

RFID 기술을 이용한 피아식별 지뢰 설계

Design of IFF(Identification of Friend and Foe) Landmine using RFID Technology

장 종 훈*

Jong Hun Jang

ABSTRACT

In this paper, a novel IFF(Identification of Friend and Foe) landmine system has been designed and fabricated using RFID(Radio Frequency Identification) wireless communication system. The IFF landmine system is composed of RECOMS(Remote Controlled Munition System), RFID reader and RFID tag. When the friendly forces have been identified by RFID wireless communication, the IFF landmine is unloaded automatically and indicates the warning message to the operator. Through the discussion, the detailed designs and the test results of identification distance have been described and antenna revision plans for improving the performance have been mentioned.

Keywords : Radio Frequency Identification(RFID), Identification of Friend and Foe(피아식별), Remote Controlled Munition System(원격운용통제탄)

1. 서론

채래식 비자폭 대인지뢰는 표적이 접근하거나 접촉하면 즉시 폭발하는 구조로 전투원과 비전투원을 구분하지 못하여 민간인의 피해를 발생시켰다. 과거에 매설된 비자폭 대인지뢰를 제거하기 위해 엄청난 물적, 인적 자원을 투입하였음에도 불구하고 민간인의 피해는 줄어들지 않고 있다. 이러한 오폭에 의한 민간인 피해 때문에 비인도적 무기로 분류되어 반대 운동이 확산되었고, 캐나다, 오스트리아 등 세계 많은 국가들과 비정부기구(NGO) 단체들이 대인지뢰의 전면적인

사용금지를 주장하는 “오타와 협약”을 체결하였다. 남·북한이 대적하고 있는 한반도의 지형 특성상 지뢰가 가지는 전술적 중요성을 고려하여 “오타와 협약”에 위배되지 않으면서도 기존 대인지뢰의 전술적 효과를 갖는 대인지뢰 대체 무기체계 개발이 요구되었다. 이에 대응하여 대인지뢰 대체 무기체계인 ‘원격운용통제탄’이 개발되었다. 원격운용통제탄은 탐지부와 살상부를 분리 운용하여 원격으로 운용자가 기폭장치를 통제하는 운용자 중심의 무기체계(MILT : Man-In-The-Loop) 설계 개념이 적용되었다^[1].

본 논문에서는 민간인 피해를 최소화하기 위해 개발된 원격운용통제탄 체계에 상용 RFID(Radio Frequency Identification) 통신 시스템을 적용하여 피아식별을 하고, 이를 통해 지뢰 기폭을 제어하는 기술을 구현하였다. 원격운용통제탄의 경우 운용자가 2 ~ 3 km 떨어진

† 2013년 3월 20일 접수~2013년 7월 5일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 장종훈(jonghun@add.re.kr)

진 지역에서 망원경을 통해 접근한 사람을 식별하여 민간인인지, 아군인지, 적군인지를 판단하여 기폭 명령을 내리도록 운용되고 있다. RFID 통신은 식별 단계를 한 단계 더 추가하여 식별의 신뢰성을 높이는 역할을 한다. 원격운용통제탄 내의 RFID 리더와 병사 혹은 민간인이 휴대하고 있는 RFID 태그 간 통신을 통해 식별이 이루어지면 자동으로 원격운용통제탄의 장전해제가 이루어지고 운용자에게 식별 정보를 전달하게 된다. 운용자가 아군이나 민간인을 적군으로 오인하여 기폭 신호를 주더라도 피해를 방지할 수 있다.

서론에 이어 본문에서 피아식별 지뢰 시스템 구성 및 운용 개념, 개발 목표를 수록하고, RFID 리더와 RFID 태그 회로 및 시스템 설계 내용을 상세히 기술하였다. 또한 식별 거리 시험 결과에 대해 정리하고, 개선점 및 향후 계획을 제시하였다. 마지막으로 결론을 통해 전체 논의 내용을 정리하였다.

2. 피아식별 지뢰 개요

가. 시스템 구성

피아식별 지뢰 시스템의 구성을 Fig. 1에 나타내었다. 탐지살상장치와 원격조종기로 구성되는 기존의 원격운용통제탄 체계에 피아식별 기능을 구현하기 위한 RFID 리더와 RFID 태그가 추가되었다. RFID 리더는 탐지살상장치 내부에 조립되고, RFID 태그는 병사의 상의 주머니에 휴대한다.



Fig. 1. System block of IFF landmine

RFID 무선 통신 시스템은 원격운용통제탄의 살상반경 이상의 식별 거리를 구현할 수 있도록 UHF 대역

의 능동형 RFID를 사용하는 ISO/IEC 18000-7 표준 규격을 적용하였다^[2]. 능동형의 경우 RFID 태그가 자체 전원과 송신 회로를 구비하고 있어 자신의 정보가 포함된 신호를 능동적으로 송신하는 것이 가능하다. 반면, 상대적으로 전력 소모가 큰 것이 단점이다.

무기체계에 사용하기 위해서는 통신의 신뢰성이 중요하므로, 상대적으로 우수한 능동형 RFID를 선정하였다. 또한 초지 환경에서 사용하였을 때 RFID 리더와 RFID 태그 모두 송신 회로를 가지고 있어 상황에 따라 송신 전력을 높여 신뢰성을 확보할 수 있는 방향으로 개발을 하는 것이 유리하다고 판단하였다. 전력 소모 문제는 WOR(Wake-On-Radio) 방식의 저 전력 알고리즘을 적용하여 해결하였다.

나. 운용 개념

피아식별 지뢰의 운용 개념도는 Fig. 2와 같다. 원격운용통제탄의 운용 시 작전 지역에 탐지살상장치를 배치한다. 탐지살상장치는 10개 1조로 운용되며 1개 탐지살상장치는 일정 거리의 살상 반경을 가진다. 병사 접근 시 살상 반경 이전에 탐지살상장치 내 RFID 리더와 병사가 휴대하고 있는 RFID 태그 간 통신이 이루어져 아군이 식별되면, 탐지살상장치에 아군 식별 정보를 전달하여 자동으로 장전을 해제하는 동시에 무선 통신을 통해 원격조종기로 “아군감지”라는 경고 메시지를 표시하여 운용자에게 아군이 원격운용통제탄의 살상 반경 내에 진입하였음을 알려준다.

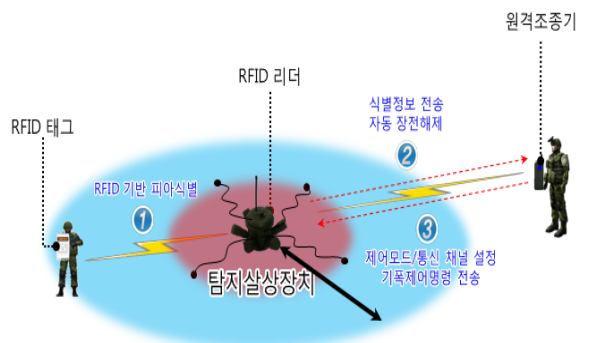


Fig. 2. Operation concept of IFF landmine

다. 개발 목표

피아식별 지뢰 시스템 개발을 위해 Table 1과 같이 개발 목표를 설정하였다. 병사가 살상 반경에 진입하기 전에 피아식별을 완료할 수 있도록 살상 반경의 3

배 이상의 거리에서 아군을 식별할 수 있도록 하며, 단일 작전 시 최대 소요 기간 이상 운용이 가능하도록 한다. 또한, 탐지살상장치는 10대가 1조로 운용되기 때문에 각각의 RFID 통신 시에 충돌이 발생하지 않도록 다중화 설계 기술을 적용한다. RFID 리더와 RFID 태그를 각 5조를 제작하여 다중 리더 다중 태그 환경에서 식별 성능에 문제가 없는지를 실험을 통해 검증한다. 적의 RFID 태그 탈취나 복제나 재밍에 대한 대책으로 통신 채널 선택 기능을 구현하여 작전 시 여러 개의 통신 채널 가운데 하나를 선택하여 운용할 수 있도록 구성한다. RFID 태그를 사용하는 아군 병사에 대한 편의 기능으로 배터리 방전 경고를 LED 점멸 신호를 통해 알려주며, 원격운용통제단 설치 지역 진입 시 진동 신호를 통해 병사에게 위험 지역에 진입했다는 것을 알려주어 서둘러 위험 지역을 벗어날 수 있도록 한다.

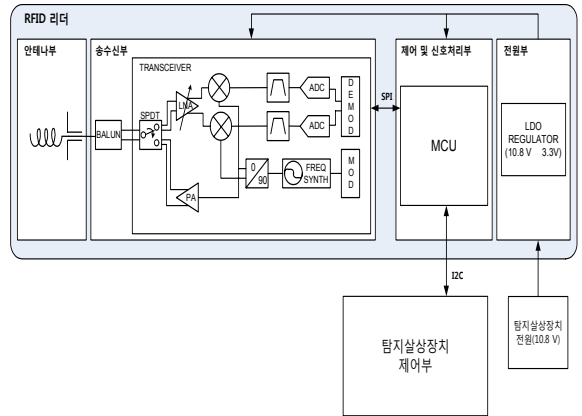
Table 1. Development Targets

항 목	개발 목표
식별 거리	00 m 이상
운용 시간	0 일 이상
다중화	RFID 리더(5), RFID 태그(5)
보안 기능	통신 채널 선택
편의 기능	배터리 방전 경고 위험 지역 진입 시 진동 경고

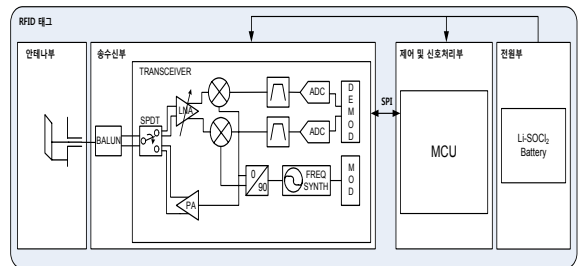
3. 피아식별 지뢰 시스템 설계

가. RFID 리더/태그 회로 설계

RFID 리더와 RFID 태그의 송수신부와 제어 및 신호 처리부 회로는 구성이 동일하며, 전원부와 안테나부는 차이가 있다. RFID 리더는 탐지살상장치 전원인 10.8 V 전압을 LDO(Low Dropout) Regulator를 통해 3.3 V로 강하하여 사용하며, RFID 태그는 1/2AA 사이즈의 리튬(Li)전지에서 3.3 V를 바로 공급받아 사용한다. RFID 리더는 헬리컬(Helical) 안테나를 적용하였으며, RFID 태그는 공간이 협소하여 PIFA(Planar Inverted-F Antenna) 형태의 전기적 소형 안테나를 적용하였다. 설계된 RFID 리더와 RFID 태그의 블록도를 Fig. 3에 나타내었다.



(a) RFID reader block diagram



(b) RFID tag block diagram

Fig. 3. RFID reader/tag block diagram

RFID 리더와 RFID 태그 간의 링크 버짓(Link Budget) 분석을 통해 각각의 송수신부에서 확보해야 할 송신 전력(Transmitter Power)과 수신 감도(Receiver Sensitivity)를 계산하여 충분한 마진(Margin)을 가질 수 있도록 설계하였다.

송·수신 간의 링크 버짓은 식 (1)에 의해 계산할 수 있다^[3].

$$P_{RX} = P_{TX} + L_{TX} + G_{TX} + L_{FS} + L_M + G_{RX} + L_{RX} \quad (1)$$

여기서 P_{RX} 는 수신 전력, P_{TX} 는 송신 전력, L_{TX} 송신부 RF 손실, G_{TX} 는 송신 안테나 이득, L_{FS} 는 자유공간 손실, L_M 은 페이딩에 의한 손실, G_{RX} 는 수신 안테나 이득, L_{RX} 는 수신부 RF 손실이다.

(1)의 수식에 RFID 태그의 송신 전력을 0 dBm으로 하고, 전파 경로 손실 모델로 Fig. 4의 Ground Reflection(Two-Ray) 모델을 적용하면 송신과 수신 간의 전파 경로를 r_1 으로 표현된 직접 경로(Direct Path)

와 r_2 로 표현된 반사 경로(Reflected Path)로 간단히 모델링하여 송·수신간 전파 손실과 수신 전력을 예측할 수 있다^[3,4].

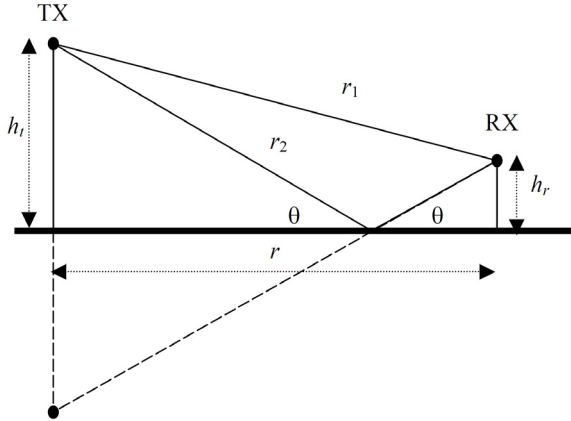


Fig. 4. Ground reflection(two-ray) model

반사의 법칙에 의하여 입사각과 반사각은 동일하게 θ 가 되고, 반사 경로의 전파는 그라운드 아래 h_t 거리에 송신 장치로부터 직접 경로를 통해 수신 장치에 입사되는 것처럼 근사할 수 있다. 자유공간 손실(L_{FS})과 페이딩에 의한 손실(L_M)을 식 (2), (3)에 의해 계산할 수 있다.

$$L_{FS} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r_1} \right)^2 \quad (2)$$

$$L_M = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \Gamma^2 - 2\Gamma \cos \left(\frac{2\pi \Delta d}{\lambda} \right) \right\} \quad (3)$$

여기에서 Γ 는 지면의 반사 계수, λ 는 파장이며 Δd 는 직접 경로(r_1)와 반사 경로(r_2)간의 경로차($\Delta d = r_2 - r_1$)가 된다.

UHF 대역 능동형 RFID 주파수로 송신을 하고, 지면 반사 계수 Γ 가 1, 송신부 높이가 20 cm, 수신부의 높이가 1.5 m, 거리가 일정 거리 떨어져 있다고 가정하고 RFID 리더의 수신 전력을 계산하면 Table 2에 나타낸 바와 같이 -93.44 dBm이 된다. 계산 결과 RFID 태그의 송신 출력이 0 dBm 일 때 RFID 리더의 수신 감도가 최소 -93 dBm 이상이 되어야 일정 거리 이상에서 피아식별이 가능하다는 것을 알 수 있다. RFID

리더가 송신하고 RFID 태그가 수신할 때도 동일하다.

RFID 리더와 RFID 태그에 적용된 송수신부의 수신 감도는 -103 dBm으로 10 dB의 마진을 가지도록 설계하였다.

Table 2. RF link budget analysis

P_{TX}	0 dBm
L_{TX}	-3 dB
G_{TX}	-6 dB
L_{FS}	-59.16 dB
L_M	-22.28 dB
G_{RX}	0 dB
L_{RX}	-3 dB
P_{RX}	-93.44 dBm

※ 송신 : RFID 태그, 수신 : RFID 리더

나. 시스템 연동 설계

RFID 통신을 통한 피아식별과 원격운용통제탄 체계의 연동이 유기적이고 신뢰성이 높도록 설계하는 것이 피아식별 지뢰 시스템 설계에 있어서 가장 중요하다. Fig. 5에 피아식별 지뢰 시스템의 기능 흐름을 나타내었다. 탐지살상장치의 스위치가 ‘무장’이 되면 RFID 리더가 동작한다. 원격조종기로부터 운용모드(자동/수동)와 통신 채널 정보를 전송받아 설정하고, RFID 태그를 향해 Wake-up 신호를 송신한다. 이 때 수신 대기 상태에 있던 RFID 태그가 이를 수신하면 자신의 ID (Identification) 정보를 RFID 리더로 송신한다. RFID 리더는 아군 ID 정보를 식별하면 원격조종기로 아군 정보를 송신하고, 탐지살상장치를 자동으로 장전을 해제하여 탄이 발사되지 않도록 한다. 원격조종기는 운용자가 인지할 수 있도록 표시창에 ‘아군 감지’라는 경고 메시지를 출력한다.

운용모드는 자동 모드와 수동 모드로 구분되는데 자동 모드는 RFID 리더가 주기적으로 Wake-up 신호를 송신하여 RFID 태그 정보를 수집하며, 수동 모드는 원격조종기에서 명령이 있을 때만 Wake-up 신호를 송신하여 RFID 태그 정보를 수집한다. 아군 식별 정보에 관계없이 비상 폭발을 할 수 있는 마스터 키 기능도 보유하고 있다.

채널 선택 기능은 RFID 태그를 탈취, 복제 혹은 적의 채밍에 대응하기 위해 구현하였다. 작전 시 약속된 통신 채널을 통해서만 RFID 통신이 이루어지도록 한다.

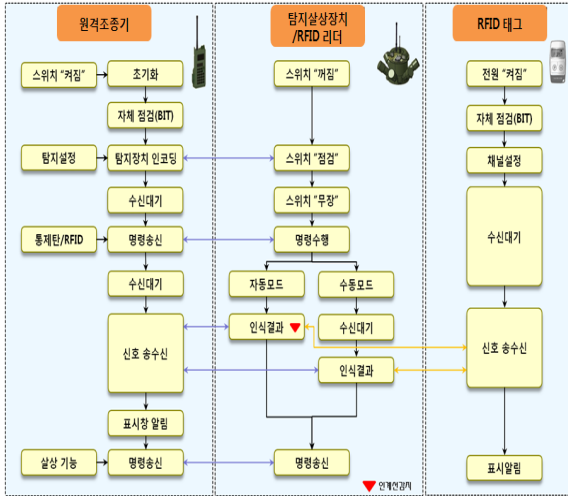


Fig. 5. System function flow chart

다. RFID 태그 저 전력 설계

RFID 태그는 병사가 항상 소지하고 다녀야 하므로 소형화 및 경량화 하는 것이 매우 중요하다. 앞서 논의했듯이 식별 거리 확보를 위해 능동형 RFID를 적용했기 때문에 자체 전원을 포함하므로 작고 가벼운 RFID 태그 설계에 있어 가장 큰 영향을 주는 부분은 배터리가 된다. 따라서 배터리 용량을 최소화 하면서 최대의 운용 시간을 얻는 설계가 필요하다.

WOR 방식의 저 전력 알고리즘은 송수신부와 제어 및 신호처리가 모두 전력 소모가 최소화 되는 sleep 상태에 있다가 주기적으로 수신부가 깨어나 RFID 리더로부터 들어오는 Wake-up 신호의 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 레벨을 확인한 후 정해진 threshold 레벨 이하이면 다시 sleep 상태로 되돌아가고, threshold 레벨 이상이면 인터럽트를 발생하여 제어 및 신호처리부 및 전체 시스템을 활성화하여 RFID 리더를 향해 자신의 ID 정보를 송신한다.

Fig. 6은 RFID 태그에 저 전력 알고리즘을 적용하였을 때 소모 전류를 그래프로 나타낸 것이다. sleep 시의 RFID 태그의 소모 전류는 120 uA이고, 300 ms 주기로 깨어나 20 ms 동안 Wake-up 신호를 검출하며, 이때 40 mA의 전류를 소모한다.

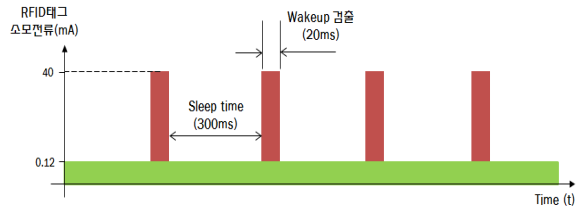


Fig. 6. Current consumption of RFID tag

800 mAh 용량의 리튬 배터리를 적용하고, 저운용할 때를 감안하여 배터리 효율을 80 %로 보았을 때 하루 3시간 RFID 통신 운용되고, 21시간 sleep 상태로 대기하는 것으로 계산하여 총 5.4일의 운용 시간을 확보하였다.

라. 다중 리더 다중 태그 운용

탐지살상장치는 10개 1조로 운용된다. 따라서 RFID 리더 10개가 동시에 동작을 하게 되며, RFID 태그의 경우도 분대나 소대 단위로 병사들이 움직이게 되면 최소 10개 이상의 태그가 동시에 통신을 시도하게 된다. ISO/IEC 18000-7 표준 규격에는 하나의 리더와 다중 태그 운용 시 다중 접속에 의한 충돌을 해결하는 알고리즘은 정의되어 있으나, 다중 리더 다중 태그에 대한 충돌 해결 알고리즘은 정의되어 있지 않다. 따라서 이에 대한 정의가 필요하다.

RFID 통신의 식별이 일정 거리에서 이루어지고, 10개의 탐지살상장치가 2열, 살상 반경 간격으로 설치되어 있을 경우 한 명의 병사가 접근할 시에 최소 5개 이상의 RFID 리더와 RFID 태그 간에 통신이 발생할 수 있다. 이 때 RFID 리더 간의 충돌을 회피할 수 있도록 Fig. 7에 표현한 바와 같이 시분할 다중 접속(TDMA : Time Division Multiple Access) 통신 방식을 적용하였다.

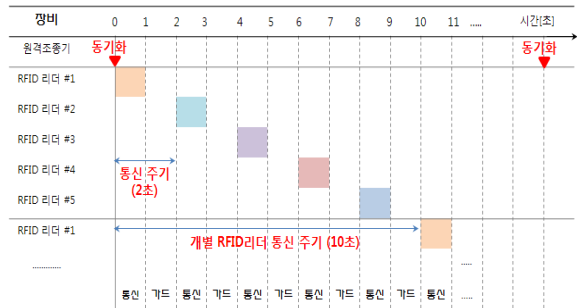


Fig. 7. Time division multiple access of RFID reader

시분할 다중 접속 방식에서는 각 RFID 리더의 동기화가 매우 중요한데, 이를 원격조종기가 담당하도록 하였다. 원격조종기는 각 RFID 리더의 순번을 정하고, 전체 RFID 리더의 시간을 동기화한다. 동기화가 이루어진 후 각 RFID 리더가 순번에 따라 2초 간격으로 RFID 태그와 통신을 통해 피아식별 과정을 진행한다. 이 때 1초 동안 Wake-up과 ID 수집 과정이 이루어지며, 1초는 가드(Guard) 시간이다. RFID 리더 내 제어 및 신호처리부 MCU(Micro-Controller Unit)의 클럭(Clock) 오차에 의한 가드 시간 축소 및 충돌을 방지하기 위해 원격조종기가 주기적으로 전체 RFID 리더를 재 동기화 하도록 설계하였다.

하나의 리더와 다중 태그 사이의 접속 시 발생하는 충돌 문제는 ISO/IEC 18000-7 표준 규격에서 정의한 Slotted ALOHA 방식을 그대로 적용하였다⁵⁾. RFID 태그가 RFID 리더로부터 Wake-up 신호를 받으면 정해진 time slot에 맞추어 자신의 ID를 RFID 리더로 전달하고, 이 때 충돌이 발생하면 충돌한 각 RFID 태그가 임의의 시간만큼 대기한 후 다시 time slot에 맞추어 자신의 ID를 RFID 리더로 전달하게 된다.

마. 통신 보안 기능 구현

무선 통신을 사용하게 되면 보안상의 문제를 초래할 수 있다. 만약, 적군이 아군의 통신 채널 및 주파수 정보를 획득하여 동일한 주파수에 큰 출력의 교란 신호를 송출하게 되면 피아식별을 위한 통신 시스템이 비정상 동작하여 탐지살상장치가 무력화 될 수 있다. 또한, 적군이 RFID 태그를 탈취 및 복제하여 휴대하면 탐지살상장치는 적군을 아군으로 오인하게 되며 적절한 시점에 폭발하지 못하여 무용지물이 될 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Fig. 8과 같이 작전 시 여러 개의 통신 채널을 선택적으로 운용할 수 있도록 구현하였다.



Fig. 8. Communication security using channel selection

RFID 리더와 RFID 태그의 송수신부가 주파수 합성기 회로를 포함하여 주파수 상·하향 변환 시 캐리어 주파수를 변경하여 통신 채널을 변경하도록 구성하였다. 이미 설치되어 있는 탐지살상장치를 일일이 찾아다니면서 RFID 리더의 통신 채널을 바꾸어줄 수 없으므로 원격조종기를 통해 통신 채널을 원격으로 장입할 있도록 설계하였다. 또한, RFID 태그에는 병사가 직접 버튼 키나 휠 키를 이용하여 통신 채널을 선택할 수 있도록 설계하였다.

4. 피아식별 지뢰 제작 및 성능 시험

RFID 리더를 제작하여 탐지살상장치의 전지함 위에 조립하고, FPCB(Flexible Printed Circuit Board) 회로를 제작하여 커넥터를 통해 연결하였다. Fig. 9는 제작된 RFID 리더의 회로 기판 및 기구 형상 및 탐지살상장치에 조립한 형상(모체 조립체 제외)이다.

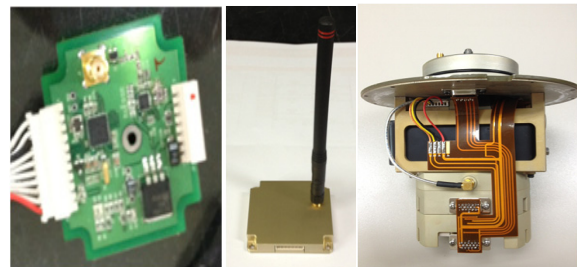


Fig. 9. Circuit, mechanism and assembly feature of RFID reader

RFID 태그는 크기가 약 60 mm(가로) × 약 50 mm(세로) × 약 20 t(높이)이고, 무게가 약 60 g으로 병사의 상의 주머니에 충분히 들어갈 수 있을 정도로 작고 가볍게 제작되었다. Fig. 10은 제작된 RFID 태그의 회로 기판과 기구 형상이다.

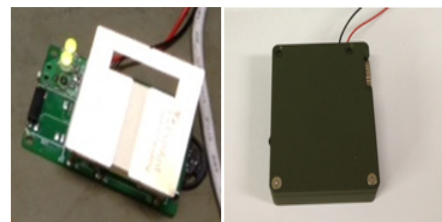


Fig. 10. Circuit and mechanism feature of RFID tag

제작된 RFID 리더와 RFID 태그를 활용하여 식별 거리 시험을 시행하였다. Fig. 11은 식별 거리 시험 장면 이고, Table 3에 시험 결과를 정리하였다.



Fig. 11. Identification distance test

Table 3. Identification distance test results

		야외		실내
거리	병사 지향 각	평지	초지	
X m	0°	O	O	O
	90°	O	O	O
	180°	O	O	O
	270°	O	O	O
X+20 m	0°	O	O	O
	90°	O	O	O
	180°	O	O	O
	270°	O	O	O
X+25 m	0°	O	O	O
	90°	O	X	X
	180°	O	X	X
	270°	O	X	O

Table 3에서 거리는 탐지살상장치와 병사 간의 거리를 의미하며, 병사의 지향 각은 탐지살상장치를 기준으로 병사가 지향하고 있는 각도를 나타낸다. 병사 지향 각에 따라 태그의 전면이 지향하는 방향도 달라진다. 야외 시험은 평지 풀밭과 수풀이 우거진 초지에서

시행하였고, 실내 시험은 건물 내 복도에서 수행하였다. 실내 시험은 다중 경로 전파에 의한 페이딩이 심한 환경을 모의하기 위해 시험을 진행한 것이다. 각 경우에 대해 10회씩 원격조종기를 통해 수동 모드로 식별 명령을 보냈을 때 10회 중 1회라도 응답이 없는 경우 실패로 규정하였다.

시험 결과 X+20 m까지는 평지, 초지, 실내 환경에서 병사 지향 각도와 무관하게 모두 RFID 태그를 식별하여 원격조종기 창에 ‘아군 감지’를 출력하였으나, X+25 m부터 초지와 실내 환경에서 병사 지향 각도에 따라 식별 실패하는 경우가 발생하였다.

식별 거리 성능 저하의 원인 분석 결과 RFID 태그 안테나의 방사 효율이 10 %(이득 : -10 dBi)로 설계 값인 25 %(이득 : -6 dBi)에 크게 미치지 못함을 확인하였다. 따라서 안테나의 방사 효율을 높일 수 있도록 안테나의 체적을 최대한 확보하는 방향으로 설계를 변경할 필요가 있다⁶⁾.

Fig. 12와 같이 RFID 후면 케이스에 전도성 페인트나 동 테이프로 도포하고 PCB 그라운드와 연결하여 그라운드 면적을 확장하고, 전면 케이스에 안테나 방사체를 부착하는 형태로 설계하면 안테나 체적을 기존 대비 약 6배 증가시킬 수 있다. 시뮬레이션을 통해 설계를 검증하고, 동 테이플를 이용하여 간이 제작까지 완료하였으며 안테나 방사 효율을 측정하고, 식별 거리 시험을 진행하여 개선 정도를 파악할 예정이다.



Fig. 12. Antenna design revision of RFID tag

5. 결론

비자폭 대인지뢰 대체용으로 개발된 원격운용통제단 체계에 상용 RFID 통신을 적용하여 피아식별 기능을 구현하였다.

UHF 대역의 능동형 RFID를 적용하여 원격운용통제단의 살상 반경의 3배 이상의 충분한 식별 거리를 가

지도록 RFID 리더와 RFID 태그의 회로를 구성하였다. 기존 원격운용통제탄 체계와 연동하여 아군 식별 시 자동으로 장전 해제하고, '아군 감지' 메시지를 운용자에게 송신하도록 구성하였다. 저 전력 알고리즘을 적용하여 단일 작전 시 최대 소요 기간 이상의 운용 시간을 확보하였으며, 10개 1조로 운용되는 원격운용통제탄 체계의 운용 환경에 맞도록 TDMA 통신 방식을 적용하여 다중 리더 다중 태그 환경에서 RFID 통신 간 충돌을 회피하였다. RFID 리더에 통신 채널을 원격 장입하고, RFID 태그에 통신 채널 선택 스위치를 구현하여 적의 탈취나 복제, 재밍에 대응하여 작전 시 통신 채널을 선택적으로 운용할 수 있도록 구성하였다.

안테나 방사 효율 저하를 발견하고 이를 개선할 수 있도록 설계를 변경하였다. 안테나 방사 효율 개선이 개선되면 식별 거리가 증가할 수 있을 것으로 예상된다. 시험을 통해 식별 거리 개선 정도를 파악할 예정이다.

References

- [1] 서승길, 도기원, 마경남, 장석규, “원격 운용통제탄 탐지살상장치 설계기술”, 2010년 한국군사기술학회 종합학술대회, pp. 176~179, 2010.
- [2] ISO/IEC 18000-7, Part 7 : Parameters for Active Air Interface Communications at 433 MHz, Oct. 2009.
- [3] S. Loyka and A. Kouki, “Using Two Ray Multipath Model for Microwave Link Budget Analysis”, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 43, No. 5, pp. 31~36, Oct. 2001.
- [4] T. S. Rappaport, Wireless Communications : Principles and Practice, 2nd Ed., Prentice Hall, 2009.
- [5] 손해원, 모희숙, 성낙선, “UHF RFID 기술”, ETRI 전자통신동향분석 제20권 제3호, pp. 67~80, 2005.
- [6] H. A. Wheeler, “Fundamental Limitation of Small Antennas”, Proc. IRE, 35, 12, p. 1479, Dec. 1947.