무선 표지병 교통신호기에 관한 연구

정회원 채 상 훈*, 박 현 식*, 김 좌 연**

A Study on the Wireless Roadstud Traffic-Signal System

Sang-Hoon Chai* Hyun-Sik Park*, Jwa-Yeon Kim** *Regular Members*

요 약

본 연구는 반사판 또는 일반 전구를 이용하여 단순히 중앙선 표시 및 차량의 감속을 유도하기 위해서 사용되고 있는 기존 표지병의 한계와 문제점을 보완하기 위한 것으로써, 도로 위에 직접 표지병 교통신호기를 설치하고 RF 전파를 이용하여 무선으로 교통신호 제어를 수행하는 시스템을 구현하는데 관한 것이다. 무선 표지병 교통신호기를 이용하면 기존의 단순히 차선표시 기능만을 수행하던 표지병의 한계와 문제점을 보완할 수 있으며, 설치 및 보수를 위한 비용 또한 절감할 수 있을 것이다.

키워드: 무선표지병, 교통신호기, RF통신, 안테나, ITS

ABSTRACT

This study concerns implementation of the roadstud traffic-signal system with RF wireless telecommunication. It is used for improving the problem and limit of the roadstud that currently being used simply for leading deceleration of vehicles and indicating center line of roads. With the use of wireless roadstud traffic signal system, not only it is possible to improve the problem and limit of the currently being used roadstud but also it is possible to reduce installing and repairing fee of it.

I. 서 론

ITS(Intelligent Transport System)는 도로와 차량에 첨단 제어, 정보통신기술을 적용하여 운전자가 가장 편리하고 효율적으로 도로망을 활용할 수 있게 해주는 지능을 갖춘 교통시스템을 말하며, 이미 전 세계가 주목하고 있는 최첨단 분야이다[1]. 우리나라의 한정된 도로사정은 이미 매년 늘어나는 교통량을 더 이상 감당할 수 없는 실정이며, 이에 ITS의 빠른 도입과 그 기술 개발의 중요성은 더욱 증대되고 있다.

본 논문에서는 ITS의 한 분야인 첨단교통신호제어(ATMS: Advanced Traffic Management System)의 일부로써, 무선을 이용하는 표지병(roadstud) 교통신호기의 연구에 대하여 서술하고자 한다. 표지병이란 도로 위에 설치되는 작은 신호장치를 말하며, 현재는 일반적으로 반사판을 부착한 형태의 표지병들이 중앙선이나 차선에 설치되어 야간에 차량을 유도하는 역할

이나 차선에 설치되어 야간에 차량을 유도하는 역할을 담당하고 있다. 그러나 제어기능을 가지고 있지 않으므로 지금까지는 단순히 차량의 유도 및 속도감속, 중앙선표시 등에만 사용되어 왔다. 본 연구에서는 현재 사용 중인 반사형 표지병 장치를 개선하여 능동적인 신호 시스템으로 구성하는데 중점을 두었으며, 표지병의 내부에 신호 표시장치를 삽입하여 표지병 자체를 교통 신호등 또는 교통신호 보조기로 사용할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 실제로 유선 표지병 교통신호 시스템은 일부 개발되어 설치되고 있다. 그러나 현재 쓰이고 있는 유선 표지병 교통신호기는 별도의 통신선로 설치가 어려워서 전력선만 설치하여 내부의 전구를 on/off하는 단순한 제어만 하고 있다. 따라서 차량의 진로를 유도하는 기능만을 수행하고 있으며, 설치 거리가 길어지면 선로

* 호서대학교 전자공학과 (shchai@hoseo.ac.kr), ** 호서대학교 신소재공학과
논문번호 : 030120-0320, 접수일자 : 2003년 3월 19일

의 전기저항 발생으로 인하여 전구의 불빛이 흐려지는 현상이 일어나 문제점도 따랐다. 본 연구에서는 유선 표지병의 문제점을 보완하기 위하여 무선을 이용하여 표지병의 색깔, 깜박임 속도 등을 다양하게 변화시킴으로써 여러 종류의 신호를 표시할 수 있는 교통신호 제어시스템을 구현하고자 한다[2][3]. 표지병을 이용한 무선 교통신호기는 진입로, 횡단보도, 교차로, 산악, 굴곡이 많은 도로 등 복잡하거나 안전이 요구되는 도로에 적합하다. 또한 야간이나 안개, 우천 시 시야확보가 불리한 경우에도 유용하며, 특히 가변차로나 전용차로와 같이 신호의 변화에 따라 수시로 차선을 바꾸어야 하는 도로에도 유용하게 이용할 수 있다.

II. 무선 송수신 시스템의 구성

표지병 교통신호기에 사용되는 무선 송수신 시스템은 일정한 구간 내에서 정해진 송신 신호체계에 따라 수신기들이 개별적으로 제어되어져야 한다. 또한 무선 네트워크로 발전하기 위하여 여러 구간들이 하나의 신호체계 하에서 종합적으로 제어될 수도 있어야 한다. 이런 점들을 고려하여 교통신호 제어에 사용되는 체계적인 신호 데이터의 생성은 마이크로프로세서(μ-processor)를 이용하였다. 무선 통신방식은 도달거리가 길고 비교적 잡음에 영향을 덜 받는 FM 변조방식을 선택하였다. 무선통신을 위한 주파수대는 수 ~ 수백 KHz대에서부터 수 ~ 수십 GHz대의 주파수 사용이 가능하다. 그러나 KHz대의 송수신은 전달 가능한 데이터의 용량이 적기 때문에 제외하였고, GHz대 또한 전파의 도달거리 면에서 제약이 많기 때문에 제외하였다. 따라서 청정도가 높고 자유로운 이용이 가능한 RF(Radio Frequency) 424 MHz를 실험을 위한 주파수로 선택하였다[4]. 그림 1은 기본적인 무선 표지병 교통신호 제어시스템의 구성을 간단한 블록도로 표현한 것이다. 표지병을 위한 무선 송수신 시스템은 하나의 송신기와 다수의 수신기로 구성된다. 신호 생성부에서 만들어진 제어신호는 송신기에서 무선으로 전송되고, 수신기에서 수신된 제어신호

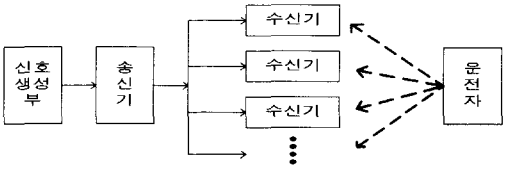


그림 1. 무선 표지병 교통신호 시스템의 블록도.

는 각각의 수신기에 설치된 LED를 동작시키며, 미리 약속되어 있는 신호를 운전자에게 표시한다.

그림 2는 무선모듈을 이용한 송수신 시스템을 블록도로 나타내었다. 무선통신을 위한 송수신에는 FM 방식의 RF 424 MHz의 무선 트랜시버(transceiver) 모듈을 사용하였다. 송신단의 교통신호 제어기에서 생성된 제어신호는 부호화 작업을 거쳐 송신기에 전달되고, 송신기는 부호화된 신호를 424 MHz의 FM 신호로 변조하여 송신한다. 수신기에서는 수신되는 FM 신호를 복조하고, 본래의 제어신호만을 추출한다. 수신기에서 추출된 제어신호는 표지병 내부의 LED 제어기에 전달되고 LED를 발광시킨다. 송신과 수신의 동기를 위해서 모듈의 내부에는 PLL(Phase Locked Loop)[5]이 사용되고 있으며, 신호 생성 및 제어를 위한 마이크로프로세서도 포함되어 있다.

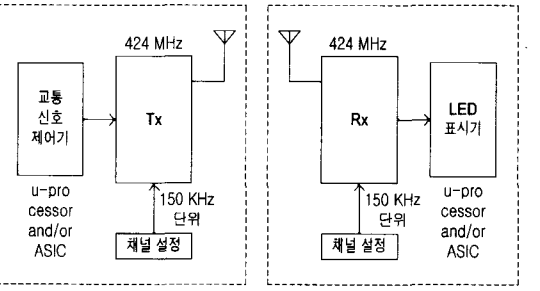


그림 2. 송수신 시스템의 블록도.

III. 무선 표지병 및 안테나 설계

표지병은 차량의 통과에 따른 마찰과 하중을 견딜 수 있어야 한다. 현재 기존의 반사형 및 유선 표지병 교통신호 시스템에서는 다양한 형태의 하우징을 가진 제품들이 사용되고 있다. 그러나 무선 표지병에서는 신호 수신을 위한 안테나가 더 장착되어야 하기 때문에 하우징(housing) 및 안테나의 설계에 많은 어려움이 따른다. 따라서 안테나와 이를 수납하기 위한 하우징 설계는 무선 표지병 설계의 최대 관건이라 할 수 있다.

1. 무선 통신을 위한 표지병 설계

그림 3은 무선 표지병이 가질 수 있는 최대 크기를 나타내고 있다. 그림에서 세로의 크기는 차선의 폭과 관련된 규격이고, 가로의 크기는 실제 표지병의 길이와 관련된 규격이다. 본 연구에 의한 표지병의 상판에는 수신안테나가 삽입되며, 수신안테나는 차량

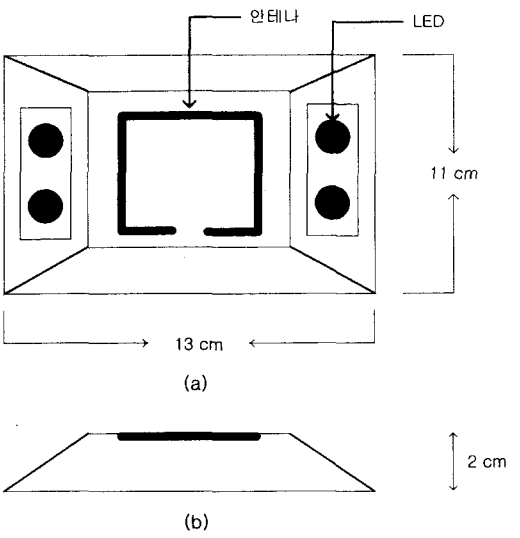


그림 3. 무선 표지병의 최대 규격. (a) 표지병의 전체 규격 (b) 표지병의 높이

의 안전을 고려하여 표지병의 위로 돌출이 되지 않아야 한다. 그리고 하우징의 내부에는 수신부와 LED 표시부 등의 제어기가 모두 장착된다. LED는 주행 중인 차량에 신호를 표시하며, 고휘도 제품을 사용한다. 고휘도 LED를 사용하면 전구에 비해 전력의 손실이 적고 수명도 길며 인식도도 높다. 또한 LED는 단일색상을 가지고 있기 때문에 탈색의 위험이 있는 전구와는 달리 신호식별의 어려움이 훨씬 감소한다. 표지병의 제작에 있어서는 하우징의 일부분 또는 전체의 재질을 금속 대신에 탄소강화섬유로 사용할 수도 있다. 탄소강화섬유는 확실한 절연이 가능한 폴리카보네이트(polycarbonate) 등의 다이아몬드 구조체를 선정하는 것이 본 연구의 목적 상 적당하다. 그러나 이러한 탄소강화섬유와 같은 비금속 재질을 사용할 경우 제작에 필요한 비용이 일반 금속 재질에 비해서 최소 2배 이상이나 되기 때문에 적용의 필연성을 검토할 필요가 있다.

2. 수신 안테나 설계

무선 표지병 설계에 있어서 무엇보다 중요하고 어려운 작업은 안테나라고 할 수 있다[6][7]. 그 이유는 표지병이 복잡한 도시 등 특수한 조건에서 사용된다는 점은 물론이고, 하우징의 재질을 금속으로 할 경우 하우징에서 반사되는 반사파의 간섭현상 및 하우징의 접지효과에도 영향을 받기 때문이다. 즉, RF 전파가 하우징 위에 설치된 안테나에 정상적으로 도달한다 하더라도 입사된 전파와 하우징에 의해 반사된 전파가 서로 간섭현상을 일으켜서 약해지거나 상쇄되어 버리며, 특히 안테나와 하우징이 접촉될 경우 하우징의 접지에 의해 전파가 흡수되는 현상이 발생한다.

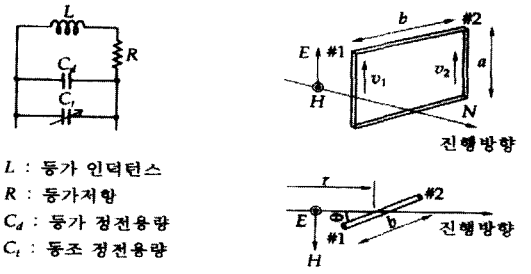
1) 안테나의 선택

송신안테나는 모양과 크기에 큰 제약을 받지 않는다. 따라서 송신기는 전원을 얻을 수 있는 가로등이나 신호등에 설치하는 것이 적당하다. 본 연구에서는 송신용 안테나는 7 cm 길이의 헬리컬(helical) 안테나를 선택하였다.

수신기와 이에 연결되는 수신안테나의 경우에는 표지병에 장착되어야 한다는 조건이 선행하므로 그 형태와 종류에 큰 제약을 받는다. 특히 차량의 타이어와 직접 접촉하게 되므로 안테나가 돌출 되지 않아야 한다. 즉, 수신안테나는 표지병의 상판에 완전히 삽입되어야 하며, 일반적으로 많이 사용되는 돌출형 안테나의 사용은 사실상 어렵다는 것을 뜻한다. 결국 수신안테나는 표지병 윗면에 위치하고, 길이가 짧고 두께도 얇아야 한다는 조건을 만족해야 한다. 또한 지면과는 평행하게 설계되어야 하며, 가능한 신호전파 파장에 알맞도록 안테나의 길이가 선택되어져야 한다. 참고로 424 MHz 신호의 한 파장은 약 70.76 cm가 된다. 이러한 조건들을 감안하여 본 연구에서는 권수를 1로 잡은 단일 루프(loop) 안테나를 수신안테나로 선택하였으며, 표지병의 크기 고려하여 신호 파장의 1/4, 즉, λ/4 길이를 사용하였다. 따라서 실험에 사용되는 안테나 길이는 약 17.69 cm로 결정하였으며, 안테나의 형태에 따른 특성변화를 관찰하기 위하여 직사각형, 마름모꼴, 원형 등의 여러 모양을 갖는 단일 루프 안테나를 준비하였다.

2) 루프 안테나의 등가회로 및 동작

그림 4는 루프 안테나의 등가회로와 그 동작원리를 보여준다. 그림 4의 (a)에서와 같이 루프 안테나는 등가 저항과 등가 인덕턴스, 등가 커패시턴스 및 동조 커패시턴스로 표시할 수 있다. 동조 커패시턴스는 안테나와 수신 시스템간의 임피던스 정합을 위하여 상당히 중요하다. 실제 실험에 있어서도 안테나 자체의 인덕턴스 성분과 저항성분을 정밀하게 조절하기가 상당히 힘들기 때문에 임피던스 정합을 위하여 동조 커패시턴스는 가변 콘덴서를 이용하였다. 그림 4의 (b)에서는 루프 안테나의 동작을 간단히 나타내었다. 전파가 도달하면 안테나에는 기전력이 유기된다.



(a) (b)

그림 4. 루프 안테나의 등가회로와 동작원리.
(a) 등가회로 (b) 동작원리

이때 #1측과 #2측의 전파 도달거리가 서로 다르기 때문에 각각에 유기되는 기전력에는 차이가 생기게 된다. 그리고 같은 방향으로 신호가 입사되기 때문에 기전력은 같은 방향으로 발생한다. 결국 양쪽의 기전력이 서로 상충되고, 그 차이만큼이 신호로 전달되는 것이다. 그림의 v_1과 v_2는 전파에 의해 유기된 기전력을 나타낸다. v_1과 v_2는 같은 방향으로 형성되며, $v_1 - v_2$에 의해서 안테나가 동작하게 된다. 수신안테나로 사용되는 루프 안테나의 동작을 간단히 수식으로 정리해 보면, 안테나 단위 길이 당 유기 기전력 v_1과 v_2는

$$v_1 = N E_0 \sin\omega(t - \frac{r - \frac{b}{2}\cos\theta}{c}) \quad \cdots \quad [1]$$

$$v_2 = N E_0 \sin\omega(t - \frac{r + \frac{b}{2}\cos\theta}{c}) \quad \cdots \quad [2]$$

수식 [1]과 [2]에서 θ는 안테나의 루프 면과 전파 도달방향이 이루는 각이고, c는 전파속도($c = f\lambda$)를 말한다. 안테나에서 출력되는 출력전압을 정리해 보면 다음과 같다.

$$v = v_1 - v_2$$

$$= 2Na E_0 \sin(\frac{\omega b}{2c}\cos\theta)\cos\omega(t - \frac{r}{c}) \text{ [V]} \cdot [3]$$

이 식을 안테나의 면적 A와 권수 N의 식으로 나타내면,

$$v = \frac{2\pi abN}{\lambda} E_0 \cos\theta\cos\omega(t - \frac{r}{c})$$

$$= \frac{2\pi AN}{\lambda} E_0 \cos\theta\cos\omega(t - \frac{r}{c}) \text{ [V]} \quad \cdots \quad [4]$$

여기에서 sin과 cos의 변화를 살펴보면,

$$\frac{\omega b}{2c}\cos\theta = \frac{\pi b}{\lambda}\cos\theta \ (\because \beta = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda})$$

이때 $\cos\theta < 1$, b ≪λ이므로,

$$\sin(\frac{\omega b}{2c}\cos\theta) \simeq \frac{\pi b}{\lambda}\cos\theta \quad \cdots \cdots \quad [5]$$

식 [4]로부터 안테나의 유기 기전력은 권수 N이 많을수록, 파장에 비해 면적 A가 클수록 커진다. 또한 식 [5]로부터 cosθ에 유기 기전력은 비례하므로 θ = 0°, 180° 에서 최대가 된다. 본 연구에 의해 설계된 하우징에 장착되는 루프 안테나는 구조적 특성에 의해 N=1, A는 최대 약 20 cm^2이며, 표지병은 도로에 부착되므로 장착 위치적 특성에 의해 θ ≃ 0° 의 조건을 만족한다.

3) 반사파 및 접지의 영향

전파는 어느 한정된 부분으로만 도달하는 것이 아니기 때문에 표지병에 장착되는 안테나는 지면과 표지병에서 유기되는 반사파에 의한 전달 신호의 간섭 및 왜곡, 감쇠 등을 피할 수 없다. 특히 표지병의 하우징이 금속인 경우에는 하우징에 의한 반사파에 의해 안테나에 입사파가 수신이 되지 않을 정도의 큰 영향을 받게 된다. 또한 하우징은 구조상 접지가 되기 때문에 안테나가 하우징에 접촉되면 전압이 전혀 유도되지 않는다. 이러한 방해성분을 100 % 제거한다는 것은 불가능하나, 그 영향을 최소화하여 통신에 위협이 되지 않을 정도로 낮추어야 한다. 반사파 및 접지의 영향을 최소화하기 위해서는 안테나와 하우징의 사이에 차폐물을 삽입하는 방법을 생각할 수 있다.

Ⅳ. 송수신 실험

송수신 신호의 측정은 오실로스코프(oscilloscope)를 사용하였으며, 송수신 주파수 및 전력의 측정은 주파수 스펙트럼 분석기(spectrum analyzer)를 이용하였다. 송신신호는 현행 전파법 상 UHF대의 전파는 송신출력이 10 mW를 넘을 수 없다는 조건을 고려하여 이 이하의 출력을 갖는 RF 모듈을 선택하였다[4]. 실제로 주파수 분석기에 의해 송신기로부터 측정된 RF 출력은 약 7 dBm 정도로 나타났다. 신호 주파수는 데이터 전송률 2 Kbps에 20 Kbps에 해당하는 1 KHz에서 10 KHz까지의 사각파(square wave)를 인가하였으며, 일반적으로 많이 사용하고 있는 4 Kbps와 8 Kbps에 해당하는 2 KHz와 4 KHz의 신호를 선택하여 수신 상태를 오실로스코프로 관찰하였다. 하우징은 전체를 비금속으로 한 경우와 전체를 금속으로 구성하고 두께 1mm이하의 얇은

절연막을 삽입한 경우, 그리고 전체를 금속으로 구성하되 4 mm의 두꺼운 절연막을 삽입한 경우의 세 가지로 나누어 측정하였다. 참고로, 수신기 PCB 보드를 표지병 하우징이 없는 상태로 송신기로부터 1 m 거리에서 측정하였을 때 루프 안테나로부터 측정된 수신 스펙트럼은 대략 -10 dBm의 값을 보였으며, 수신안테나를 루프 안테나 대신 송신기에서 사용한 것과 같은 7 cm의 헬리컬 안테나로 하였을 경우에는 약 0 dBm의 수신 스펙트럼을 확인할 수 있었다.

그림 5는 실제 시험에 사용된 무선 표지병의 사진이다. 그림에서 보이는 상판이 4 mm의 절연막이며, 상판의 하부는 실제 하우징과 같은 재질로 구성되어 있다. 실험을 위한 제어장치들은 표지병의 내부에 수납되어 있다.

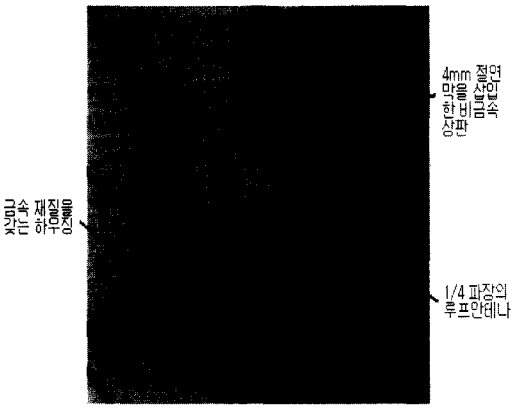


그림 5. 무선 표지병 모형.

1. 비금속 표지병, 사각형 안테나

그림 6은 표지병 전체를 비금속으로 구성하고, 사각형의 루프안테나를 사용하였을 경우의 2 KHz(4 Kbps)의 신호를 보이고 있다. 그림에서 위쪽의 A1은

그림 6. 비금속 표지병, 사각형 안테나의 데이터 송수신 상태.

송신신호를, 아래쪽 A2는 수신신호를 나타낸다. 송신신호의 듀티는 정확히 50 %를 나타내고, 수신신호는 약 35 %의 듀티를 보여주고 있다. 4 KHz(8 Kbps)의 소스를 인가하였을 경우는 2 KHz에 비하여 오히려 듀티가 증가하여 약 42 %가 되는 것을 확인할 수 있었으며, 수신의 감도가 좋아지고 신호가 떨리는 현상도 거의 없음을 확인할 수 있었다. 측정결과 최소 1 KHz(2 Kbps)에서 최고 7 KHz(14 Kbps)까지의 송신 주파수 대역에서는 수신이 가능하였으며, 이때 수신 스펙트럼은 약 -11 dBm으로 나타났다. 그러나 그 이상의 주파수에서는 수신신호의 떨림 현상이 나타나고, 실제 신호의 경우 수신이 제대로 되지 않아 시스템이 오동작하는 현상이 나타났다. 그림 7은 1 KHz에서 10 KHz(20 Kbps)까지의 송신신호에 따른 수신신호들의 듀티를 나타내는 그래프이며, 송신신호 1 KHz마다 각각의 수신신호 듀티를 표시한 것이다. 가로축은 송신 주파수 대역을 나타내는 것이고, 세로축은 수신신호의 듀티를 나타내고 있다. 2 KHz에서 6 KHz까지는 수신신호의 듀티가 대체로 30 % 이상의 안정된 상태에 있음을 확인할 수 있다. 그러나 2 KHz 이하에서는 오히려 수신신호의 듀티가 현저히 감소하는 것을 볼 수 있으며, 6 KHz(12 Kbps)를 넘게 되면 역시 수신신호의 듀티가 감소하는 것을 확인할 수 있다.

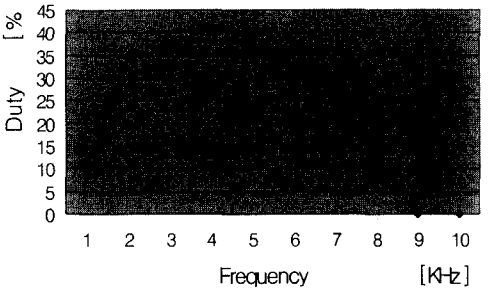


그림 7. 비금속 표지병, 사각형 안테나의 수신 데이터 속도에 따른 듀티의 변화.

한편, 사각형 안테나는 수신하는 위치와 방향에 따라서 수신감도 면에서 상당한 차이를 보였다. 특히 4.5 KHz(9 Kbps)가 초과하면서 안테나의 방향에 따라 수신신호의 떨림이 상당히 커지고 시스템이 불안정하게 동작하는 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 수신 스펙트럼은 약 -21 dBm로 그 값이 떨어졌다. 이러한 방향성은 마름모형 안테나에서는 더 심각하게 나타나는 것을 관찰 수 있었다. 이것은 사각형 및 마

름모형 안테나가 구조 상 송신신호에 대해서 방향성을 갖기 때문에 나타나는 것으로 해석된다.

2. 금속 표지병, 최소 절연막 삽입

하우징 전체를 금속으로 구성하고 안테나와의 절연을 위한 두께 1mm이하의 최소한의 절연막 만을 삽입한 경우에는 안테나 모양과 상관없이 데이터가 전혀 수신되지 않았다. 심지어는 표지병의 상판을 제거하고 하우징 내부에 7 cm의 헬리컬 안테나를 연결하여 실험한 경우에도 수신은 되지 않았다. 이것은 금속 하우징에 의한 반사파 때문으로 해석되며, 무선 표지병 시스템에 있어서는 이러한 반사파를 최소한으로 줄이는 것이 안테나와 관련하여 가장 중요한 요소의 하나라는 것을 확인할 수 있었다.

3. 금속 표지병, 4 mm 절연막 삽입 사각형 안테나

그림 8은 표지병의 몸체는 금속으로 구성하고, 두께 4 mm 절연체가 삽입된 상판과 사각형 루프안테나를 사용하였을 경우의 수신 결과이다. 2 KHz의 소스를 인가한 경우와 4 KHz를 인가한 경우 모두 하우징을 비금속으로 구성하였을 때보다 약간씩 듀티가 나빠졌음을 확인할 수 있다. 그러나 비금속 하우징의 경우보다 수신의 정도가 떨어지기는 하지만, 2 KHz의 소스를 인가하였을 경우에는 38 % 이상

그림 8. 금속표지병, 4mm 절연체를 삽입한 사각형 안테나의 데이터 송수신상태.

의 듀티를 보이고 있고, 4 KHz의 소스를 인가하였을 경우에도 25.5 % 이상의 결과를 확인할 수 있다. 또한 송신 주파수를 약 5 KHz(10 Kbps)까지 증가시켰을 경우에도 대체로 안정된 수신감도를 보였으며, 5 KHz 이상으로 소스를 증가시켰을 경우에는 수신신호의 떨림이 나타나고, 듀티도 크게 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이 결과는 그림 7의 경우와 비교하여 크게 차이가 없으며, 실제 데이터의 송수신 성공률도 큰 차이가 없었다. 그리고 수신 스펙트럼도 약 -14 dBm 정도로 비금속으로 구성한 경우보다 약간 낮았으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 그림9에서는 1 KHz에서 10 KHz까지의 송신신호에 따른수신신호들의 듀티를 나타내고 있으며, 최소 2 KHz에서 최고 6 KHz까지 수신이 가능하였다.

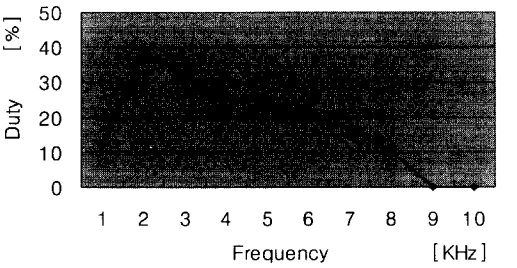


그림 9. 금속 표지병, 4mm 절연체를 삽입한 사각형 안테나의 수신 데이터 속도에 따른 듀티 변화.

4. 금속 표지병, 4 mm 절연막 삽입 원형 안테나

그림 10은 표지병의 몸체는 금속으로 구성하고, 4 mm 절연체가 삽입된 상판과 원형의 루프안테나를 사용하였을 경우의 수신 결과이다. 결과는, 표지병의 몸체를 금속으로 구성하고 4 mm 절연체가 삽입된 상판과 사각형의 루프안테나를 사용하였을 경우와 비교하여 비슷한 것을 알 수 있다. 그림 10의 경우 약 32 %에 가까운 듀티를 보이고 있으며, 수신된 스

그림 10. 금속표지병, 4mm 절연체를 삽입한 원형 안테나의 데이터 송수신 상태.

펙트럼도 약 - 14 dBm 정도로, 역시 사각형 안테나의 경우와 차이가 없었다. 송신 주파수 대역은 약 2 KHz에서 4 KHz까지는 대체로 안정된 수신 값을 얻을 수 있었다. 그러나 5 KHz이상의 경우 듀티가 20 % 미만으로 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그림 11에서는 1 KHz에서 10 KHz까지의 송신신호에 따른 수신신호들의 듀티를 나타내고 있다. 송신주파수에 따른 수신대역은 실제 약 2 KHz에서 5 KHz까지 가능하였다. 다만 원형의 루프안테나를 사용하였을 경우는 입사파의 방향에 관계없이 수신이 잘 이루어지는 특성을 보였다.

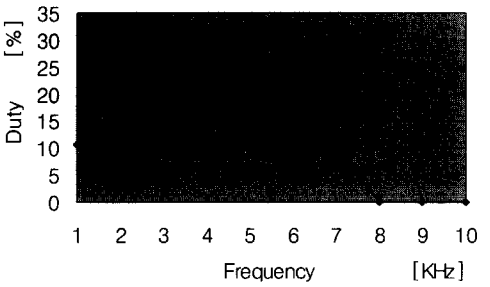


그림 11. 금속 표지병, 4 mm 절연체를 삽입한 원형 안테나의 수신데이터 속도에 따른 듀티 변화.

지금까지의 결과들에서 알 수 있듯이, 반사파의 영향을 줄일 수만 있다면 표지병의 하우징을 금속으로도 사용할 수 있다는 것을 확인하였다. 따라서 하우징에서 반사되는 반사파를 얼마나 차폐할 수 있느냐에 따라서 금속 하우징도 비금속 하우징과 다름없이 충실한 데이터의 송수신을 수행할 수 있을 것이다. 또한 마름모형 안테나(또는 사각형 안테나)의 경우에는 방향성 때문에 무선 표지병 교통신호 제어시스템에 적용 시 주의할 필요가 있으며, 원형 안테나와 같은 특별한 형태의 안테나로 구성하는 것도 한 방법이라 할 수 있다. 앞으로는 특수목적의 평판안테나를 제작, 사용하는 것도 바람직할 것이며, 어레이형의 안테나의 사용 여부에 대한 연구도 계속 되어야 하리라고 생각된다.

5. 수신 신호의 스펙트럼

그림 12는 절연물을 삽입한 금속 표지병에 사각형 안테나를 설치하여 2 KHz 전송 조건에서 수신신호를 주파수 분석기로 측정한 스펙트럼의 한 예이다. 측정기의 BW(band width)를 50 KHz, SPAN을 10

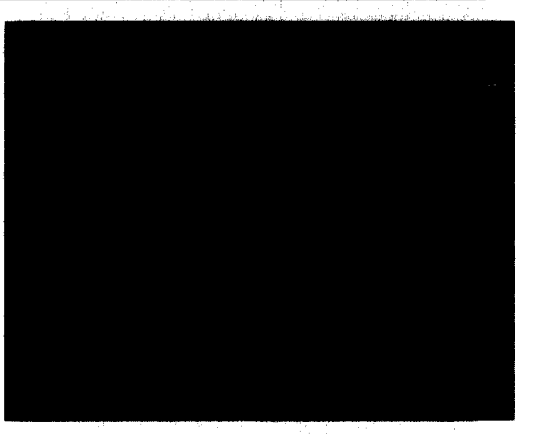


그림 12. 수신신호의 스펙트럼.

MHz로 주었을 경우 측정된 신호의 주파수는 정확히 424 MHz를 나타내고 있고, 수신 전력은 -11.08 dBm이다. 그림에서 보듯이 수신신호는 424 MHz를 중심으로 첨예한 스펙트럼 특성을 나타내고 있으며, 수신기 동조회로의 가변 커패시턴스를 이용하여 동조 주파수를 정확하게 조정할수록 더 좋은 전력특성 및 첨예도(quality factor) 특성이 나타나는 것을 관찰 수 있었다.

V. 결 론

424 MHz RF 무선통신을 이용한 표지병 교통신호 제어시스템의 연구를 통해서 운전자의 안전성과 인지도를 높이고자 하였다. RF 무선통신을 이용한 표지병 교통신호기는 기존의 유선망을 이용한 신호기 및 단순히 반사판의 기능만을 수행하던 표지병의 한계와 문제점을 보완할 수 있을 것이다. 실험을 통하여 금속 표지병에 4 mm의 절연막을 삽입한 경우 약 2 KHz(4 Kbps)에서 5 KHz(10 Kbps) 범위에서 대체로 안정된 수신감도를 보였다. 그러나 사각형 계통의 안테나를 사용한 경우는 방향성 면에서 문제점이 발견되었다. 무선 표지병의 하우징은 그 재질을 금속뿐만 아니라 비금속으로도 구성할 수 있다. 그러나 제작비용을 고려하면 금속 재질의 표지병에 두터운 절연막을 삽입한 상판을 이용하는 것이 합리적인 선택일 것이다. 또한 방향성을 고려하여야 할 경우에는 원형의 안테나가 적절한 선택이 될 것이며, 루프 안테나가 아닌 특수 설계된 어레이형의 안테나와 평판 안테나에 대해서도 연구할 필요가 있다.

무선 시스템의 개발은 일정한 구간별로 전체적인 제어만을 수행하던 유선 시스템의 문제를 해결할 수

있으며, 무선 네트워크로의 발전을 통하여 합리적이고 종합적인 교통제어 능력을 부여할 것이다. 특히 RF 무선통신을 이용한 표지병 교통신호기는 유선 시스템이 접근하기 어려운 환경에서도 데이터의 송수신 시스템으로서 광범위하게 응용할 수 있을 것이다. 무선 표지병 교통신호 제어시스템은 거리에 따른 송수신의 정확도, 높은 이득의 안테나 개발, 송수신 데이터의 코딩 및 패리티 비트의 삽입을 통한 에러 체크, 전원의 자체 공급 등과 같은 해결해야할 문제들이 남아 있다. 앞으로는 데이터의 부호화 및 오류 체크를 위한 연구를 계속해서 진행할 계획이며, 보다 실용적인 무선 표지병을 제작하기 위하여 전원도 태양전지 등을 이용하여 무선화할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 정태진, "단거리전용통신을 기반으로 한 ITS연구 동향 및 향후 발전 전망", 전파, pp. 44 ~48, 2000. 7·8

[2] Lenk, "Optimizing Wireless/RF Circuits", McGraw-Hill, John D. pp. 1~77, 1999

[3] 동역메카트로닉스연구소 기술정보팀, "RF 원격 송수신 장치의 설계 실무 무선전송제어시스템", 국제테크노 정보연구소, pp. 135~169 & pp. 289~334, 1999

[4] 무선시험연구회, "전파관계법규", 크라운출판사, pp. 43~137, 1997

[5] 도서출판 세운 편집부, "PLL(위상동기루프) 응용회로", 도서출판 세운, pp. 13~123, 1997

[6] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "Antenna Theory and Design", John Wiley & Sons, pp. 17~177, 1997

[7] 윤영중, 김연정, "광대역 안테나 기술", 한국통신학회지 제16권 9호, pp. 58 ~ 69, 1999

[8] 박현식, 채상훈, "RF를 이용한 표지병 교통신호 제어에 관한 연구", 제 38회 대한교통학회 학술발표회 논문집, ITS 및 GIS-T 분야, pp. 405 ~ 410, 2000. 11. 18

※ 감사의 글

이 논문의 연구에 필요한 CAD tool 지원을 해 주신 IDEC(반도체설계교육센터)에 감사 드립니다.

채 상 훈(Sang-Hoon Chai) 정회원

현재 : 호서대학교 전자공학과 조교수

한국통신학회 논문지 제23권 제2호 참조

<주관심분야> ITS 시스템 설계, ASIC 설계, 광통신 시스템, PLC

박 현 식(Hyun-Sik Park) 정회원

1999년 2월 : 호서대학교 전자공학과 공학사

2001년 2월 : 호서대학교 전자공학과 공학석사

2001년 3월 ~ 현재 : (주)다이너스티인터네셔널 근무

<주관심분야> ITS 시스템 설계,

김 좌 연(Jwa-Yeon Kim) 정회원

1981년 2월 : 고려대학교 재료공학과 공학사

1983년 8월 : 고려대학교 재료공학과 공학석사

1995년 12월 : University of Maryland 재료공학과 공학박사

1984년 3월 ~ 1996년 8월 ETRI 선임연구원

1996년 9월 ~ 현재 호서대학교 신소재공학과 부교수

<주관심분야> 전자재료, 신소재, 센서재료