998, Seoul Korea.
- 9) T. Iwata, M. Oikawa, T. Kitamura, and K. Tachikawa, "DSRC Communication System," Proc. of 5'th World Congress on ITS, Oct. 12-16, 1998, Seoul Korea.
- 10) 주영도, 김영만, 김효실, "GIS/GPS를 활용한 차량관제시스템," 정보통신연구, 제11권, 2호, 1997.