

적외선 전용 단거리 무선 통신(IR-DSRC)를 이용한 실시간 신호 제어 시스템 구성 방안

Construction of a real-time traffic signal control system using IR-DSRC

정성대*, 곽수진*, 이상선**

(한양대학교 전자통신전파공학과*, 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수**)

Key Words : IR-DSRC(적외선 단거리 무선 통신), Real-time traffic signal control system(실시간 신호 제어 시스템), ITS(지능형 교통 시스템)

목 차

- I. 서론
- II. 본론
 - 1. IR-DSRC 특징
 - 2. IR-DSRC를 이용한 실시간 신호제어 검지 시스템 구성 방안
 - 3. 실험 방법
 - 4. 실험 결과 및 분석
- III. 결론

I. 서론

1960년대 컴퓨터 기반 제어기의 등장 이후 최적의 교통신호 제어 시스템을 구현하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔음에도 불구하고, 신호 교차로의 검지기로부터 제공되는 제한된 정보 때문에 신호제어의 질적 향상에 있어서 많은 제약을 드러내고 있다.

최근에는 이러한 한계성을 극복하기 위해 다양한 차량 검지 기술들이 개발되고 있으며[1], 이들 검지 기술을 통해 수집된 실시간 교통 정보를 활용하기 위한 새로운 교통 제어 전략들이 만들어지고 있다.

본 논문에서는 실시간 교통 정보를 수집하기 위한 차량 검지 기술의 하나로 ITS (Intelligent Transportation System) 전용 통신 기술의 하나인 적외선 전용 단거리 무선 통신(IR-DSRC : Infrared Dedicated Short Range Communication) 시스템을 이용하는 방안을 제안하고자 한다.

II. 본론

1. IR-DSRC 특징

IR-DSRC 시스템은 수 미터에서 수백 미터 사이의 통신 반경을 가지며, 도로변 노변장치(RSE : Road Side Equipment)와 차량에 장착된 탑재장치(OBE : On Board Equipment) 사이에서 양방향으로 고속의 데이터 송수신을 가능하게 하는 지능형 교통 시스템의 통신 요소이다. IR-DSRC를 통하여 제공되는 서비스는 교통 관련 전용 서비스와 부가 서비스로 나뉘어 진다. 차량 운행에 직접 관련되는 전용 서비스는 자동요금 징수, 대중교통 정보 제공, 상용차 운행 관리, 위치 정보 및 안전 운행에 관한 정보 제공 등이 있으며, 무선 인터넷, 메시지 서비스 등과 같은 부가 서비스가 있다.[2][3] 이러한 서비스를 제공하기 위해서는 노변 장치, 차량 탑재장치 및 서버가 필요하다.

현재 IR-DSRC는 자동요금징수(ETC : Electrical Toll Collection)용으로 판교, 성남, 청계 톨게이트 등에 시스템이 구축되어 하루 평균 2만대의 탑재장치를 탑재한 차량이 사용하고 있으며 향후 여러 분야로 확대 적용될 것이 예상된다. <표 1>은 IR-DSRC의 물리적 특징을 나타내고 있다.

<표 1> IR-DSRC 특징

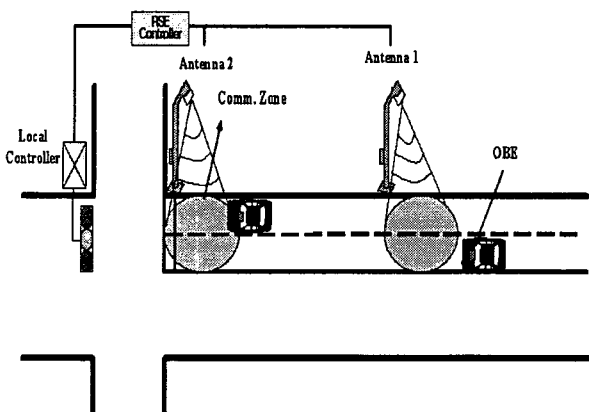
구분	IR DSRC
통신 반경	6-100m
위치확인 및 추적	2 Mbps(향후 10 Mbps)
전파 간섭	없음(Incoherent 영향)
인식률	우수
서비스 제공분야	ITS 다양한 분야
주파수	870nm incoherent 적외선
경로 손실(10m 가정)	10dB
기후 손실	최대 2.8dB
Windshields	1-7dB(평균 3dB)
Fading 효과	없음
절대 수신 감도	-20dB
주파수 재사용 거리	8-12m 이상
Fidd Test 결과 (독일 A555 Highway)	99.9%

2. IR-DSRC를 이용한 실시간 신호제어 검지 시스템 구성 방안

IR-DSRC 검지 시스템을 이용한 실시간 신호 검지기 구성 방안을 <그림 1>과 같다. 각 차로는 2개 이상의 노변장치 안테나와 하나의 노변장치 제어기로 구성된다.

교통 정보의 수집은 각 차량에 장착된 탑재장치로부터 각기 다른 통신 영역을 형성하고 있는 2개의 안테나를 통하여 교통 신호 제어에 필요한 정보를 제공하게 되고, 필요에 따라 노변 장치는 각종 교통 정보를 운전자에게 제공하게 된다. 각 통신 영역에서의 통신절차는 KS 표준인 "KS X 6915 지능형 교통 체계 응용서비스를 위한 적외선 근거리 전용 통신 기술 (Infrared DSRC Standard for ITS applications)"에 따른다.[4]

이렇게 수집된 각 차량의 정보는 실시간으로 노변장치 제어기에서 가공되며, 가공 되어진 정보는 지역 신호제어기(Local Controller)로 통합되어 실시간 신호제어를 위한 기본적인 교통 정보로서 활용된다.



<그림 1> IR- DSRC를 이용한 실시간 신호 제어 검지 시스템 구성방안

3. 실험 방법

IR-DSRC 검지 시스템을 이용한 교통 제어 시스템을 실제 도로에서 구현하기 위해서는 많은 제약이 따른다. 따라서 본 논문에서는 기존 도로에 설치된 루프 검지 시스템과의 비교를 통해 IR-DSRC 검지 시스템의 타당성을 입증하고자 한다.

따라서 실제 IR-DSRC 검지 시스템에서 얻어지는 모든 정보를 고려하지 않고, 속도, 차종, 차량 밀도 등과 같은 루프 검지 시스템에서 얻을 수 있는 정보만을 고려하였다.

이를 위해 <그림 2>와 같은 모의실험 장치를 구성하였다. 실험 판넬의 하단에는 LOOP 검지기를 설치하고, IR-DSRC의 통신 영역을 검지기의 설치장소로 국한되게 구성하였다. 따라서 모터에 의해 실험장치가 회전할 때마다 LOOP 및 IR-DSRC의 통신 영역을 통과하도록 제작하였다.

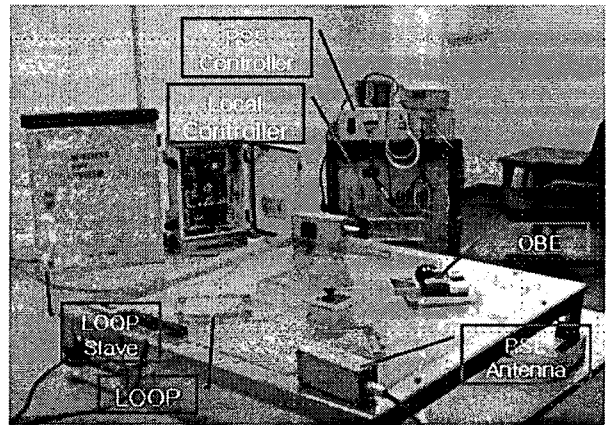
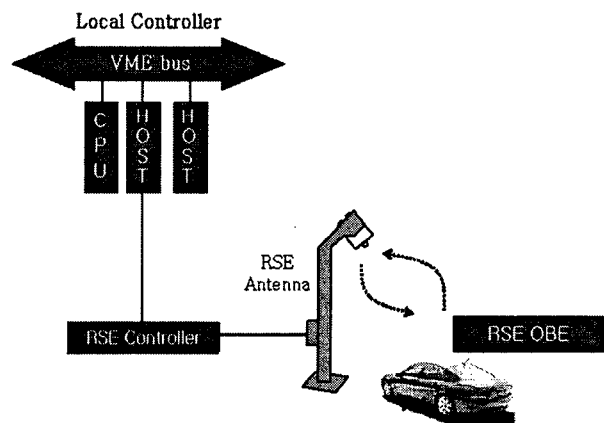


그림 2. IR-DSRC를 이용한 실시간 신호 제어 검지 시스템 모의실험 구성

실험의 정확도를 높이기 위해 신호제어기는 현재 교통 신호 제어기에서 사용하는VMEbus 방식을 적용하여 제작하였으며, IR-DSRC 시스템의 노변 장치에서 수집된 모든 정보는 실시간으로 지역제어기에 저장된다. <그림 3>은 IR-DSRC 검지기 지역 제어기의 연계도를 나타낸 것이다.



<그림 3> IR- DSRC 검지기와 지역 제어기의 연계도

IR-DSRC 검지기로부터 획득된 정보는 지역 제어기 내의 HOST로 전달되어 신호 제어에 사용된다.

지역 제어기와 노변 장치 간 정보 교환의 효율성과 신뢰성을 높이기 위해 별도의 데이터 패킷과 프로토콜을 정의하였다.

본 논문에서 사용된 Local-HOST의 하드웨어는 VMEbus 표준을 따르며 현재 지역 제어기에 사용할 수 있도록 적합하게 HOST를 제작하였으며 패킷 구조는 실시간 정보 수집에 적합하게 기존의 IR-DSRC 통신 패킷 구조를 VMEbus 방식에 맞추어 변형한 것이다. 통신 패킷 구조는 다음과 같다.

- 데이터 패킷 구조

SFLAG	N	N	CRC16	PNUM	Retry	DATA
-------	---	---	-------	------	-------	------

- ACK-sequence

ACK FLAG	PNUM	CRC 16
----------	------	--------

- NACK-sequence

NAK FLAG	PNUM	CRC 16
----------	------	--------

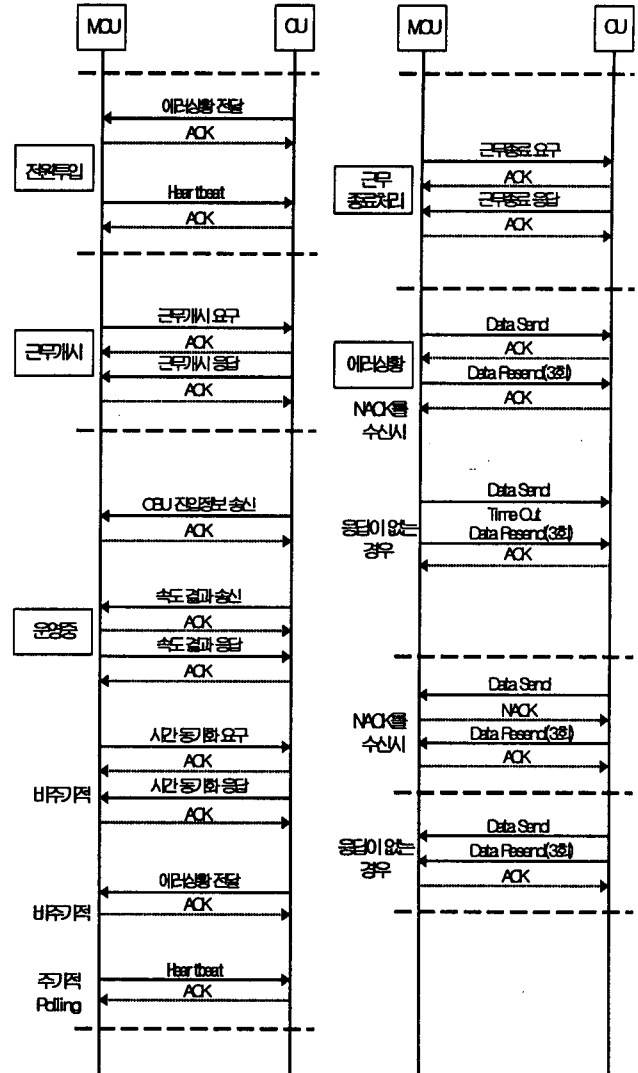
- FLAG :프레임의 시작 알림
- N : 데이터 영역의 길이
- NINV : Inversion of N
- CRC : Cyclic Redundancy Check
- PNUN : Packet number being acknowledged
- RETRIES : 재 전송 횟수

모의실험에서는 차량에 설치된 탑재 장치로부터 속도 정보를 획득할 수 없으므로, 기존의 루프 검지기과 같이 첫 번째 노변장치 안테나가 형성하는 통신 영역에 진입 한 시간과 두 번째 노변장치 안테나가 형성하는 통신 영역에 진입 한 시간을 통하여 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\text{속도(Km/h)} = \frac{(3600 \times d)}{1000 \times (t1 - t0)} \quad (1)$$

- d: 2개 노변장치 간의 실측 간격(m)
- t1: 두 번째 노변장치에서의 접속 시간
- t0: 첫 번째 노변장치에서의 접속 시간

또한 탑재장치에 입력되어져 있는 차종의 확인하여 탑재장치를 통한 정보가 얼마나 정확하게 실시간으로 획득되는지를 확인하였다



<그림 4> Local HOST와 RSE Controller 통신 처리 절차

통신 절차를 살펴보면, 검지기에 의해서 검지되어 가공된 정보는 Local-HOST 또는 노변장치 제어기로 보내지고, 그 응답은 ACK 또는 NAK의 형태로 탑재장치로 전송된다. 이러한 응답이 1초 이내에 수신되지 못하면 3번까지 재 전송을 실시한다. 이때 재 전송 회수(RETRIES)는 1씩 증가한다. 3회의 패킷 전송에 대한 확인을 받지 못하면 이 패킷의 전송은 취소된다. 노변장치 제어기는 메모리에 전송되지 못한 패킷을 저장하고 Local-HOST와 다시 연결되었을 때 전송한다. 노변장치 제어기에 저장될 수 있는 Packet의 수는 메모리 구성에 따르며, 각 Packet의 생성은 연속적인 값(PNUM)을 가진다. 이 값을 확인하여 수신 측에서는 데이터 패킷의 분실을 인식할 수 있다. 그리고 ACK와 NACK를 사용하여 소프트웨어 흐름 제어를 한다.

<그림 4>는 Local-HOST와 노변장치 제어기 사이의 통신 처리 절차를 보여 주고 있다.

4. 실험 결과 및 분석

모의실험을 통해 얻어진 정보는 모니터링 프로그램에 의해서 실시간으로 나타난다.

<그림 5>는 모의실험 중 모니터링 프로그램을 통하여 실시간으로 검지되고 있는 검지 데이터를 보여 주고 있다. <그림 5>를 보면 실시간 정보의 획득을 확인하기 위해서 밀리미터 단위까지 세분화 하여 측정 시간을 표시하였으며, 일정한 속도로 돌고 있는 모형 차의 정보는 실시간으로 정확히 수집되는 것을 확인할 수 있다.

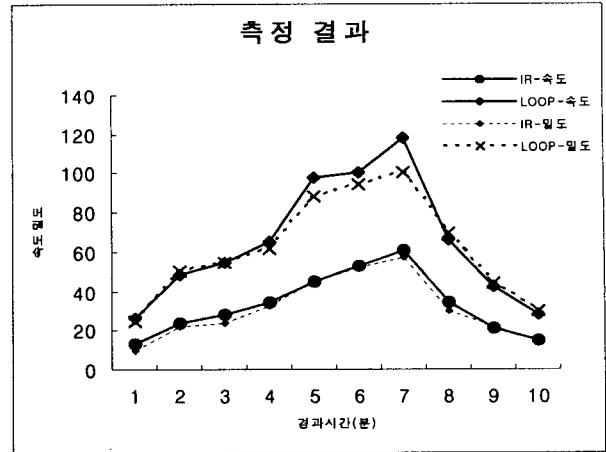
IR-DSRC			
차종	속도	차량밀도	차두간격
2004-06-16 16:35:10.01	1,	12,	0,
2004-06-16 16:35:19.39	1,	12,	0,
2004-06-16 16:35:28.68	1,	13,	0,
2004-06-16 16:35:38.14	1,	11,	0,
2004-06-16 16:35:47.40	1,	13,	0,
2004-06-16 16:35:56.83	1,	12,	0,
2004-06-16 16:36:06.12	1,	13,	0,
2004-06-16 16:36:15.50	1,	12,	0,
2004-06-16 16:37:22.85	1,	13,	0,
2004-06-16 16:39:11.03	1,	13,	0,
2004-06-16 16:39:29.69	1,	13,	0,
2004-06-16 16:39:55.82	1,	13,	0,
2004-06-16 16:47:29.18	1,	13,	0,

RFVDS			
차종	속도	차량밀도	차두간격
2004-06-16 16:55:51.75	0,	25,	26,
2004-06-16 16:55:54.32	0,	25,	26,
2004-06-16 16:55:56.86	0,	26,	27,
2004-06-16 16:55:59.43	0,	25,	27,
2004-06-16 16:56:02.00	0,	26,	26,
2004-06-16 16:56:04.54	0,	25,	25,
2004-06-16 16:56:07.11	0,	25,	27,
2004-06-16 16:56:09.65	0,	25,	26,
2004-06-16 16:56:12.22	0,	25,	26,
2004-06-16 16:56:14.76	0,	26,	26,
2004-06-16 16:56:17.33	0,	25,	27,
2004-06-16 16:56:22.44	0,	25,	27,

<그림 5> DataAnalysis를 통한 모의실험 결과 분석

여기서 루프 검지기와 IR-DSRC 검지기의 속도 값에 대한 오차는 계산 과정에서 노변장치 안테나 사이의 거리와 루프 사이의 거리를 임의로 적용하여 발생한 것이다. 하지만 각 검지기가 일정한 속도 정보를 실시간으로 얻고 있음을 알 수 있다. 비록 본 실험에서는 하나의 탑재장치를 회전시킴으로써 인해 차종의 정보(1종, 도로 교통법 상 6종 분류 중)가 한가지로 획득되지만 탑재장치에 입력된 차종의 정보가 정확히 실시간으로 수집되고 있는 것을 보여 주고 있다.

<그림 6>은 실험 결과를 도식화한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 IR-DSRC 검지기에 의한 결과가 기존의 루프 검지기의 결과와 비슷한 결과를 나타내고 있다.



<그림 6> 모의실험 측정 결과

<표 2>에서 보여 주는 것과 같이 루프 검지기는 기존의 다른 검지기들 보다 뛰어난 성능을 보이고 있으나, 차량이 통과함에 따라 발생하는 전장 신호(electric field)를 기본으로 정보를 가공하고 일정시간의 평균값을 산정하기 때문에 정보의 정확성과 신뢰성 면에서 오차를 보여 왔다. 이에 반해 IR-DSRC 검지 시스템을 이용하여 수집된 교통 정보는 탑재 장치에 입력된 정확한 정보를 노변장치를 통해 전달되기 때문에 기존의 루프 검지기를 통해 얻을 수 있는 평균 속도뿐만 아니라 차량 진입 시점에서의 순간속도, 차량의 흐름 및 차량의 종류 까지도 실시간으로 정확하게 파악할 수 있다.[1]

특히 루프 검지기는 차량의 크기에 따라 6종의 분류만이 가능했지만 IR-DSRC 검지 시스템에서는 긴급차량, 버스, 택시, 화물차량, 승용차, 승합차등과 같은 용도까지 확인 할 수 있어 보다 세분화되고 정확한 정보를 알 수 있다. 이러한 세분화되고 좀더 정확한 정보를 통해, 버스 우선 신호 제어 시스템, 응급 차량 우선 신호 제어 시스템과 같은 새로운 교통 제어 알고리즘이 개발될 수 있을 것이다.

<표 2> LOOP 검지기의 신뢰도(아주대학교 연구센터)[4]

구분	실험결과	비고
루프	우수	교통량, 속도, 점유율 모두 우수
루프	우수	교통량, 속도, 점유율 모두 우수
영상	양호	대체로 우수하나 기후 조건에 많은 영향을 받음
초음파	보완필요	교통량, 속도, 점유율 보완 필요
지자기	보완필요	교통량, 속도, 점유율 보완 필요
자석	양호	교통량, 속도, 점유율 보완 필요

III. 결론

본 논문에서 고려한 IR-DSRC를 이용한 실시간 신호제어 시스템의 가능성을 기존의 루프 검지기와 비교함으로써 확인하였다. 이는 IR-DSRC 시스템을 신호제어기의 검지 기술로 활용할 수 있는 가능성을 보여준 것이다. 더욱이 IR-DSRC 시스템이 양방향 통신이라는 점은 기존의 교통 흐름, 밀도 등과 같은 정보를 실시간으로 측정하던 단순 검지 시스템에서 벗어나, 교통 정보 및 교차로 정보의 제공까지도 가능하게 될 것이다.

앞으로 널리 보급될 텔레매틱스 및 ITS 단말기와의 차량 네트워크를 통한 연계는 교통 정보의 수집뿐만 아니라 차량 상태 및 운전자의 개별 정보 등 새로운 많은 정보를 제공해 줌으로써 새로운 신호제어 알고리즘 개발에 긍정적 영향을 미칠 것이다.

감사의 글(Acknowledgement)

본 연구는 건설교통부 국가 교통 기술 개발 사업의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. KOTI Report, "Development of Next Generation Traffic Signal control System Utilizing Wireless Communications", KOTI, 2004.
2. Hyunseo Oh, Chungil Yae, Donghyon Ahn and Hanberg Cho, "5.8GHz DSRC Packet Communication System for ITS Services", VTC'99, Houston, pp. 2223-2227, IEEE, 2002
3. Kwangjoo Choi, Donghyun Kim, Younggen Hyun, Jungjae Ji and Jaehyung Yi, "Electronic Packing Collection System using DSRC System at Packing Lot.", 논문집 제23권 제2호, The Institute of Electronics Engineers of KOREA, 2000/11.
4. KS X 6915 지능형 교통 체계 응용서비스를 위한 적외선 근거리 전용 통신 기술 (Infrared DSRC Standard for ITS applications), 2004