

휴대 전자파 탐지기

A Portable Electromagnetic Wave Detector

강 성 준* 박 종 연** 황 희 용***
 Kang, Seong-Jun Park, Chong-Yeon Hwang, Hee-Yong

Abstract

This paper presents a miniaturized electromagnetic wave detector. The dimension is reduced down to 31×18×13.5 mm³ by using common OP-AMPs for amplification and oscillation. The strength from wave radiators is indicated by a color LED; green, orange and red colors mean the low, the middle and the high level, respectively. An alarm bell rings as the wave strength becomes above high level. The detector uses 3V battery. The detector could be used for a cellular phone decoration, a necklace pendant and a key holder.

키워드 : 전자파 탐지기, 휴대형, 소형화
 Keywords : *electromagnetic wave detector, size reduction, portable*

1. 서론

전자제품의 사용증가는 편리한 생활이라는 이면에 전자파에 의한 인체의 부정적 영향에 대한 우려가 나타나고 있다. 전자파는 파장의 길이에 따라 고주파와 저주파로 분류를 할 수 있다. 표 1에 전자파의 주파수별 용도를 나타내었다. 특히, 저주파는 인체에 직접적으로 침투하여 영향을 줄 수가 있다. 우리 주변에 있는 휴대폰, 컴퓨터 모니터, 전기장판 등의 가전제품 등은 표 1에서 볼 수 있듯이 저주파의 전자파를 방출하기 때문에 좀 더 주의 할 필요가 있음을 알 수 있다.

표 1 주파수별 용도

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 감마선 | X선 | 자외선 |
| 주파수 | 10 ²² Hz | 10 ¹⁹ Hz | 10 ¹⁵ Hz |
| 용도 | 의료용기구 | X레이사진 | 광학기계 |
| 가시광선 | 적외선 | 전파 | 전력선 |
| 10 ¹⁴ Hz | 10 ¹³ Hz | 3000GHz이하 | 60Hz |
| 태양 | 적외선 사진 | 휴대폰, TV | 가전제품 |

전자파의 유해성 논란이 제기됨에 따라 보건 복지부는 1996년에 「전자파 주위에 관한 공식 경보」 발표를 통하여 임신부는 컴퓨터 사용을 주 20시간 이내로 할 것, 전기담요나 히터는 수면 시 사용하지 말 것, 컴퓨터 모니터는 60cm 이상의 거리를 둘 것, 이동전화기는 짧게 사용할 것, 전자제

* 강원대학교 IT특성화대학 학부과정
 ** 강원대학교 IT특성화대학 교수
 *** 강원대학교 IT특성화대학 조교수(교신저자)

폼 사용 후에는 플러그를 뽑을 것 등 전자파 유해 가능성을 인정하고 그에 대한 노출을 줄이도록 경고 하였다. 전자파가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 1969년 구소련에서 처음 시작되었다. 이 연구는 송전선에 대한 노출과 어린이들에게 발생하는 암의 연관성을 조사한 것이다. 연구결과 고압 송전선 근처에 사는 어린이 집단이 암 발생률이 그렇지 않은 어린이 집단의 2.5배에 달한다는 내용이 발표됐다. 그러나 그 실험 방법에 여러 의문점이 제기됐다. 1990년대 들어 미국 환경청은 전자파에 대한 노출과 암의 연관 관계에 대하여 「연관성은 있어 보이나 인과관계를 증명할 수 없다」고 발표했고 미국 대통령부설 과학 및 기술 정책실 보고는 가전제품이나 송전선에서 배출되는 전자파가 인체 건강에 특별한 위험을 발생시킨다는 주장을 뒷받침할 만한 증거를 찾지 못하고 있다고 발표했다. 전자파의 인체에 관한 연구가 국내·외적으로 진행 중이지만 아직 정확한 결론이 나오지 않는 상황이다. 결과가 50년 후에 나올지 100년 후에 나올지는 알 수 없다[1].

현 단계는 전자파의 영향에 대한 표준을 통일하고 있는 단계이다. 국가별로 사용하는 표준은 차이가 있다. 미국, 캐나다, 한국, 볼리비아에서는 IEEE C95.1의 표준을 사용하고 있고, 유럽과 호주에서는 ICNIRP의 기준을 사용하고 있다. 두 기준은 전신 평균 SAR(전자파 흡수비율)의 기본 한계를 동물 실험 등을 통해 생체 영향의 임계점으로 4 W/kg을 기준으로 직업인의 경우 10의 안전 계수를 두어 0.4 W/kg으로, 일반인의 경우 추가로 5.0의 안전 계수를 두어 0.08 W/kg으로 정한다는 공통점을 가지고 있지만 국부 SAR의 경우 각기 다른 기준을 가지고 있다. ICNIRP의 경우 국부 SAR 기준이 생물학적인 바탕에 근거를 두고 있는 반면 IEEE C95.1-1991의 경우에는 측정과 노출량 평가에 근거를 두고 있다. 최근 연구 결과에 의하면 IEEE의 전신평균 SAR의 비가 정확하지 않다는 연구결과가 발표되면서 생물학적 근거에 바탕을 두는 방식이 더 적합하다고 주장되어 왔다. IEEE에서는 이러한 표준간의 차이에서 발생하는 혼란과 문제점을 극복하고 최근에 발표된 새로운 생물학적 연구 결과를 고려하기 위하여 IEEE C95.1-2005 표준을 최근 제정하였다. 이렇게 IEEE와 ICNIRP는 서로간의 기준과 조화를 추구하는 방향으로 나아가고 있다[2].

전자파의 인체 영향을 정확히 알 수 없지만 인체에 무해하다고 단정할 수 없는 문제로 보인다. 전자파 탐지기를 통하여 주변 환경 속에서 전자파를 감지하고, 적절히 대응하여 신체적, 정신적 안전을 도모할 수 있을 것이다. 정확한 연구 결과가 발표되기 전까지 혹시 모를 위험에 대비해 전자파 원으로부터 거리를 두는 것이 최선으로 보여진다.

하지만 전자파는 눈에 보이는 물체가 아니기 때문에 전자파의 세기가 어느 정도인지 우리 스스로 인식 할 수 없기 때문에 전자파 탐지기가 필요하다.

기존의 전자파 탐지기는 정확도와 가격면에서 상호문제점을 가지고 있다. 정확하게 전자파의 크기를 측정할 수 있는 전자파 탐지기는 정확하다는 장점을 가지고 있지만 가격의 측면에서 일반인이 접근하기가 힘들다. 또한 간이로 전자파를 탐지하는 장비도 나와 있지만 35×115×20 mm의 정도의 크기는 전자파 탐지기의 휴대에 불편함을 가지고 있고 전자파의 크기를 측정하는 기능보다는 유·무를 판단하는 기능에서 그치고 있었다.

본 논문은 소형화를 통하여 휴대성을 강화하고 전자파의 크기를 단계별로 측정할 수 있는 전자파 탐지기 제작에 관한 내용이다. 회로의 단순화와 저전압에서 동작하는 회로의 구성, 소형화와 외형 디자인의 향상을 통하여, 휴대폰 장식고리, 목걸이 펜던트 또는 열쇠고리로 이용할 수 있도록 제작하여 항상 전자파 탐지기를 휴대할 수 있다.

2. 본론

2.1 흐름도 및 블록도

일반적인 전자파 탐지기는 그림 1의 블록도와 같이 전자파를 흡수하는 안테나, 흡수된 전자파의 크기를 처리 가능하도록 크게 만들어주는 증폭부, 증폭된 신호를 직류로 만들어주는 검파부, 전자파의 세기를 표현해주는 출력부로 구성되어 있다[3]. 증폭부와 비교부는 OP-AMP (LM-124)를 사용하였고, 출력부는 3색 LED와 스피커를 이용하였다.

비교부는 그림 2에서 보여 지듯이 검파된 신호의 크기가 300 mV 이상일 때, 600 mV 이상일 때, 1000 mV 이상일 때로 나누어 출력부에 신호를 전달하고 있다. 그림 3은 전체적인 회로도이다.

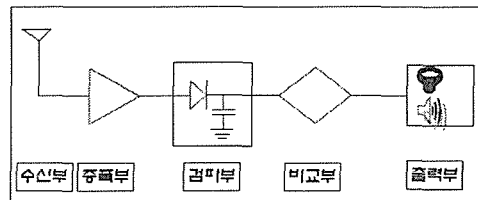


그림 1 전자파 탐지기 블록도

휴대 전자파 탐지기

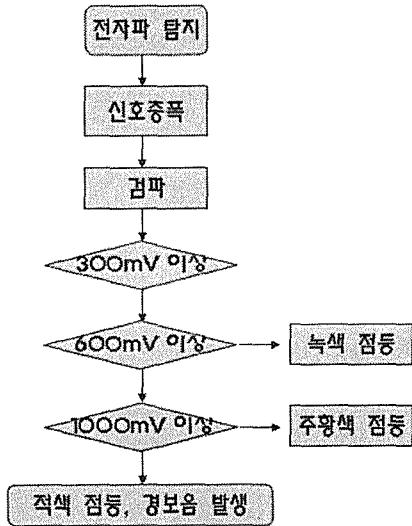


그림 2 전자파 탐지기 흐름도

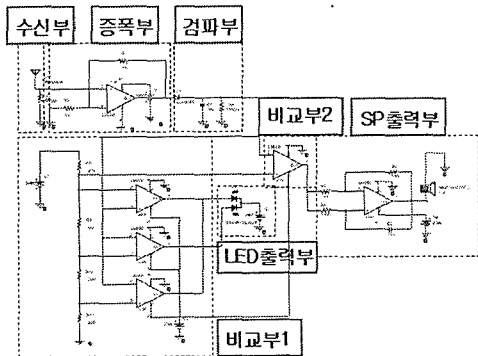


그림 3 전자파 전체 탐지기 회로도

2.2 수신부

유전율 4.4, 두께 0.8 mm의 FR-4 기판을 사용하여 5×16 mm²의 크기를 가지는 패치 안테나를 제작하여, Internal 형식으로 전자파를 흡수할 수 있도록 설계하였다[4]. 그림 9에 안테나의 모습이 나타나 있다. 스탠드에서 전자파를 많이 방출하기 때문에 가전제품에서 방출되는 전자파의 특성을 확인하기 위하여 Spectrum analyzer 이용하여 측정할 결과 43 KHz, 88 KHz, 132 KHz에서 강한 전자파가 발생된다는 것을 확인하였다. 일반적인 공진형 안테나는 전파의 파장을 고려하여 λ/4 길이로 제작된다. 때문에 저주파를 수신하기 위해서는 안테나의 부피가 커지는 단점을 갖게 된다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 평판안테나를 사용하였다.

공진을 이용한 수신기 아니라, 전압의 여기에 의하여 전자파를 수신하는 방법을 이용하였다. 내장형 안테나를 사용함으로써 외형의 모습을 깔끔하게 할 수 있었다. 안테나의 수신부에는 1 MΩ의 저항을 연결하여 전파의 수신에 안정도를 높여 주었다. 고주파 검출에 쓰이는 안테나를 제작하기 위해서는 임피던스매칭 등도 고려하여야 한다.

2.3 증폭부

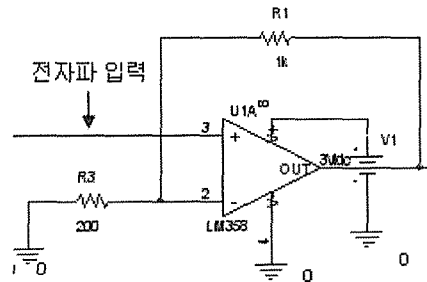


그림 4 증폭부 회로도

흡수된 전자파의 크기는 미약하기 때문에, 일정한 크기로 증폭시켜야 한다. OP-AMP (LM124)를 이용하여 6배의 증폭율을 갖는 비반전 증폭기를 설계하였다[5]. 또한, 다른 기능의 블록에서 사용하는 소자도 OP-AMP를 사용하여 소자통일을 통하여 전체적인 부피를 감소시킬 수 있었다.

2.4 검파부

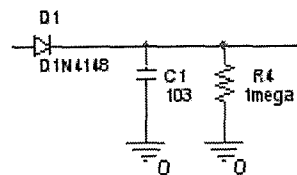


그림 5 검파부 회로도

증폭된 신호는 교류이기 때문에, 적절한 신호의 이용을 위해서는 직류로 변환할 필요가 있다. 다이오드 (1N4148)과 커패시터를 이용하여 정류회로를 제작하였다. 다이오드를 통하여 전류를 검파한 후 C와 R을 통하여 고주파 부분을 제거한다면 직류의 전원을 얻을 수 있다. 검파된 신호는 비교부에 인가되어 제어 신호로 쓰인다.

2.5 발진부

OP-AMP (LM358)을 이용하여 발진기를 제작하였다. 그림 8에 회로도가 나타나있다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CR}} \quad (1)$$

C와 R값은 그림 8의 C2=10 nF, R6=6.2 KΩ으로 20 Hz의 주파수를 갖는 구형파를 출력하는 발진기이다. 3단계의 전자파가 입력으로 들어오면 발진기에 전원이 인가되어 일정한 주기의 구형파가 출력하게 된다. 보통의 회로는 (+)오프셋 부분에 비교부에서 나온 전압을 직접 입력하여 제어하는 방식을 사용하지만, 이러한 방식을 사용하면 기본 전원이 3 V 일 때 (+)오프셋과 (-)오프셋의 전압의 차이가 3 V 미만인 된다. 여기서 출력되는 전압이 약하기 때문에 스피커의 소리가 작게된다. 하지만 본 논문에서 사용한 방식은 비교부에서 출력전압을 사용하는 방식은 같지만, 발진부의 (+)오프셋 전압은 건전지를 통하여 직접 인가해 주고 발진부의 접지를 이용하여 제어하는 방식이다. 접지가 항상 floating 되어 있다가 동작할 때만 접지되는 방식이다. 이는 오프셋 전압의 차를 크게 유지하며 제어할 수 있는 방식이기 때문에 저전압의 건전지를 전원으로 사용되는 제품에서 제어방식으로 사용하면 좋을 것으로 보인다. 구형파가 출력이 되면 스피커를 통하여 경보음이 발생하게 된다. 이는 3 단계, 전자파의 세기 “강”일 때만 동작하게 하여 LED를 통한 시각적인 효과와 함께 청각적인 효과를 더하여 사용자가 경각심을 느낄 수 있도록 하였다. 또한 R과 C의 값의 변화를 통하여 주파수를 변화시켜 경보음 변화가 가능하다.

2.6 비교부

OP-AMP (LM124)를 사용하여 3개의 비교기를 구성하였다. 비교전압은 직렬로 저항을 연결하여 각 저항에 인가되는 전압을 OP-AMP에 분배 입력해 주었다. “약”, “중”, “강” 각 단계의 비교전압은 표 2 에서와 같이 각각 300 mV, 600 mV, 1000 mV, 전력은 -80 dBm, -73 dBm, -65 dBm이 측정되었다. 이 수치는 Oscilloscope와 Spectrum analyzer를 이용하여 직접 측정된 값이다.

OP-AMP의 (-)에 비교전압을 넣고 (+)에 증폭된 신호를 입력해주는 방식은 전원이 3 V일 경우 출력이 1.7 V 정도가 출력되어 LED와 발진기를 컨트롤하기에는 한계가 있었다. 그래서 비교전압과 입력을 역으로 입력하는 방식, 즉 출력이 “H”에서 동작시 “L”로 바뀌는 방식으로 회로를 설계하였다. LED도 역시 Common anode 제품을 사용 하였다 [6]. 전자파의 세기에 따라 비교기의 동작을 표 3 을 통하여 알 수가 있다. 그림 6에서와 같이 비교

기 1과 비교기 3의 출력은 녹색 LED에 연결하고, 비교기 출력 2는 적색 LED에 연결하였다. 표 3에서 알 수 있듯이 비교기 “H”와 “L”가 만나면 “H”로 동작하게 되어 “강” 단계에서 그림 6의 비교기 3의 출력이 “H”가 되고 비교기 1의 출력 “L”가 되면 출력이 “H”가 되어 적색을 점등하게 된다. “H”와 “L”가 만나면 “H”로 작동하게 되어 1개의 LED를 이용하여 3가지 출력을 제어 하였다.

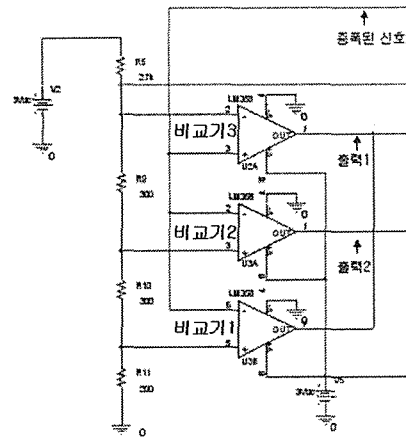


그림 6 비교부 회로도

표 2 비교전압의 세기

| | 약 (녹색) | 중 (주황) | 강 (적색) |
|----------|--------|--------|--------|
| 전압(mV/m) | 300 | 600 | 1000 |
| 전력 (dBm) | -80 | -73 | -65 |

*측정도구 : Oscilloscope, Spectrum analyzer

표 3 전자파 세기별 비교기 동작

| 전자파세기 (mV) | 1비교기 | 2비교기 | 3비교기 |
|------------|------|------|------|
| 300-600 | L | H | L |
| 600-1000 | L | L | L |
| 1000이상 | H | L | L |

2.7 출력부

출력부는 그림 7과 같이 LED를 이용한 출력부와 그림 8과 같이 경보음을 발생하는 출력부로 나눌 수 있다.

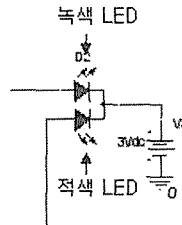


그림 7 LED 출력부 회로도

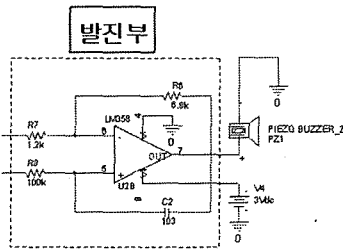


그림 8 구형파 발진기 회로도

시각적인 출력 방식으로 3색 LED를 사용하였고 청각적인 출력방법으로 스피커를 이용하였다. 3색 LED는 표 4와 그림 8과 같이 1단계일 때 녹색(A), 2단계일 때 주황색(B), 3단계일 때는 적색(C)을 출력해 준다. 3색 LED 1개를 사용하여 3개의 LED를 사용했을 때보다 출력부의 부피를 1/3로 줄일 수 있었다. 스피커는 3단계일 때만 경보음을 발생하게 된다. 발진기의 제어는 그림 3의 비교부 2의 출력을 발진기에 입력하는 방식을 사용하면 출력이 너무 작기 때문에 발진기의 (+)오프셋과 (-)오프셋은 VCC와 GND에 각각 연결하고 회로적으로 접지가 필요한 그림 8의 R7 과 R8 부분을 비교부 2의 출력에 연결하여 평소에는 floating 되다가 동작 시에 접지로 동작하는 방식을 사용하였다. 이로 인하여 3 V의 낮은 전압을 이용하여 스피커의 소리를 크게 할 수 있었다.

표 4 LED 출력 색

| 전자파세기 (mV) | G-LED | R-LED | 표시색상 |
|------------|-------|-------|------|
| 300-600 | O | X | 녹색 |
| 600-1000 | O | O | 주황색 |
| 1000이상 | X | O | 적색 |

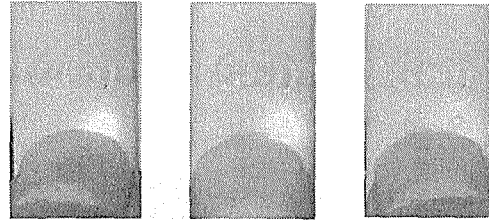


그림 8 전자파 세기에 따른 LED색상 변화 : (A)녹색-"약", (B)황색-"중", (C)적색-"강"

2.8 PCB

기존의 33×50×1 mm의 크기와 비교해 29×16×1 mm의 크기로 소형화 하여 PCB를 설계하였다. 그림 9는 CadStar™를 이용하여 패턴을 완성한 모습이다. 그림 10 은 실제로 제작한 모습이다. 그림 11 은 각 부품들을 실장한 모습이다.

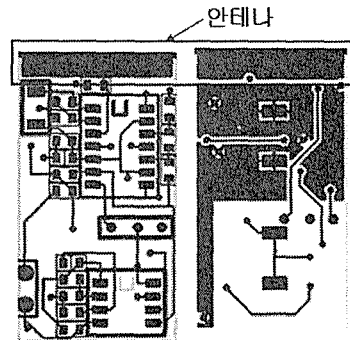


그림 9 PCB 패턴

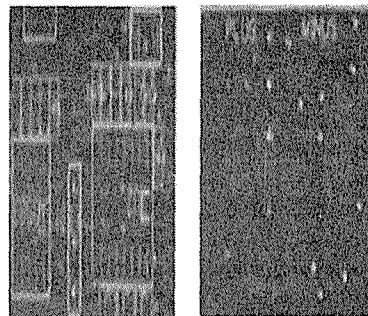


그림 10 제작된 PCB

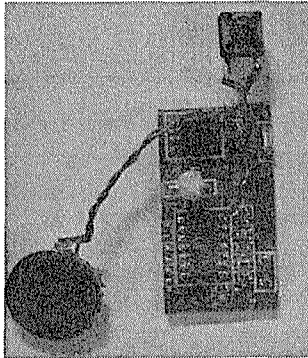


그림 11 부품 조립된 PCB

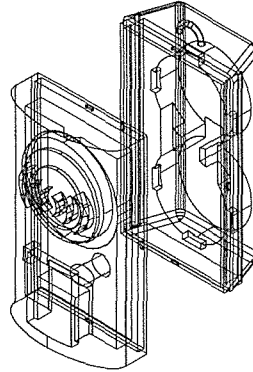


그림 13 전자파 탐지기 입체도

2.9 외형

그림 12는 전자파 탐지기의 외형을 AutoCad™를 이용하여 설계한 모습이다. 스피커 부분에는 원형 홈을 계단 형식으로 제작하여 출력의 공명이 일어날 수 있도록 설계하였고, 목걸이 및 핸드폰에 연결할 수 있도록 고리를 디자인 하였다. 1.5 V의 수은 건전지가 들어갈 수 있도록 홈을 만들어 놓았고, 그림 13에서와 같이 부드러운 느낌을 주기 위하여 전면부를 유선형으로 제작하였다. 그림 13은 설계한 전자파 탐지기의 입체적인 모습이고, 그림 14는 RT 시스템을 이용하여 실제로 제작한 모습이다.

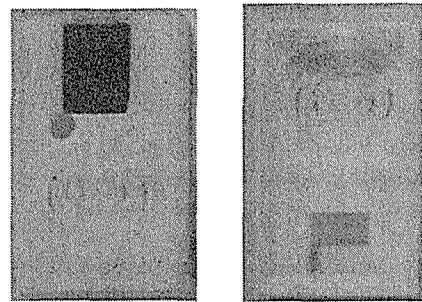


그림 14 실제 제작된 외형

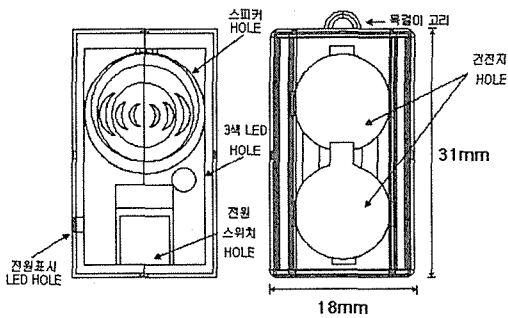


그림 12 전자파 탐지기 정면도

휴대폰 고리로 이용할 수 있도록 설계하고, 제작하였다. 기존의 전자파 탐지기는 휴대성 면에서 불편한 점을 가지고 있었다. 하지만 소형화를 통하여 휴대폰에 장식용으로 사용할 수 있어 휴대하기 편리해졌다.

2.10 조립

조립순서는 그림 15에 나타난 순서와 같다. PCB에 부품 소자들을 조립한다. 건전지를 외형의 아래 부분에 장착한 후 조립된 PCB를 그 위에 설치한다. 그리고 덮개를 덮는다. 조립과 분해가 용이하여 건전지를 쉽게 교체 할 수 있다.

휴대 전자파 탐지기

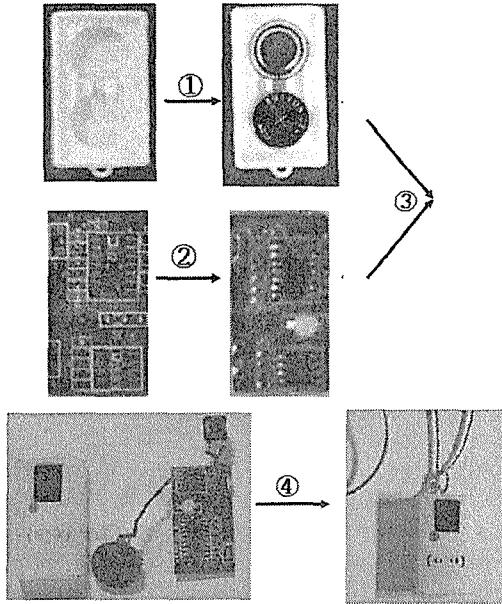


그림 15 조립순서

였고 전자파의 세기가 “강”일 경우, 경보음을 발생시켜 시각적인 효과에 청각적인 효과를 더하여 경계심을 증가시킬 수 있게 하였다.

표 5 제품별 전자파의 세기

| 회사 | 제품 | 전자파세기 | |
|----|---------|-------|-------|
| | | mV | 강·중·약 |
| A | 드라이어기 | 525 | 중 |
| B | 휴대폰 액정 | 500 | 중 |
| C | 휴대폰 액정 | 330 | 약 |
| D | 휴대폰 액정 | 1100 | 강 |
| E | 컴퓨터 모니터 | 330 | 약 |
| F | 컴퓨터 모니터 | 420 | 중 |

2.11 측정 및 결과

실제 제작된 전자파 탐지기를 사용하여 휴대폰 액정부분의 전자파를 측정한 결과 “A”社의 제품에서는 “약”, “B”社의 휴대폰에서는 “중”, “C”社의 제품에서는 “강”의 전자파가 방출되는 것으로 측정되었다. 액정부분은 휴대폰 통화 시에 인체와 직접적으로 접촉하게 되는 부분이기 때문에, 이 데이터를 소비자들이 가지고 있다면 이는 휴대폰 선택에 큰 영향을 줄 것으로 보인다. 표 5는 회사별, 제품별 전자파의 세기를 측정된 결과이다. 그림 16은 전자파 탐지기를 목걸이로 제작하여 실제로 착용한 모습이다. 그림 17은 실제로 컴퓨터 모니터에서 방출되는 전자파의 크기를 측정하는 모습이다. 탐지기의 무게도 가볍고 크기도 작아 휴대폰 고리나 목걸이 펜던트, 키홀더로 사용하기 용이하다.

전자파를 검출하는 소자로 OP-AMP를 이용하여 감도향상과 회로 구조의 단순화를 이룰 수가 있다. 또한 3V의 저전압에서 작동하도록 회로를 구성하여 기존의 9V의 건전지 사용에서 오는 부피의 증가를 없앨 수가 있었다. 다양한 부피 감소의 방법을 이용하여 기존의 전자파 탐지기와 비교하여, 부피를 1/6 정도로 줄일 수 있었다. 성능 측면에서 볼 때 기존에는 전자파의 유·무를 탐지하는 것만 가능했지만 3단계로 크기를 표현하는 기능을 갖게 되었다. 강한 전자파와 약한 전자파는 영향정도가 다르기 때문에 단계별로 세기를 표현한 것은 중요한 것으로 보여진다. 전자파의 크기를 3색 LED를 사용하여 “강”, “중”, “약” 3단계로 구분하



그림 16 목걸이 착용

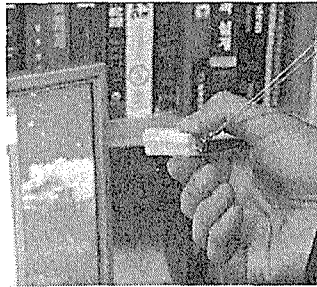


그림 17 모니터 측정

3. 결론

전자파 탐지기의 소형화 설계를 통하여 휴대폰 고리나, 목걸이의 펜던트, 열쇠고리로 이용할 수 있도록 설계 및 제작하였다. DIP type의 부품사용에서 상대적으로 부피가 작은 SMD type의 부품사용, 3색 LED 사용 등으로 31×18×13.5mm의 크기로 소형화 시켰다. 휴대성의 향상과, 3V의 저전압

구동에서 나타나는 저출력의 보완을 위한 회로구성, 그리고 전자파 검출 감도의 향상, 전자파 세기의 레벨화 등이 기존 전자파 탐지기와 구별되는 개선된 사항들이다.

설계된 전자파 탐지기는 일상생활에서 사용되는 여러 전기전자기기에 의한 전자파의 우려를 불식시키는 데 뿐만 아니라 안테나의 주파수를 변경하고, 고주파용 소자를 사용한다면 도청장치나 도촬 카메라를 탐지하는 용도로도 응용될 수도 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 지원 결과입니다.

본 연구에 도움을 주신 (주) IEMT 측에 감사를 드립니다.

참고 문헌

- [1] 임계제, "전자파 생체 영향 연구 기술 동향", 電磁波技術, VOL. 17, NO.4, 2006
- [2] 변진규, 이애경, "전자파 인체 보호 기준의 국제 표준화 동향", 電磁波技術, VOL. 17, NO.4, 2006
- [3] David M. Pozar, "Microwave Engineering", Wiley, 2005.
- [4] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, "Antenna Theory and Design", 1998.
- [5] Robert L. Boylestad and Louis Nashelsky, "Electronic Deices and Circuit Teory", SciTech, pp. 765-778, 2003.
- [6] 고대식, "전자응용 회로집", 도서산업사, 1989.