

IEEE 802.11 무선랜 기술 기반 차량용 정보 단말을 위한 식별과 위치 추적 기능의 설계와 구현

준회원 오 두 환*, 윤 미 경*, 한 승 호*, 정회원 김 종 덕*

Design and Implementation of IEEE 802.11 Wireless LAN-based Identification and Location Tracking Techniques for Vehicle Information Terminals

Doo-Hwan Oh*, Mi-Kyung Yoon*, Seung-Ho Han* *Associate Members*
Jong-Deok Kim* *Regular Member*

요 약

본 논문은 고속 이동 환경에서 IEEE 802.11 무선랜 기술을 이용하여 차량에 대한 식별과 위치를 추적하는 시스템을 설계 및 구현하여 제안한다. 특정 지점에 무선랜 AP와 같은 RSU를 설치하고 정보 단말이 탑재된 대상 차량이 그 부근을 지날 때 RSU는 이를 인식하여 대상 차량에 대한 식별 및 위치를 파악한다. 구체적으로 IEEE 802.11 접속 관리 프레임을 이용한 빠른 인식, 본질적으로 취약한 무선랜 보안 그리고 추적 범위 제약의 문제를 도출하여 그에 대한 해결책을 제시한다. 제시한 해결책을 바탕으로 차량용 정보 단말, RSU 그리고 GUI 기반 서버 측 관리 프로그램을 구현하며 실제 도로 환경에서 실험을 수행하여 구현 시스템의 효용성을 검증한다.

Key Words : IEEE802.11, Wireless LAN, Location tracking, TCP/IP, CDMA

ABSTRACT

In this paper, we present design and implementation for identification and location tracking techniques for vehicle information terminals in high-speed mobile environment using IEEE 802.11 wireless LAN technology. RSU be installed at a specific point. RSU recognizes it and then aware identification and location tracking for target vehicle when target vehicle that is equipped with information terminals pass near point. Issue of quick recognition using IEEE 802.11 access management frame, issue of weak wireless LAN security and tracking a range of restrictions be raised and we present solutions. Vehicle information terminal, RSU and a server-side GUI-based management program be implemented based on proposed solution. Implementation system be performed experiment at actual road environment and effectiveness be verified.

1. 서 론

자동차에 디지털 무선 통신 기술을 접목하여 안전성과 편의성, 효율성을 개선하는 다양한 응용 서비스

모형들이 개발되고 실현되고 있다. 정보 및 그 전달 방식의 특성에 따라 자동차 관련 무선 통신 기술은 그림 1과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 도로 상황, 뉴스, 날씨 정보 등 외부 정보를 다

※ 이 논문은 2008년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구인(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

* 부산대학교 컴퓨터공학과 이동통신연구실(mobile@pusan.ac.kr)

논문번호 : KICS2008-10-455, 접수일자 : 2008년 12월 9일, 최종논문접수일자 : 2008년 12월 9일

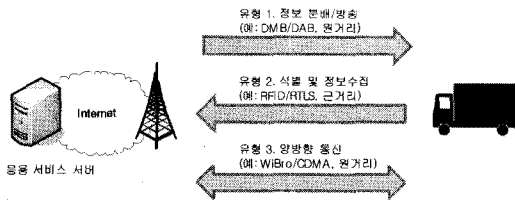


그림 1. 자동차 관련 무선 통신 서비스 유형

수의 자동차에게 분배하는 기술로 지상파 DMB와 같은 디지털 이동 방송 기술이 대표적 예이다. 둘째, 자동차의 식별, 위치의 추적 등 개별 자동차의 정보를 외부에서 인식하고 수집하는 기술로 능동형 RFID 기술이 대표적 예이다. 셋째, 인터넷 접속이나 원격 경로 안내 등 개별 자동차와 외부 정보 시스템과의 양방향 데이터 통신을 제공하는 기술로 WiBro와 같은 이동 통신 기술이 대표적 예이다.

기술적 측면만을 고려하면 WiBro와 같은 원거리를 지원하는 최신 양방향 이동 통신 기술로써 앞서 설명한 정보 분배, 인식 및 수집, 양방향 데이터 통신 등 자동차에 필요한 대부분의 통신 요구 사항을 만족시킬 수 있을 것이다. 그러나 기술 적용의 비용이나 복잡도, 법규 등에 따른 제약, 관련 업체 간의 이해관계 등으로 인해 최신 양방향 이동 통신 기술이 기술적 장점만으로 시장에서 독점적 우위를 점하기는 어려운 것이 현실이다. 이에 우리가 주목한 기술이 바로 IEEE 802.11 무선랜 기술이다.

상업적으로 가장 성공한 무선 통신 기술의 하나인 무선랜 기술은 가정 및 사무 환경에서 PC나 노트북을 위한 근거리 무선 통신 기술로서 설계되었지만 저렴한 비용, 별도의 주파수 사용 권한 획득이 필요 없는 편의성 등으로 인해 산업 전 영역으로 그 활용 범위가 빠르게 늘고 있다. 자동차 무선 통신 분야에서도 무선랜 기술을 활용하려는 노력이 활발하며 그 대표적 예로 WAVE/IEEE 802.11p를 들 수 있다^[1].

우리는 IEEE 802.11 무선랜을 중심으로 CDMA나 WiBro와 같은 이동통신 기술이 보조하는 복합 통신 모형을 가지는 물류 차량을 위한 정보 단말 및 지원 시스템을 개발 중이다. 우리는 이러한 복합 통신 모형이 비용을 포함한 여러 현실적 제약 조건을 반영하면서도 응용의 다양한 요구 사항들을 효과적으로 해결할 수 있는 실용적 방안이라고 판단한다. 개발하려는 시스템이 제공해야 할 주요 기술 요구 사항으로는 물류 차량의 식별 및 위치 추적 나아가 화물 상태에 대한 센싱 및 모니터링, 다른

차량 또는 관제 시스템 등과의 양방향 통신 등이 있다. 본 논문은 이 중 차량의 식별 및 위치 추적을 무선랜 기술을 이용하여 해결하는데 초점을 맞추고 있다.

논문이 다루려는 차량 식별 및 위치 추적 시나리오 오는 다음과 같다. 시간과 위치에 관계없이 위치 추적이 가능한 것이 바람직하지만 비용이 높다. 모든 지역이 아니라 물류 창고, 톨게이트, 인터체인지, 휴게소 등 이동 경로 상의 특정 지점 통과 상황만이라도 실시간으로 파악할 수 있다면 실용적 가치가 높다. 우리가 제공하는 위치 추적 기능은 이러한 특정 지점 기반 위치 추적이다. 기능 제공을 위해 대상 차량에 무선랜 모듈을 포함한 정보 단말을 탑재하며, 통과 확인이 필요한 특정 지점에는 무선랜 AP를 설치한다. 무선랜 AP는 무선랜 모듈을 탑재한 차량이 주위를 통과할 때 이를 인식하여 원격의 물류 관제 서버에게 알린다. 차량의 정보 단말은 마치 RFID 태그와 같은 기능을 수행하며 무선랜 AP는 RFID 리더와 같은 기능을 수행하는 것이다.

본 논문은 무선랜 기반 차량 식별 및 위치 추적 기능 구현과 관련한 세 가지 구체적인 문제점을 제기하고 그에 대한 해결책을 제시한다. 첫째는 대상 차량의 고속 이동성을 고려한 “빠른 인식” 문제이다. 차량 식별과 위치 추적을 위해 차량의 정보 단말과 무선랜을 통해 TCP/IP 통신을 사용하는 접근을 택할 수 있다. WiFi 태그라고 알려져 있는 IEEE 802.11 기술 기반 RFID 기술에서 이러한 접근이 쓰이기도 한다^[2]. 그러나 정보 단말이 무선랜을 통해 TCP/IP 기반 통신을 하려면 스캔, 인증, 결합, TCP/IP 연결 정보 획득, TCP/IP 연결 등 여러 단계를 거쳐야 하며 이에 필요한 시간은 수 초에 이를 수 있다. 그런데 대상이 되는 특정 지점에서 다수의 물류 차량들이 고속으로 이동할 수 있으며 이 경우 차량의 정보 단말들이 TCP/IP 통신 연결을 구성하지 못할 가능성이 크다. 우리는 이러한 제약을 고려하여 TCP/IP 통신이 아니라 무선랜 접속 과정의 IEEE 802.11 관리 프레임들을 활용하여 빠르게 대상을 인식하는 방법을 제시한다.

둘째, 보안 문제이다. 무선 환경은 본질적으로 보안이 취약하며 실제 많은 표준 RFID 기술들도 보안과 관련한 문제점을 가지고 있다. 본 시스템도 관리 프레임을 이용한 “빠른 인식”의 나쁜 부수 효과로서 Spoofing과 같은 보안 취약점이 발생할 수 있다. 우리는 이를 위해 빠른 인식을 저해하지 않으면서도 보안 기능을 제공할 수 있는 방법론을 제시한다.

셋째, 위치 추적 범위의 제약 문제다. 실제 응용에서는 무선 AP를 설치한 주요 지점이 아닌 지점에 있더라도 긴급하게 위치를 확인할 필요가 있을 수 있다. 우리는 차량 운전자의 핸드폰을 활용하여 SMS 통신함으로써 저렴하고 간단하게 이를 지원하는 방법을 제시한다.

제시한 방법에 따라 우리는 차량의 식별 및 위치 추적을 위한 차량용 정보 단말 및 AP를 구현하였다. 구현한 시스템을 실제 도로 환경에 적용하여 수행한 성능 평가 결과 수행한 모든 실험에서 대상 차량의 식별 및 위치 추적에 성공하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련 연구로서 먼저 여러 가지 차량 식별 및 위치 추적 기술들을 소개한다. 이어 본 논문에서 중요하게 다루는 무선랜 접속 지연, 그리고 도로 환경에서의 무선랜 성능과 관련한 기존 연구 결과를 정리한다. III장에서는 제안하는 시스템의 구조와 설계를 설명한다. IV장에서는 실제 도로 환경에서 수행한 실험과 그 결과를 정리하고 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 차량 식별 및 위치 추적 기술

표 1은 차량의 식별 및 위치 추적 관련 기술들을 정리한 것인데 크게 세 가지로 분류하였다. 첫째 DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 자동차를 위한 전용 근거리 통신 기술이다. 우리나라에서는 도로공사가 전자요금지불시스템(ETS)을 위해 하이패스란 상표명으로 사용하고 있는 기술로 국내에서는 적외선을 사용하는 IR-DSRC와 5.8Ghz 대역 전파를 사용하는 RF-DSRC 두 가지를 표준으로 지정하고 있다. 국제적으로는 5.8Ghz(유럽, 일본) 또는 5.9Ghz(미국) 대역을 이용한 DSRC 표준화, 그리고 이를 바탕으로 한 차량간 네트워킹 기술인 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)에 대한 연구가 활발하다. 특히 IEEE에서는 IEEE 802.11p 그룹을 통해 기존 IEEE 802.11의 PHY 및 MAC 기술을 DSRC 대역에 적용하는 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment) 표준화를 진행 중이다.

둘째는 RFID/RTLS 기술이다. RFID(Radio Frequency Identification)는 전파를 이용해 대상을 식별하는 기술이며 RTLS(Real Time Location System)는 대상의 위치 정보를 실시간으로 획득할 수 있는 진보한 RFID 시스템이다. 여기서 소개하는 RFID/RTLS 기술은 태그가 자체 전원을 보유한 능

표 1. 차량 식별 및 위치 추적 기술

기술명	표준	주파수	전송속도	제조사
IR-DSRC	KSX-6915	IR	1Mbps	ATIS/Tn
RF-DSRC	TTAS.KO-06.0025 WAVE/IEEE 802.11p	5.8/5.9Ghz	1Mbps	MPeon
능동형 RFID	ISO 18000-7	433Mhz	27.8Kbps	SAVI
RTLS	ISO 24730	2.4Ghz	19.8Kbps	Wherenet
WiFi RTLS	n/a	2.4Ghz	11Mbps	Aeroscout, Ekahau
GPS+CDMA PDA형	n/a	800Mhz /1.8Ghz	64Kbps (CDMA 1x 기준)	Bluebird
GPS+WLAN 태그형	n/a	2.4Ghz	11Mbps	Synotrac

동형 RFID 기술이며 자동차뿐 아니라 다양한 응용에서 이용 중인데 특히 물류 응용 분야에서 많은 주목을 받고 있다. 현재 일반적인 주차관리 시스템에서는 125/134Khz 또는 13.56Mhz 대역의 RFID 기술이 많이 쓰인다. 그러나 이 기술들은 인식 범위나 정보 처리 능력 등에서 많은 한계를 가진 기술들이다. ISO18000-7은 이러한 기존 RFID 기술의 문제를 개선한 대표적 능동형 RFID 표준 기술로 433Mhz 대역을 사용한다. 미국 국방성이 군수 물자 관리, 국토안전국이 컨테이너 보안 등에 활용하면서 많은 주목을 받고 있다. 그런데 이 기술은 채널 대역이 200Khz에 불과한 단일 채널 시스템으로 부가 정보 전달, 나아가 양방향 통신에 활용하기에는 원천적인 한계를 가진다. RFID 응용에서 위치 정보가 중요해 짐에 따라 RTLS 기술이 주목 받고 있다. RTLS 표준으로는 ISO 24730이 있는데 이 표준은 IEEE 802.11b,g와 같이 2.4Ghz 대역을 사용한다. 대역은 동일하지만 PHY와 MAC은 완전히 다른 기술을 사용하고 있다. ISO 24730과 같은 RTLS를 위한 별도의 표준을 사용하지 않고 기존 IEEE 802.11을 그대로 활용한 RTLS 시스템들도 있다. Wi-Fi 태그라고도 불리는 이 기술은 기존 IEEE 802.11의 인프라를 그대로 활용할 수 있다는 점에서 장점을 가지고 있다. RTLS 시스템들은 TDOA, TOA 등의 삼각 측량(Triangulation) 방법 또는 미리 수집한 위치 별 RSSI등 신호 정보 특성을 바탕으로 위치를 추정하는 핑거 프린트(Finger Print) 기법을 통해 대상 태그의 위치를 구한다. RTLS 시스템은 대표적 측위 시스템인 GPS와 달리 실내에서도 이용 가능하지만 위치 정확도는 위치

측위에 참여하는 리더 또는 AP의 수나 배치에 종속적이기 때문에 적용 범위에 제약이 있다.

셋째는 기존의 측위 기술인 GPS와 통신 기술인 CDMA 또는 무선랜을 결합한 융합형 기술이다. 앞에서 소개한 DSRC나 RFID/RTLS와 같은 표준의 형태는 아니지만 기존 기술을 결합하여 현재의 요구를 만족시키는 접근이다. 우선 GPS와 CDMA 모듈을 탑재한 전용 PDA 단말을 활용하여 차량의 위치를 추적하는 시스템이 있었다. 우리는 실제 화물운송회사에서 이 시스템을 물류 관리를 위해 사용 중임을 확인하였다. 조사 결과 이 회사는 약 300대의 PDA를 활용하고 있으며 PDA당 월 15,000원 수준의 고정 요금제로 CDMA 통신비용을 지불하고 있다. 또 다른 형태로는 GPS로 위치 정보를 얻고 이를 무선랜을 통해 전달하는 태그형 제품도 있었다.

관련 기술의 조사를 통해 다음과 같은 사항을 확인할 수 있었다. 첫째, 차량의 식별 및 위치 추적에 대한 기술이 매우 다양하다는 점이다. 이는 기술 수요가 높고 다양한 응용 분야에서 쓰이고 있음을 의미한다. 또한 시장을 과점하고 있는 표준 기술이 아직은 없다는 방증이며 사실상의 표준이 되기 위한 경쟁이 향후 치열할 것임을 예상할 수 있다.

둘째, 조사한 DSRC 또는 RFID/RTLS 표준의 상당수가 식별 기능을 수행하기 위한 기본 PHY 및 최소한의 MAC 명세만을 포함하고 있다. 보안 기능이나 확장성이 부족하고 인터넷과 같은 기존 통신망과의 결합 등에 대해 다루고 있지 않다. ITS로 대표되는 자동차 관련 정보통신서비스 발전 방향을 고려할 때 추가 표준화 작업이 필요함을 알 수 있다.

셋째, IEEE 802.11 무선랜 기술을 활용하려는 접근이 주목을 받고 있는 점이다. 이는 바로 앞에서 언급한 PHY를 비롯한 다양한 필요 기능 명세를 새로 정의하려는 접근과 달리 기존 무선랜 기술을 필요에 따라 적절히 변형하려는 접근으로 이해할 수 있다. 모든 기능을 새로 개발하는 것에 비해 비용 및 검증 과정을 줄일 수 있으며, 기존의 인프라 활용도 가능하다는 장점이 있다. DSRC를 위한 IEEE 802.11p 작업그룹의 WAVE 표준화나 Wi-Fi 기반 RTLS 기술이 대표적 예이다. 본 논문에서 설계 및 구현하는 차량 식별 및 위치 추적도 이 접근 방식에 속한다고 할 수 있다.

2.2 도로 환경의 무선랜 성능 및 접속 지연

자동차에 무선랜을 설치하고 실제 도로 환경에서 실험을 통해 성능을 측정하는 연구들이 많이 있다.

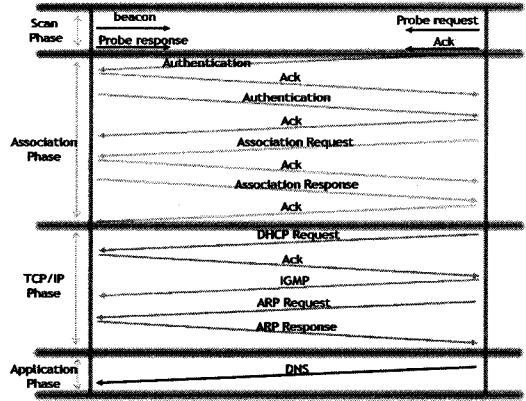


그림 2. 무선랜 연결 과정

[3]에서는 일반 무지향성 안테나를 장착한 무선 AP를 도로변에 설치하고 무지향성 실외의 안테나를 장착한 노트북을 자동차에 탑재하여 이동 시 UDP와 TCP 연결의 성능을 측정하였다. 왕복 4차선의 아우토반에서 시속 180Km를 포함한 다양한 속도에서 성능을 측정하였다. 무선 AP와 자동차 사이에는 LOS (Line of Sight)가 확보되며 주위에 차량은 없는 환경에서의 실험이었다. 저자들은 실험 결과를 바탕으로 180Km 수준에서 고속으로 이동하더라도 하나의 AP만으로 약 200m 수준의 범위에서 유용한 수준의 연결성을 얻을 수 있다고 주장하였다. 이는 차량이 시속 100Km 수준으로 달린다고 할 때 약 7.2초간 인터넷 연결이 가능하다는 의미이다. 단 이 실험에서 인증 기능은 비활성화 시켰으며 IP 주소도 DHCP로 얻는 것이 아니라 미리 지정한 값을 쓰도록 하였다. [4]에서는 고이득 지향성 안테나를 장착한 무선 AP를 도로변 건물에 설치하고 성능을 측정하였다. [4]는 AP를 기준으로 1Km 떨어진 위치에서도 통신이 가능함을 보였고 자동차의 속도나 거리 보다 LOS 확보 여부가 성능에서 보다 중요한 요소라고 주장하였다. 이 실험은 무선랜 접속이 이루어진 상태에서 출발하여 성능을 평가하였다.

위 연구들은 실제 도로 환경에서 무선랜의 성능을 평가하기는 했지만 접속 과정의 지연에 대해서는 다루고 있지 않다. 본 논문에서는 무선랜 접속 과정의 관리 프레임에 이용하여 차량을 빠르게 식별하고자 하기 때문에 이와 관련한 보다 구체적인 평가가 필요하다. 이와 관련한 대표적 연구로 [5], [6]이 있다.

그림 2는 무선랜 단말이 새로운 AP에 접속하여 TCP/IP 연결을 맺을 때까지의 과정에서 단말과 AP

간에 주고받는 프레임/패킷을 정리한 것이다. 단말은 주변의 AP를 검색하는 스캔 과정(Scan Phase), AP를 이용하기 위한 인증과 결합 과정 (Association Phase), IP 연결 정보 획득 과정(TCP/IP Phase) 등의 단계를 거쳐 TCP/IP 연결이 가능한 상태가 된다.

[5][6]에서는 실험을 통한 측정치를 바탕으로 무선랜의 핸드오프 상황에서의 접속 지연에 대해 자세히 다루고 있다. 이들 연구에 따르면 무선랜은 접속에 수백 밀리초 이상의 지연이 발생하며 그 대부분이 스캔 단계에서 발생한다. 스캔 과정은 단말의 모드에 따라 능동형 스캔 또는 수동형 스캔이 이루어진다. 수동형 스캔은 단말이 가능한 첫 채널부터 순차적으로 AP가 주기적으로 방송하는 비콘(Beacon) 프레임을 검색하여 AP의 존재를 확인한다. 능동형 스캔은 단말이 가능한 첫 채널부터 순차적으로 프로브 요청(Probe Request) 프레임을 방송하고 이를 수신한 AP가 이에 대해 프로브 응답(Probe Response) 프레임을 답하여 AP의 존재를 확인한다. 스캔에 소요되는 시간은 수동형은 모니터링을 위해 채널에 머무는 시간, 능동형은 프로브 요청 전송 후 답을 기다리는 시간 등에 의해 결정되는데 능동형 스캔이 보다 빨리 검색을 완료한다. 이러한 이유로 보통 능동형 스캔을 사용하여 주변의 AP를 찾는다.

접속 지연과 관련한 기존 연구 결과들은 차량과 같이 단말이 빠른 속도로 이동하는 환경에서 실험한 것이 아니라 단말은 고정시킨 채 AP의 전원을 끄고 켜는 방식으로 접속 지연을 조사한 것이다. 따라서 본 연구의 대상 환경과는 큰 차이가 있다.

III. 시스템 설계

3.1 시스템 구성

그림 3은 차량 식별 및 위치 추적 서비스를 제공하기 위한 시스템 구성도이다. 위치 추적의 대상이 되는 차량에 설치한 정보 단말을 VANET 용어를 따라 OBU(OnBoard Unit), 차량을 식별하는 주체가 도로 주변에 설치하는 AP를 RSU(Road Side Unit)라고 하겠다. 도로 환경의 특성을 고려하여 RSU는 무선 메쉬 네트워크를 통해 인터넷에 연결되도록 설계하였다. RSU는 무선 메쉬 및 인터넷을 통해 식별한 차량 정보를 서버 측에 전달한다. 서버는 RSU가 보내온 차량 식별 정보와 RSU의 위치 정보를 이용하여 차량의 위치를 실시간으로 지도상에 표시하는 WiSeer라는 프로그램으로 구현하였다.

주목할 점은 OBU, RSU 및 무선 메쉬 네트워크

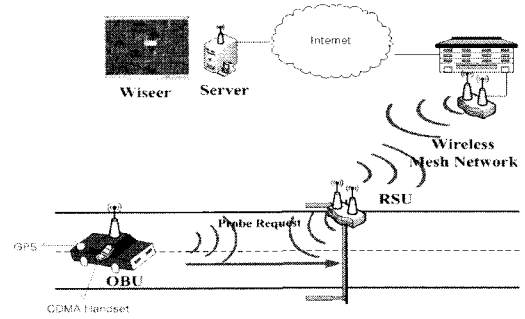


그림 3. 식별 및 위치 추적 서비스를 위한 시스템 구성도

구성에 사용되는 장비들이 기본적으로 동일한 플랫폼을 가지도록 설계한 점이다. 우리는 Alix 사의 임베디드 보드에 두 개의 무선랜 카드를 설치하여 이들 장비를 구현하였다. Madwifi^[7]라는 개방형 무선랜 장치 드라이버를 수정하고 라우팅 모듈을 추가하여 이들이 다중 홉 무선 통신이 가능하도록 구현하였다. 본 논문에서 주로 다루는 식별 및 위치 추적 기능을 고려할 때 OBU가 굳이 이러한 기능을 가지도록 구현할 필요는 없다. 그러나 앞서 밝혔듯이 궁극적으로 우리가 제공하려는 기능은 식별 및 위치 추적뿐만 아니라 실시간 양방향 통신 기능까지 제공하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에 이러한 접근을 택했다.

OBU는 정보 단말의 역할을 하므로 사용자 인터페이스가 필요하며 이에 따라 터치스크린 형태의 화면과 키보드 입력 장치를 지원하도록 구현하였다. 또 뒤에서 설명할 SMS 기반 위치 정보 전달 기능을 위해 USB 단자를 통해 GPS 장치와 핸드폰을 연결할 수 있도록 하였다.

3.2 빠른 인식

차량 식별을 위해 OBU와 RSU, 또는 OBU와 서버와의 TCP/IP 통신을 이용하는 접근을 택할 수 있다. 이 방법은 응용 수준의 프로그램 작성을 통해 간단히 구현할 수 있는 장점이 있다. 그러나 우리의 실험 결과 고속으로 이동하는 차량의 경우 TCP/IP 연결 자체가 맺어지지 않는 경우가 빈번하게 발생하였다. 표 2는 차량 속도에 따른 TCP/IP 연결 성공률을 정리한 것인데 속도가 빨라짐에 따라 TCP/IP 연결의 성공률이 매우 낮아짐을 확인할 수 있다.

표 2. 차량 속도별 TCP/IP 연결 성공률

차량 속도	실험 횟수	성공 횟수	성공률
50km/h	8	6	75%
70km/h	8	3	37.5%
100km/h	8	0	0%

그림 2에서 정리한 것과 같이 TCP/IP 연결이 이루어지기 위해서는 단말과 AP간 여러 단계의 프레임 주고받기가 이루어져야 한다. 중간 단계에서 실패할 경우 다시 처음의 스캔 과정부터 재개해야 한다. 실험 분석 결과 고속 이동 시에는 개별 프레임의 전송 성공률이 급격하게 저하됨을 확인할 수 있었다. 전송이 성공하지 못하는 이유는 다중 접속에 따른 충돌 때문이 아닌 물리적 신호 품질 저하가 원인인 것으로 보인다. 송신 노드가 충돌 없이 프레임을 보내지만 수신 노드가 이를 수신하지 못하는 경우가 빈번하게 발생하였기 때문이다.

물론 IEEE 802.11 MAC에서는 물리 계층의 에러를 고려하여 ACK 프레임을 이용한 재전송 기능을 가지고 있다. 그러나 프로브 요청과 같은 프레임은 방송 프레임으로 ACK를 이용한 재전송이 적용되지 않는다. 한편 재전송을 하는 유니캐스트 프레임의 경우 ACK가 문제를 악화시키는 경우도 있다. 실제 프레임은 제대로 전송 되었으나 그에 대응하는 ACK 프레임 전송이 제대로 되지 않아 실패로 간주되는 경우가 다수 발생했다.

식별 기능을 필요로 하는 응용 서비스 모델들은 대부분 거의 100% 수준의 안정적인 성공률을 필요로 하는데 앞서 살펴본 바와 같이 고속 이동 환경에서 무선랜의 TCP/IP 연결 성공률은 안정적이지 못하며 따라서 적합한 해결책이 되지 못한다.

우리는 접속 과정의 관리 프레임을 이용하여 복잡하고 불안정한 접속 과정이 완료되지 않더라도 대상을 식별할 수 있는 정보를 얻는 방법을 고안하였다. OBU의 식별을 위해 관리 프레임에 별도의 정보를 추가하는 방안을 택할 수 있지만 이 경우 OBU의 무선랜 MAC 기능을 수정하여야 하는 부담이 있다. 이를 피하기 위해 무선랜 MAC 주소를 대상의 식별자로 활용하는 접근을 택했다. MAC 주소로부터 대상의 정보를 알아오기 위한 맵핑 정보는 서버에 유지하도록 하였다.

접속 과정에서 무선랜 단말이 최초로 전송하는 프레임은 프로브 요청이다. 따라서 RSU는 프로브 요청 프레임을 수신할 경우 이를 서버 측에 알려 새로운 무선랜 단말이 자신의 영역에 나타났음을 알리도록 하였다. 서버는 RSU가 보내온 MAC 주소를 식별자로 하여 대상을 식별할 수 있다.

제안하는 방법은 커널 수준이기는 하지만 RSU의 간단한 수정만으로 구현할 수 있으며 일반 무선랜 단말도 그대로 이용할 수 있는 장점이 있다. 그리고 접속 과정이 완료되지 않은 상황에서도 식별 정보

를 얻을 수 있기 때문에 고속 이동 등 통신이 안정적이지 못한 상황에서도 대상을 빠르게 인식할 수 있음을 검증 실험에서 확인할 수 있었다.

3.3 보안

프로브 요청과 같은 관리 프레임의 송신자 MAC 주소를 이용한 대상 식별은 구현이 간단하고 기존 무선랜 단말에도 그대로 적용할 수 있는 장점이 있지만 보안 측면에서는 취약하다.

식별자로 사용하는 MAC 주소는 하드웨어 주소이고 그 유일성은 장비 제조사에서 보장한다. 하지만 MAC 주소를 관리 도구를 통해 변경할 수도 있는데 이런 경우 다른 차량 정보 단말의 MAC 주소를 흉내 내는 Spoofing 공격이 있을 수 있다⁸⁾.

우리는 이러한 MAC 주소 Spoofing의 보안 취약성을 보완하기 위하여 관리 프레임에 추가의 정보를 포함하여 MAC 주소의 진위 여부를 확인하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서 서버와 OBU는 비밀키 K 를 공유한다. 서버는 상대 OBU가 비밀키를 가지고 있는지를 확인하기 위해 확인 메시지 (Challenge Message) M 을 이용한다. 즉 OBU는 주어진 확인 메시지 M 을 암호화하여 $K(M)$ 을 만들고 이를 관리 프레임에 커스텀 정보 요소로 추가한다. 서버는 비밀키를 이용하여 $K(M)$ 을 해석하여 올바른 M 인지를 확인하여 MAC 주소의 진위 여부를 확인할 수 있다. 우리가 활용한 비밀키 암호 알고리즘은 AES(Advanced Encryption Standard)⁹⁾이다.

한편 여기서 발생할 수 있는 다른 문제는 확인 메시지가 고정일 경우 공격 노드가 $K(M)$ 을 무선 상에서 포착하여 자신 역시 이를 포함시킬 때 이를 구별해 낼 수 없는데 있다. 이를 해결하기 위해서는 확인 메시지 M 의 지속적인 변화가 필요하다. 그런데 서버와 OBU 사이에서는 통신이 이루어지지 못하므로 서버가 확인 메시지를 변경시켜 전할 수 없는 문제가 있다.

우리는 확인 메시지 M 을 변화시키고 전달하는 주체를 RSU로 하는 방법을 개발했다. 즉 RSU는 정해진 주기 마다 확인 메시지 M 을 생성하고 이를 자신의 비콘 프레임이나 프로브 응답 메시지 내에 포함하여 OBU로 전달한다. OBU는 M 을 수신하면 이후에 전달하는 관리 프레임에 $K(M)$ 을 포함시키게 하였다. RSU는 서버에 식별 정보를 전하면서 OBU가 보낸 $K(M)$ 뿐만 아니라 자신이 생성한 M 을 전달하도록 한다. RSU와 서버는 Secure Socket을 이용하여 통신하게 함으로써 해당 구간의 무결성을 보장한다. 단

RSU는 K 를 공유하지 않으므로 OBU가 보낸 프로브 요청 프레임의 진위를 판단할 수는 없다.

제안하는 방법은 무선랜의 표준 동작에는 아무런 영향을 미치지 않지만 무선랜 MAC 기능의 수정이 필요하다. 따라서 상용 PDA나 노트북과 같은 일반적인 무선랜 단말의 경우 이러한 보안 기능을 지원하지 못하는 한계가 있다. 그러나 서비스 대상 차량에 본 논문에서 설계하고 구현한 OBU를 설치하는 것을 전제로 한다고 할 때 실제 적용에서의 문제점은 없을 것으로 기대한다.

3.4 SMS를 이용한 위치 추적 범위 제약 극복

제안하는 무선랜을 이용한 위치 추적 방법의 주요한 제약 요인으로 RSU를 설치한 지역에서만 추적 범위가 제한된다는 점이 있다. 실제 응용에서는 비록 RSU가 설치되어 있지 않은 지역에 차량이 존재하더라도 긴급하게 위치를 확인해야 하는 경우가 필요하다. 이런 상황을 지원하기 위하여 CDMA 망을 통해 현재 위치 정보를 전달하는 방법이 필요하다.

CDMA 망 연동 기능 개발에서 중요하게 고려한 점은 경제성, 즉 구현과 운용의 비용을 낮추는 것이었다. 관련 연구에서 소개하였듯이 PDA에 CDMA 모뎀 모듈을 설치하고 이를 통해 위치 정보 등을 송, 수신하는 기존 제품이 있다. 그런데 이 제품의 경우 단말 가격이 상당한 고가이며 일반 이동 통신 전화와 마찬가지로 가입비, 사용 여부와 관련 없는 기본료 등의 통신 요금을 지속적으로 지불하여야 하는 문제가 있다.

우리는 별도의 CDMA 모뎀 모듈을 OBU에 포함하는 방식이 아니라 차량 운전자의 핸드폰을 이용해 CDMA 망에 접근하는 방법을 택했다. 이로써 OBU 구현 비용뿐 아니라 가입비, 기본료 등의 통신비용을 부담하지 않아도 된다. 차량 운전자의 핸드폰을 데이터 케이블을 이용하여 USB 포트로 연결하면 리눅스 시스템에서 핸드폰을 모뎀처럼 인식하여 사용할 수 있다. 즉 AT 명령어를 이용하여 SMS 송, 수신을 포함한 다양한 기능을 수행할 수 있다.

그림 4는 OBU의 시스템 구성도를 나타낸 것이다. SMS 에이전트는 앞에서 설명한 SMS 기능을 담당한다. 즉 설정이나 요구에 따라 위치 정보를 담은 SMS 메시지를 서버 측으로 전달하거나 서버 측에서 보내온 SMS 메시지를 해석하여 처리한다. 현재 위치를 얻기 위하여 GPS를 이용하며 이를 위해 GPS 장치를 OBU에 추가하였다. GPS 에이전트는 GPS 장치를 관리하고 GPS 프로토콜을 해석하여

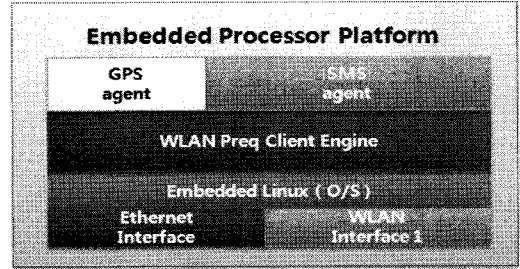


그림 4. OBU 시스템 구성도

현재 위치를 구한다. GPS 에이전트와 SMS 에이전트 하위의 'WLAN Preq Client Engine'은 추가 정보가 포함된 프로브 요청 프레임을 평균 2초 간격으로 방송하는 기능을 담당하고 있다.

서버 측에도 OBU와의 SMS 통신을 위한 기능이 필요하다. OBU와 유사하게 핸드폰을 직접 서버에 연결하여 동작하게 할 수 있다. 다만 이 방식은 핸드폰 사용에 제약이 있다. 우리는 이 방법 외에 최근 일반적으로 많이 사용하는 메시지의 SMS 지원 기능을 활용하여 SMS를 송, 수신되게 하였다. 지면 제약으로 세부적 구현 내용은 생략한다.

IV. 실험 및 평가

이 장에서는 시스템의 세부 사항을 결정하고 시스템의 성능을 평가하기 위해 수행한 실험 결과를 설명한다. 4.1절에서는 상용 PDA나 노트북을 이용하여 무선랜 단말들의 프로브 요청 프레임 생성 패턴을 조사한 실험 결과를 소개한다. 프로브 요청은 제안 시스템에서 식별을 위해 사용하는 핵심 프레임이므로 무선 단말들이 어떠한 형태로 이를 생성하는지 이해하는 것이 중요하다. 4.2절에서는 상용 PDA를 단말로 하여 차량의 속도를 변화시키면서 조사한 프로브 요청 프레임의 전송 성공률, 그리고 이를 이용한 차량 식별 실험 결과를 소개한다. 실험 결과 상용 PDA를 사용할 경우 시속 70Km 이상의 속도에서는 식별 성능이 안정적이지 못하였다. 분석을 통해 프로브 요청 생성 패턴 및 전송 성공률에서의 문제점을 파악하고 OBU 구현 시 문제가 발생하지 않도록 보완 하였다. 4.3절에서는 식별 및 관리를 위한 전용 기술인 RFID를 이용하여 고속의 이동 환경에서 식별 성공률 실험 내용을 설명한다. 4.4절에서는 자체 개발한 시스템의 구현 결과와 차량 식별 및 위치 추적을 수행한 실험 결과를 설명한다.

4.1 무선랜 단말의 프로브 요청 생성 패턴

일반적으로 사용되는 상용 노트북과 PDA 등은 무선랜 접속이 끊어지면 이용 가능한 새로운 무선랜 AP를 검색하기 위하여 능동형 스캔을 수행한다. IEEE 802.11에서는 능동형 스캔을 위한 프로브 요청 및 응답 프레임의 역할과 내용은 정의하고 있지만^[10] 프로브 요청을 어떤 간격으로 생성하는지 프로브 응답을 정확하게 얼마만큼 기다려야 하는지 등을 정의하고 있지는 않다. 그 결과 실제 프로브 요청을 포함한 능동형 스캔 과정은 무선랜 장치에 따라 차이가 난다.

우리는 Airopack^[11]와 Kismet^[12]이라는 프레임 수준 무선랜 분석 도구를 이용하여 LG사의 Xnote-LT20 노트북과 HP사의 HX-4700 PDA의 프로브 요청 생성 패턴을 조사하였다. 주위에 활용 가능한 AP가 없는 조건에서 사용자의 인위적 단말 조작이 전혀 없는 상태에서 분석 도구가 특정한 채널만 감시하도록 하였다. 단말은 절전 모드가 되더라도 무선랜 장치는 끄지 않도록 설정하였다.

그림 5는 요청 프레임을 포착된 순서에 따라 순서 번호를 붙이고 포착된 시간을 x축으로 하여 나타낸 것이다. 노트북과 PDA의 요청 프레임 생성 패턴에 큰 차이가 있음을 확인할 수 있다. 주목할 점은 두 가지 단말 모두 프레임 요청을 연속하여 보내는 구간과 프레임 요청을 전혀 보내지 않는 구간이 쌍을 이루어 반복된다는 점이다. 프레임 요청이 연속 발생하는 구간을 $T_p(Active)$, 전혀 보내지 않는 구간을 $T_p(idle)$ 로 정의하고 관련 값을 구하여 표 3에 정리하였다. 다른 무선랜 단말들도 $T_p(Active)$, $T_p(idle)$ 을 반복하는 프로브 요청 생성 패턴을 가지며 구체적인 값은 전력 소모 등을 고려하여 장치 제어기 수준에서 제어하는 것으로 보인다.

이제 프로브 요청 생성 패턴이 프로브 요청을 이용한 식별에 미치는 영향을 살펴보고자 한다. RSU의 프레임 송, 수신 반경을 L , 차량의 속도를 V 라

표 3. 프로브 요청 생성 패턴 특성

특 성	노트북	PDA
$T_p(Active)$ 의 길이 (초)	0.1~0.2	0.5~0.6
$T_p(idle)$ 의 길이 (초)	8~10	18~20
$T_p(Active)$ 동안 전송하는 프로브 요청 프레임 수 N_a	3~4	16~17
평균 프로브 요청 프레임 수 = $N_a / (T_p(Active)+T_p(idle))$	0.4	0.8

고 하면 차량이 RSU의 송, 수신 반경에 머무르는 시간을 $T_m=2L/V$ 라 할 수 있다. $T_m < T_p(idle)$ 이면 OBU가 송, 수신 반경 내에서 프로브 요청 프레임을 전혀 보내지 않을 수도 있고 이 경우 차량 식별에 실패할 것이다. 예를 들어 $L=200m$, $V=100Km/h$ 인 경우 $T_m = 7.2초$ 인데 표 2의 $T_p(idle)$ 값을 고려하면 실험에 사용한 노트북과 PDA는 송, 수신 반경 내에서 프로브 요청을 전혀 보내지 않을 수도 있음을 의미한다. 고속에서 안정적 식별을 위해서는 RSU 송, 수신 반경 내에서 2번 정도의 $T_p(Active)$ 구간이 발생하는 하는 것이 바람직하며 $T_m > 2*(T_p(Active)+T_p(idle))$ 을 만족하도록 송, 수신 패턴을 조정하는 것이 필요하다.

4.2 고속 이동 시의 프로브 요청 성공률

전파 특성 상 정지 상태에 비해 고속 이동시 무선랜 통신의 품질이 상당히 저하될 것으로 예상할 수 있다. 따라서 OBU가 다수의 프로브 요청 프레임을 전송하더라도 그 중 일부만이 RSU에 의해 포착될 수 있다.

우리는 RSU를 중심으로 양 방향으로 각각 400m 수준의 LOS가 확보되는 6차선 도로에서 차량을 시속 40Km, 70Km, 100Km로 정속 운행을 하면서 OBU와 RSU간의 무선 송, 수신 상황을 관찰하였다. 실험 중에 주위에 차량은 거의 없었고 날씨는 맑았으며 오후 3시 전후의 낮에 실험하였다.

RSU는 LinkSys사의 WRT-54G AP에 OpenWAP 프로젝트의 펌웨어를 설치하고 Kismet 기능을 추가하여 사용하였다. 그림 6은 도로 중앙에 설치한 RSU의 모습이다. OBU는 프로브 요청 생성 패턴 실험에서 사용한 HP사의 PDA를 사용하였다. PDA는 차량의 대쉬 보드 위 또는 조수석에 배치하였고 창은 닫은 상태에서 실험하였다. PDA는 단말의 크기가 작고 별도의 외부 안테나를 사용하지 않으므로 통신 반경이 좁을 것으로 예상하였으나 정지 상태의 실험 결과 RSU로부터 250m 떨어진 곳에서도 무선랜 접속이 가능하였다. 이를 근거로 우리는 실

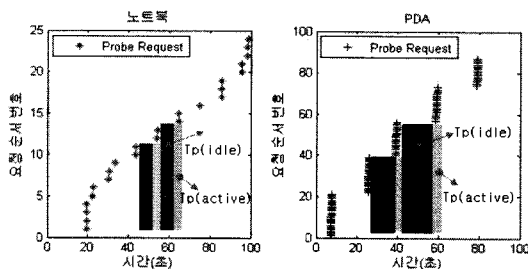


그림 5. 프로브 요청 생성 패턴 특성

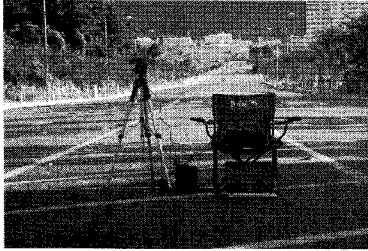


그림 6. 실험에 사용한 RSU(Linksys WRT-54G)와 OBU(HP HX-4700)

험 환경의 L 은 250m로 평가하였다.

단말의 수가 미치는 상황을 고려하기 위하여 차량에 PDA 1대를 실은 경우와 20대를 실은 두 가지 상황을 관찰하였다. 시간의 제약과 안전상 문제로 속도 별로 3차례 정도 실험하였다. 표 4는 속도별 프로브 요청 프레임의 송, 수신 현황과 전송 성공률의 평균을 정리한 것이다. 표 5는 20대의 PDA 중 프로브 요청 프레임 수신을 통해 성공한 식별 성공률의 평균을 정리한 것이다.

표 4를 통해 속도가 빠를수록 전송 성공률이 급격하게 낮아짐을 확인할 수 있다. 식별을 위해서는 하나의 프로브 요청만 수신하여도 된다. T_m 기간 동안 OBU가 송신하는 프로브 요청의 수가 N 이고 그 때의 전송 성공률이 p 일 때 RSU의 식별 성공률은 $1 - (1-p)^N$ 라고 할 수 있다. 식별 성공률이

표 4. 속도별 프로브 요청 전송 성공률

속도	T_m	송신수	수신수	전송 성공률
40km/h	45	46	21	45.6%
70km/h	25	35	2.5	7.1%
100km/h	18	19	0.5	2.6%

표 5. 20대의 PDA에 대한 속도별 식별 성공률

속도	T_m	수신 PDA 수	식별 성공률
40km/h	45	20	100%
70km/h	25	19	95%
100km/h	18	6	30%

99.99% 이상이라면 $N=20$ 일 때는 p 가 36.9% 이상, $N=40$ 일 때는 20.57%는 되어야 한다. 그런데 PDA의 경우 70Km/h 이상의 속도에서는 수신 성공률이 10% 이하로 낮아지고 그 결과 표 5에서 확인할 수 있듯이 식별 성공률도 상당히 떨어진다. 따라서 고속에서 안정적인 식별 성공률을 가지기 위해서는 전송 성공률을 제고하는 노력이 필요하다. 단 고속도로 하이패스 통과 기준 속도가 30Km/h임을 고려하면 일반 PDA를 OBU로 활용하더라도 제안하는 방법은 40Km/h 수준의 속도에서 안정적으로 대상을 식별할 수 있다는 점에 주목할 필요가 있다.

다수의 단말이 성능에 미치는 영향을 조사하기 위하여 PDA가 1대인 경우와 20대인 경우를 비교 하였으나 우리의 실험 결과에서는 큰 차이를 발견하지 못하였다. 이와 관련하여서는 향후 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

4.3 고속 이동 시의 RFID 식별 성공률

앞 절의 프로브 요청 성공률과 동일한 외부 환경에서 RFID 리더와 태그를 이용하여 식별 성공률을 조사하였다.

RSU는 ISO18000-7을 준수하여 개발한 433Mhz 주파수 대역의 리더기를 사용하였으며 차량에 탑재한 OBU는 능동형 태그를 사용하였다. 그림 7에 장비의 모습을 나타내고 있다.

표 6은 차량에 1대의 태그를 장착하여 각 속도별 10회의 실험을 수행하여 얻은 식별 성공률을 보여 주고 있으며 표 7은 차량에 20대의 태그를 장착하여 몇 대가 수신되는지에 대한 식별 성공률을 보여

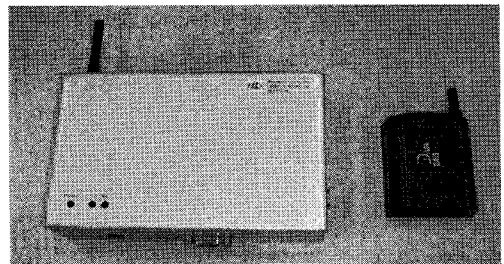


그림 7. RFID 리더와 능동형 태그

표 6. 속도별 1대의 RFID 태그 식별 성공률

속도	T_m	실험 횟수	성공 횟수	식별 성공률
40km/h	45	10	9	90%
70km/h	25	10	7	70%
100km/h	18	10	5	50%

표 7. 속도별 20대의 RFID 태그 식별 성공률

속도	T _m	수신 태그수	식별 성공률
40km/h	45	18.2	91%
70km/h	25	16.4	82%
100km/h	18	11.2	56%

주고 있다. RFID는 본래 대상에 대한 식별 및 관리를 위한 전용 기술인데 반해 실험 결과를 바탕으로 70Km/h 이상의 속도에서는 유용할 만한 식별 성공률을 나타내지 못하고 있다. 이것은 RFID 기술 또한 고속의 이동 환경에서는 대상에 대한 식별이 안정적이지 못하며 개선의 노력이 필요하다는 것을 나타낸다.

4.4 구현 결과와 성능 평가

그림 8은 차량에 탑재한 OBU, 그림 9는 RSU의 사진이다. 앞서 소개하였듯이 이들은 Alix 사의 임베디드 보드를 이용하여 구현하였으며 동일한 기본 플랫폼을 가진다. OBU는 사용자 인터페이스를 위한 10.2인치 터치스크린 모니터, 키보드, 마우스를 추가로 가질 수 있다. 또 위치 정보를 수집하기 위한 GPS와 SMS 송, 수신을 위해 운전자의 핸드폰을 연결한다. OBU에는 다양한 외장 안테나를 연결할 수 있는데 실험에서는 5 dBi의 무지향성 안테나를 연결 하였다.

그림 9의 RSU는 2개의 무선 인터페이스를 가진다. 하나는 OBU와 통신하기 위함이고 다른 하나는 무선 메시 네트워크 노드와 통신하는 데 사용한다. RSU는 전원 공급을 위하여 배터리 및 직교 변환기를 부착하였다. RSU와 연결되는 무선 메시 노드 역시 거의 동일한 형태를 가지는데 인터넷 연결을 위해 이더넷 연결을 가지는 점이 차이이다.

그림 10은 RSU가 보내온 정보를 이용하여 지도

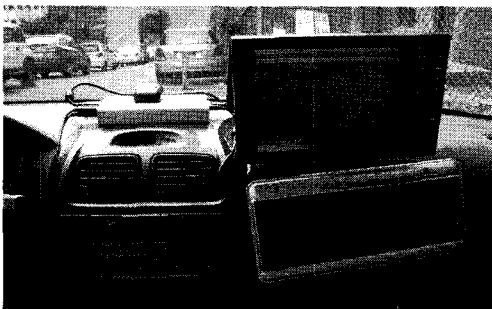


그림 8. OBU

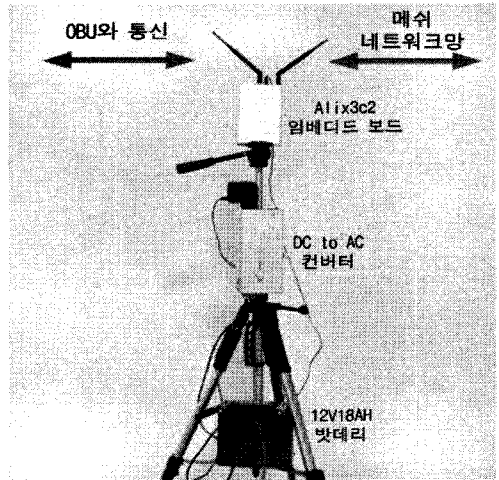


그림 9. RSU

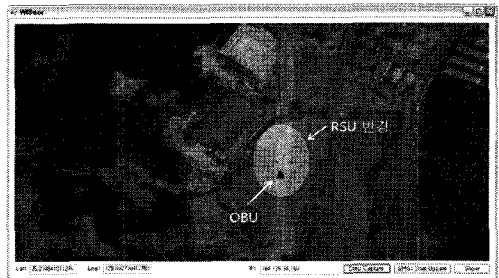


그림 10. WiSeer

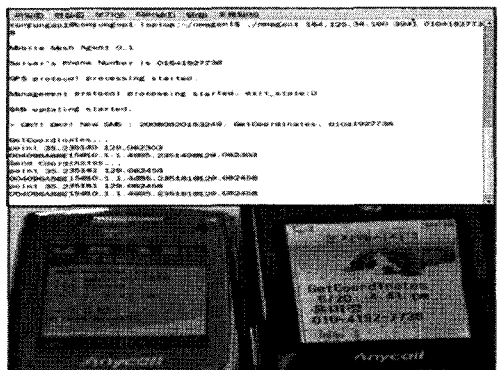


그림 11. SMS 전송 과정

상에 식별한 차량의 위치를 출력하는 WiSeer의 모습이다. OBU가 SMS를 통해 보내온 위치를 출력할 수도 있다. WiSeer는 Google 맵 서버를 통해 실시간으로 지도 정보를 얻어 오도록 구현하였다.

그림 11은 SMS 기능 구현 결과를 보이고 있다. 서버 측 관리 프로그램을 통해 GetCoordinate라는 위치 확인 명령을 SMS로 OBU에게 전달하고 OBU

가 SMS를 통해 자신의 GPS 위치 정보를 전달하는 모습을 보여 주고 있다.

앞서 프로브 요청 생성 패킷 및 프레임 전송 성공률 등의 문제로 PDA의 경우 고속에서 식별 성능에 한계가 있음을 지적하였다. 우리는 MadWifi 장치 제어를 수정하여 OBU의 $T_p(idle)$ 을 평균 2초 정도로 줄였으며 전송 성공률을 높이기 위해서 OBU에 외장형 안테나를 연결하였다. 그리고 앞의 PDA, RFID 실험과 동일하게 시속 40Km, 70Km, 100Km에서 프로브 요청 프레임의 전송 성공률과 이를 이용한 대상 식별 성공률의 평균을 조사하였다.

그림 12는 PDA와 개발 장비간의 프로브 요청 프레임 전송 성공률을 비교하여 보여 주고 있다. 70Km/h 이상의 속도에서 PDA는 10% 이하의 전송 성공률을 보여주지만 개발 장비에서는 모든 속도에서 40% 이상의 전송 성공률을 보여 주고 있다. 이것은 4.2절에서 분석한 99.9%의 식별 성공률을 얻어내기 위한 약 30%의 전송 성공률을 웃도는 수치이다.

그림 13은 각 1대의 PDA, RFID 능동형 태그 그리고 개발 장비를 차량에 실어서 실험을 수행하

여 얻은 식별 성공률을 보여주고 있다. PDA, RFID는 70Km/h 이상의 속도에는 유용할만한 성능을 나타내지 못하는 반면 개발 장비에서는 각 속도에서 한 번도 놓치지 않고 모두 인식하여 안정적인 식별 성공률을 보여 주었다. 20대를 차량에 실어서 비교하는 식별 성공률은 20대의 개발 장비를 제작하지 못하는 제약 상의 문제로 생략하지만 이전에 PDA의 실험을 통하여 다수의 단말이 별다른 영향을 미치지 않는 것으로 보아 20대의 개발 장비에서도 큰 차이가 없을 것으로 예상된다.

V. 결 론

본 논문은 고속 이동 상황에서도 IEEE 802.11 무선랜 기술을 이용하여 안정적으로 차량을 식별하고 위치를 추적하는 시스템의 설계와 구현을 다루고 있다. 제안하는 시스템이 제공하는 무선랜 기반 식별 및 위치 추적 기능은 대상 차량에 대한 상시적 위치 추적이 아니라 특정 지점 기반 위치 추적이다. 즉 식별 및 위치 추적이 필요한 특정 지점에 RSU라는 무선랜 AP를 설치하고 대상 차량이 그 부근을 지날 때 RSU가 이를 인식하고 그 정보를 서버로 알리는 방식이다. 무선랜을 이용하여 일종의 RFID 시스템을 구성하는 것으로 이해할 수도 있다.

논문은 "IEEE 802.11 접속 관리 프레임을 이용한 빠른 인식", "보안", "SMS를 활용한 위치 추적 범위 보완" 등의 구체적 문제를 도출하고 해결책을 제시하였다. 제시한 해결책을 바탕으로 차량용 정보 단말인 OBU, 도로변에 설치하는 RSU 등을 임베디드 시스템으로 구현하였다. 또 WiSeer라는 GUI 기반의 서버 측 관리 및 지원 프로그램도 구현하였다. 그리고 실제 도로 환경에서 실험을 수행하여 구현 시스템의 효용성을 검증하였다.

식별 및 위치 추적 기능 측면만 고려할 때 제안하는 방법이 DSRC와 같은 기존 기술과 비교할 때 부족한 점이 있을 수 있다. 그러나 논문에서 제시하고 구현한 플랫폼은 차량 식별 및 위치 추적 기능만을 제공하기 위한 것은 아니며 차량 간 양방향 통신을 포함한 다양한 기능을 위한 복합 기능을 가진 통합 플랫폼이다. 이러한 접근은 특정 기능만을 제공하는 기술과 장비에 비해 실용성이 높고 기능 추가의 잠재력도 큰 장점이 있다. 우리는 추가 연구 개발을 통해 차량 간 양방향 통신까지 지원하는 복합 기능의 정보 단말로 발전시키고자 한다.

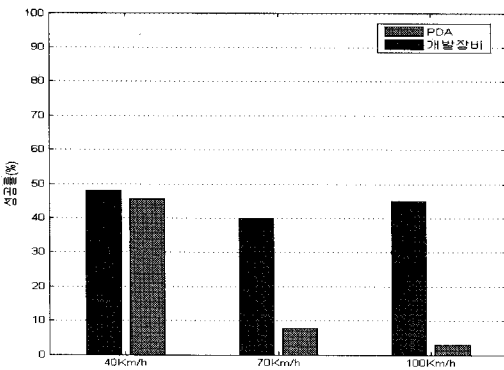


그림 12. 전송 성공률 비교

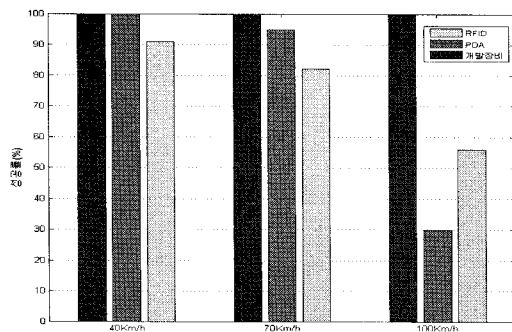


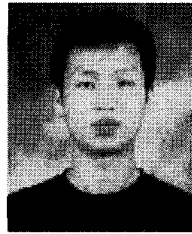
그림 13. 식별 성공률 비교

참고 문헌

- [1] 민승욱, 최은영, 류득수, 이석규, “차세대 고정 및 이동 무선랜의 기술 동향”, *한국통신학회지(정보와통신)*, Vol.22, No.9, pp.175-186, 2005.
- [2] Yibo Chen, Rong Luo, “design and implementation of a wifi-based local locating system,” *IEEE International Conference on Portable Information Devices*, 2007.
- [3] Jorg Ott, Dirk Kutscher, “Drive-Thru Internet: IEEE 802.11b for “Automobile” Users,” *IEEE Infocom 2004 Conference*, 2004.
- [4] James E. Marca, “Mobile throughput of 802.11b from a moving vehicle to a roadside access point,” *UCI Institute of Transportation Studies*, 2005.
- [5] Hector Velayos, Gunnar Karlsson, “Techniques to reduce IEEE 802.11b MAC layer handover time,” *TRITA-IMIT-LCN*, 2003.
- [6] Arunesh Mishra, Minh Shin, William Arbaugh, “An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process,” *ACM SIGCOMM*, 2003.
- [7] Madwifi: Linux kernel drivers for wireless LAN devices with atheros chipsets. <http://www.madwifi.org>.
- [8] Paramvir Bahl, Wilf Russell, Yi-Min Wang, Anand Balachandran, Ge-offrey M. Voelker, and Allen Miu, “PAWNs: Satisfying the Need for Ubiquitous Secure Connectivity and Location Services,” *IEEE Wireless Communications*, Vol.9, No 1, 2002.
- [9] Advanced Encryption Standard (AES), *FIPS Publication 197*, U.S Doc/NIST.
- [10] IEEE Standard 802.11, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications,” *IEEE*, 1999.
- [11] Airoppeek: Real-time wireless network traffic and protocol analyser. <http://www.wildpackets.com>.
- [12] Kismet: 802.11 layer2 wireless network detector, sniffer, and intrusion detection system. <http://www.kismetwireless.net>.

오 두 환 (Doo-Hwan Oh)

준회원



2007년 2월 원광대학교 전기 전자 및 정보공학부 졸업
2007년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 무선 통신

윤 미 경 (Mi-Kyung Yoon)

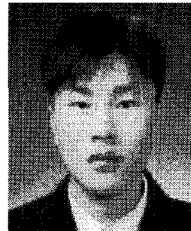
준회원



2008년 2월 부산대학교 전자전 기정보컴퓨터공학부 졸업
2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 무선 통신

한 승 호 (Seung-Ho Han)

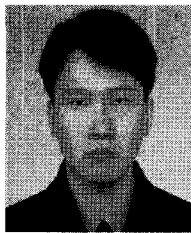
준회원



2008년 2월 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 졸업
2008년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 석사
<관심분야> 무선 통신

김 종 덕 (Jong-Deok Kim)

정회원



1994년 2월 서울대학교 계산통 계학과 졸업
1996년 2월 서울대학교 전산과 학과 석사
2003년 2월 서울대학교 컴퓨터 공학과 박사
2004년 2월~현재 부산대학교 정보컴퓨터공학부 조교수
<관심분야> 무선 통신, 이동통신망, RFID/USN