

Performance Analysis of Implementation on IoT based Smart Wearable Mine Detection Device

Chi-Wook Kim*

*Visiting Professor, IoT Research Center, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea

[Abstract]

In this paper, we analyzed the performance of IoT based smart wearable mine detection device. There are various mine detection methods currently used by the military. Still, in the general field, mine detection is performed by visual detection, probe detection, detector detection, and other detection methods. The detection method by the detector is using a GPR sensor on the detector, which is possible to detect metals, but it is difficult to identify non-metals. It is hard to distinguish whether the area where the detection was performed or not. Also, there is a problem that a lot of human resources and time are wasted, and if the user does not move the sensor at a constant speed or moves too fast, it is difficult to detect landmines accurately. Therefore, we studied the smart wearable mine detection device composed of human body antenna, main microprocessor, smart glasses, body-mounted LCD monitor, wireless data transmission, belt type power supply, black box camera, which is to improve the problem of the error of mine detection using unidirectional ultrasonic sensing signal. Based on the results of this study, we will conduct an experiment to confirm the possibility of detecting underground mines based on the Internet of Things (IoT). This paper consists of an introduction, experimental environment composition, simulation analysis, and conclusion. Introduction introduces the research contents such as mines, mine detectors, and research progress. It consists of large anti-personnel mine, M16A1 fragmented anti-mine, M15 and M19 antitank mines, plastic bottles similar to mines and aluminum cans. Simulation analysis is conducted by using MATLAB to analyze the mine detection device implementation performance, generating and transmitting IoT signals, and analyzing each received signal to verify the detection performance of landmines. Then we will measure the performance through the simulation of IoT-based mine detection algorithm so that we will prove the possibility of IoT-based detection landmine.

▶ **Key words:** GPR sensor, Simplex ultrasonic sensing, Smart wearable mine detection device, Human Body antenna, IoT(Internet of Things)

• First Author: Chi-Wook Kim, Corresponding Author: Chi-Wook Kim
*Chi-Wook Kim (kimchiwook@hanmail.net), IoT Research Center, Seoul National University of Science and Technology
• Received: 2019. 11. 18, Revised: 2019. 12. 17, Accepted: 2019. 12. 17.

[요 약]

현재 군에서 운용하고 있는 지뢰탐지 방법은 다양하나 통상 야전에서는 육안탐지, 탐침에 의한 탐지, 탐지기에 의한 탐지, 기타탐지 방법 등으로 지뢰를 탐지하며, 탐지기에 의한 탐지방식은 GPR센서를 이용한 탐지기로 금속탐지는 가능하나 비금속탐지가 곤란하며, 탐지를 실시한 곳과 실시하지 않은 지역을 구분할 수 없고, 많은 인력과 시간이 낭비되는 문제점이 있으며, 사용자가 센서를 일정한 속도로 움직이지 않거나, 너무 빨리 움직이는 경우 지뢰를 정확히 탐지하기가 곤란하다. 따라서 이러한 단방향 초음파 센싱 신호를 이용한 지뢰탐지 오류의 문제점을 개선하고자 Human Body 안테나부, 메인마이크로프로세서 유닛부, 스마트안경부, 바디장착형 LCD모니터부, 무선데이터 송수신부, 벨트형 전원공급부, 블랙박스 카메라부, 보안통신 헤드셋부로 구성된 스마트 웨어러블 지뢰탐지 장치를 연구하였다. 이 연구결과를 토대로 IoT(Internet of Things) 기반으로도 지하에 있는 지뢰를 탐지할 수 있는 가능성을 확인하기 위해 실험을 진행하고자 한다. 본 논문은 서론, 실험환경 구성, 시뮬레이션 분석, 결론 순으로 구성 하였으며, 서론에서는 지뢰, 지뢰 탐지기, 연구진행 등 연구내용을 소개 하고, 실험 환경 구성은 야전과 동일한 환경과 매설방법을 기초로 M14폭풍형 대인지뢰, M16A1파편형 대인지뢰, M15 및 M19대전차 지뢰, 지뢰와 유사한 플라스틱 병, 알루미늄 캔으로 구성하였으며, 시뮬레이션 분석은 지뢰탐지 장치 구현 성능을 분석하기 위해 매트랩을 이용한 시뮬레이션을 진행하여, IoT 신호를 생성 및 전송하고, 각각의 수신된 신호를 분석하여 지뢰의 탐지 성능을 확인한 후 IoT 기반 지뢰탐지 알고리즘 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하여 지하에 있는 지뢰를 탐지할 수 있는 가능성을 IoT기반으로 입증하려고 한다.

▶ **주제어:** GPR센서, 단방향 초음파 센싱, 웨어러블 탐지 장치, 휴먼바디 안테나, 사물인터넷

I. Introduction

대부분의 지뢰는 기본적으로 매설되지만 일부 지뢰의 경우 지뢰 휴즈의 압력 뿔이 지면 위로 노출되거나 산사태와 같이 자연재해가 발생하는 경우 지뢰가 유실되어 지면 위로 노출되는 경우가 발생되어 그로 인한 군인 및 민간인의 인명피해가 발생하고 있다. 현재 군에서 운용하고 있는 지뢰탐지 장치는 GPR센서를 이용한 탐지기로 금속탐지는 가능하나 비금속탐지가 곤란하기 때문에 이 같은 문제가 발생한다. 따라서 이러한 단방향 초음파 센싱 신호를 이용한 지뢰탐지 오류의 문제점을 개선하고자 Human Body 안테나부, 메인마이크로프로세서 유닛부, 스마트안경부, 바디장착형 LCD모니터부, 무선데이터 송수신부, 벨트형 전원공급부, 블랙박스 카메라부, 보안통신 헤드셋부로 구성된 스마트 웨어러블 지뢰탐지 장치를 연구하였다. 이 연구결과를 토대로 IoT(Internet of Things) 기반으로도, 지하에 있는 지뢰를 탐지할 수 있는 가능성을 확인하기 위해 실험을 진행하고자 한다. 본 논문의 제1장은 연구내용을 소개 하고, 제2장에서는 실험 환경 구성으로 야전과 동일한 환경과 매설방법을 기초로 M14폭풍형 대인지뢰, M16A1파편형 대인지뢰, M15 및 M19대전차 지뢰, 지뢰와

유사한 플라스틱 병, 알루미늄 캔으로 구성하였으며, 제3장은 지뢰탐지 장치 구현 성능을 분석하기 위해 매트랩을 이용한 시뮬레이션을 진행하여, IoT 신호를 생성 및 전송하고, 각각의 수신된 신호를 분석하여 지뢰의 탐지 성능을 확인 한 후 IoT 기반 지뢰탐지 알고리즘 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하여 지하에 있는 지뢰를 탐지할 수 있는 가능성을 IoT기반으로 입증하고, 제4장에서는 결론으로 마무리를 지으려 한다.

II. Test for Smart Wearable Mine Detection Device

전자에서 언급한 스마트 웨어러블 지뢰탐지 장치 연구내용의 구성은 서론에서는 지뢰와 지뢰탐지의 현실생태를 제시하면서 연구내용을 소개하고, 컨트롤 알고리즘 구성은 전원제어부에서 반도체레이저 긴급 조명 제어부까지 11개의 컨트롤 알고리즘을 제시하였으며, 유닛부 구성은 휴먼바디 안테나부에서 보안통신 헤드셋부 까지 8개의 유닛을 세부적

으로 구성하여 스마트 웨어러블 착용 시뮬레이션을 진행하였으며, 진행결과 휴먼바디안테나를 신체에 탈부착 후 지하에 있는 물체에 레이저를 발사하여 물체를 2D로 분석 후 수신한 영상에 거리, 위치, 형태, 재질 등을 스마트안경부 및 LCD모니터부에 실시간 표출하여, 지하에 매설된 지뢰를 신속하게 회피하여 기동할 수 있어, 스마트 전투지휘시스템을 구축하는데 효과가 있을 것으로 판단된다.



Fig. 1. IoT based mine detection device test

IoT기반 스마트 웨어러블 지뢰탐지 실험 환경 구성은 Fig 1과 같이 IoT를 이용한 지뢰탐지 실제 환경을 구성한 후 모의실험을 하고자 한다. Fig 1에서와 같이 M19대전차지뢰(M15대전차지뢰)를 중심으로 하여, 시계방향으로 M14폭풍형 대인지뢰, M16A1파편형 대인지뢰, 플라스틱 재질인 병, 알루미늄 재질인 캔, M16A1파편형 대인지뢰를 매설하기 위해 지뢰매설 영역을 구성하였다.

적군이 오는 방향을 가정하고 전방에는 M16A1파편형 대인지뢰, 플라스틱 병, 알루미늄 캔을 55cm 간격으로 매설 하였고, 양 옆에는 M14폭풍형 대인지뢰, M16A1파편형 대인지뢰를 매설하였으며, 그 후방으로 M19대전차지뢰 또는 M15대전차지뢰를 매설하였다. 본 지뢰 매설 구성은 실제 기본형지뢰지대를 매설하는 지뢰군으로 지뢰밀도를 1:2:1로 실제 환경에 맞게 구성하였고, 지뢰 매설지역은 적군의 이동 경로인 2 ~ 3부 능선인 야산에서 실험을 진행하였다. 적군의 이동경로를 가정하여 이곳에 대전차지뢰와 대인지뢰, 지뢰와 비슷한 재질인 플라스틱 병, 알루미늄 캔을 매설 하고자 한다. 매설할 지뢰는 실험의 안정성을 강구하기 위해 실제 대전차지뢰가 아닌 훈련용 대전차지뢰로 훈련용이기는 하나 실제 크기와 재질은 실물과 같고 지뢰에 기폭제가 제거 되어 있어 지뢰탐지 실험을 하더라도 실제 지뢰를 탐지 하는 것과 같은 효과를 가질 수 있다.



Fig. 2. Measure the appearance of each mine



Fig. 3. Arrange mine buried at test place

Fig 2는 지뢰 매설 전에 각 지뢰의 외형을 측정하는 전경이며, 외형 측정결과, M19대전차지뢰는 직경 33cm, 높이 8cm 이고, M15대전차지뢰는 직경 32cm, 높이 11cm이며, M14폭풍형 대인지뢰는 직경 5cm, 높이 4.5cm이고, M16A1파편형 대인지뢰는 직경이 10cm, 높이는 몸통까지는 12cm, 휴즈를 포함 시 21cm로 측정되었고, 플라스틱 병은 직경 4cm, 높이 14.5cm, 알루미늄 캔은 직경 5cm, 높이 13cm으로 측정되었다. 또한 Fig 3과 같이 실험을 위한 지뢰매설 영역을 구성 후 실험할 장소에 각각의 지뢰를 배치하였으며, M19대전차지뢰를 중심으로 M16A1파편형 대인지뢰 2개와 M14폭풍형 대인지뢰 1개, 플라스틱 병 지뢰 1개, 알루미늄 캔 지뢰 1개 등 총 5개를 배치하였다.



Fig. 4. Formation of various mines and M19 anti-tank mine center on the ground

Fig 4와 같이 각 지뢰의 매설 깊이에 맞도록 지면을 굴토하였다. M19, 15대전차지뢰는 20cm, M14폭풍형 대인지뢰, 플라스틱 병, 알루미늄 캔은 5cm 깊이로 굴토를 진행했다. M16A1파편형 대인지뢰는 다른 지뢰와 다르게 지뢰 몸통까지만 굴토하고 휴즈의 압력 뿔 부분은 지면 위로 2cm 나오도록 배치했다. 그 후 Fig 5는 각 지뢰를 매설하는 전경이고, Fig 6은 M19대전차지뢰 중심으로 1개의 지뢰군을 형성하고, 매설된 지뢰가 보이지 않도록 흙으로 완전히 위장을 한 상태이다.



Fig. 5. Bury a mine



Fig. 6. Camouflaged and buried mines

III. Analysis on IoT based buried mine detection simulation

제2장의 실험구성 환경을 기초로 IoT 기반, 지뢰탐지 장치 구현 성능을 분석하기 위해 매트랩을 이용한 시뮬레이션을 진행하였다. 본 시뮬레이션은 실제 지뢰 매설 환경을 가정하여 진행되었으며, IoT 신호를 생성 및 전송하고, 각각의 수신된 신호를 분석하여 지뢰의 탐지 성능을 확인하려고 한다.

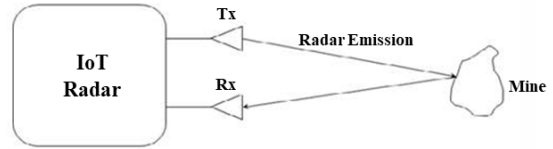


Fig. 7. IoT Radar System

Fig 7은 IoT 레이더 시스템으로 레이더 송신 안테나에서 지뢰를 향해 전자기파를 방사하여 지하에 있는 지뢰를 레이더가 감지 후 수신안테나로 송신하면 수신안테나에서 지뢰에서 반사되어 되돌아오는 반사 신호를 감지, 처리, 분석하는 것으로 전자기파 반사 회귀 지연시간과 신호의 세기를 이용하여 수신 신호 파형 진폭의 데이터를 형성 한 후 진폭의 최대치를 도출하여 금속, 비금속 등이 탐지가 가능하다. 다음은 IoT 레이더 신호를 이용해서 탐지 가능한 지뢰와의 최대 탐지거리를 구하기 위해서는 수식(4-1)과 같은 레이더 방정식을 이용하였다.

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \delta \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad (\text{수식 4-1})$$

IoT 레이더 신호가 안테나에서 지뢰 표적면 까지 왕복을 하고 안테나로 되돌아오기 때문에 수신 전력은 안테나에서 표적까지의 거리 R의 4제곱에 반비례한다. 위 레이더 방정식으로부터 Path Loss는 수식(4-2)와 같다.

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \delta \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \quad (\text{수식 4-2})$$

양변에 로그를 취하면 수식(4-3)이 된다.

$$\begin{aligned} 10\log P_r - 10\log P_t &= \\ 10\log G_t G_r + 10\log \delta - 20\log f - 40\log R - 30\log 4\pi + 20\log c + (\alpha) &= \\ (\text{수식 4-3}) \end{aligned}$$

여기서 R = Meter, F = Hz, δ = 지뢰 반사면적, α = 그라운드 감쇠지수이다. 그라운드의 감쇠지수는 수식(4-4)와 같다.

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\pi f \mu \sigma} Np/m \\ &= 30.7 Np/m = 260dB/m \quad (\text{수식 4-4}) \\ \mu &= \mu_r \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} (H/m), \sigma = 0.06 S/m \end{aligned}$$

수식 4-3과 Table 1의 링크 버짓 항목을 이용하면 $-100 = -5 + 0 + 0 - 14 (0.2 \times 0.2) - 192 - 40\log R + 136.5 - 26$ 이며, R = 97cm가 된다.

따라서 제안된 IoT 레이더 시스템은 무선통신시스템의 링크 설계에서 송수신이 완벽하게 이루어지도록 규격을 정하기 위해 Table 1과 같이 가정된 링크 버짓 항목을 이용, 상기 수식(4-1 ~ 4-4)를 적용하여 계산한 결과, IoT 안테나로부터 최대 반경 97cm에 있는 지뢰를 탐지 가능함을 알 수 있었다.

Table 1. Link Budget Parameter

Parameter	values
Tx Power	-5 dBm
Tx Antena Gain	0 dBi
Rx Antena Gain	0 dBi
Rx Sensitivity	-100 dBm
Center Frequency	4GHz
Mine reflection area	20 x 20 cm ²
Ground Depth	5cm
Ground Attenuation Factor	26dB(round), 2.6dB/cm

Fig 8은 IoT를 이용한 지뢰탐지 시뮬레이션 분석의 구체적 동작 과정으로 IoT를 이용한 지뢰탐지를 위하여 거리 및 속도를 설정하고, IoT 송신신호와 수신신호를 생성하게 된다. 또한 잡음을 추가하여 실제 환경을 구축하고 송신신호 및 수신신호가 저역 주파수 필터를 통과하게 되면 고속 푸리에로 변환하여, 최댓값을 검출하고 주파수 값을 변환하여 거리를 계산 한다. 이를 매트랩을 이용하여 시뮬레이션을 진행하고자 한다.

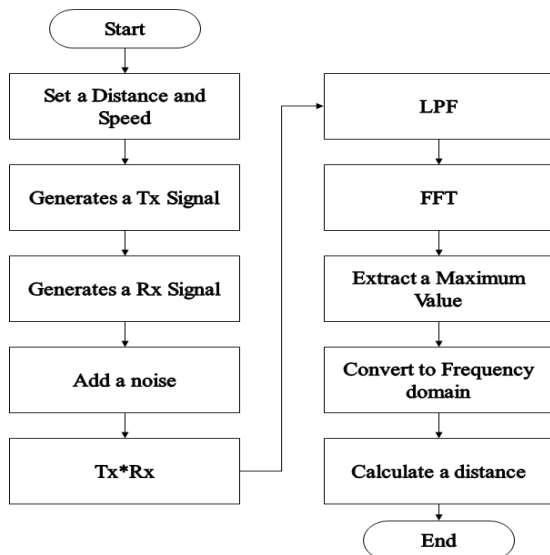


Fig 8. The simulation algorithm

매트랩을 이용하여 시뮬레이션을 진행한 결과, 지뢰탐지를 위한 IoT 신호가 생성되었다. 시뮬레이션을 통하여 도출된 신호 파형은 Fig 9와 같다. 아래 IoT 신호는 직교성이 우수한 4칩 코드를 이용하여 파형을 생성하였고, 지뢰매설 유무를

탐지하기 위하여 지속적으로 지면을 향하여 방사하였다.

또한 Fig 10은 IoT 수신 신호로 지뢰 미감지시 수신파형을 나타낸 것으로 지면 내 돌덩이 등과 같은 장애물을 통과하였을 때 낮은 크기의 Peak가 도출된다. 본 시뮬레이션에서는 다양한 지뢰에 대한 탐지 성능을 검증하기 위해 실제 매설 환경을 가정 하 실험 토양은 한국 표준 식양토(점토:30%, 미사:30%, 모래:40%)로, 수분 함유량은 일반토양(봄, 가을: 0.1~0.2Mv)으로 선정했다. 그 후 아래 Table 2와 같이 지뢰종류의 제원을 입력하고, IoT 기반 지뢰탐지 시뮬레이션을 진행하였다.

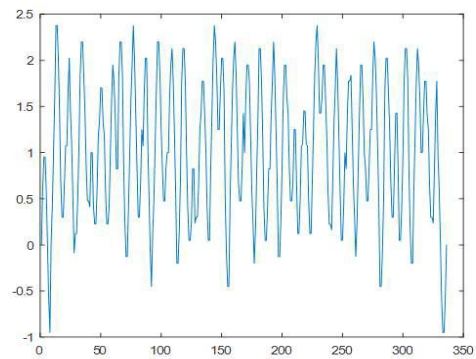


Fig 9. IoT transmission signal wave

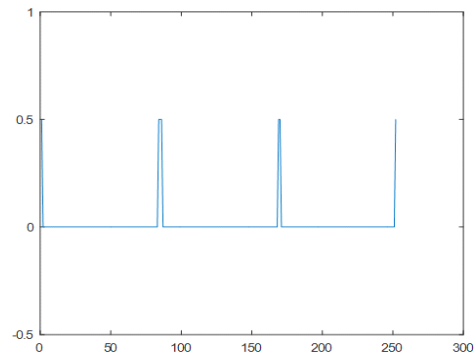


Fig 10. receiving signal wave when a mine is not detected

Table 2. A type of mine and specification

Type	Diameter	Height	Depth	Remarks
M14 Anti-Personal-mine	5cm	4.5cm	5cm	-
M16A1 Anti-Personal-mine	10cm	12cm	5cm	Include Fuse (21cm)
M19 Anti-Tank-mine	33cm	8cm	20cm	-
M15 Anti-Tank-mine	32cm	11cm	20cm	-

Table 2를 적용하여 시뮬레이션을 진행한 결과, 아래 Fig 11과 같이 지뢰의 종류에 따른 IoT 수신신호 파형이 지면으로 방사된 IoT 송신신호 파형으로부터 탐지된 지뢰의 종류에 따라 ①, ②, ③, ④의 신호 파형으로 도출되었다.

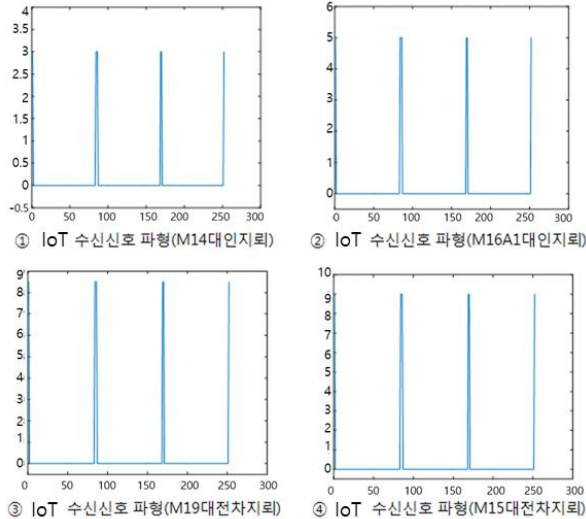


Fig. 11. IoT receiving signal wave at each type of mine

① 그래프는 M14폭풍형 대인지뢰가 탐지된 신호 파형을 나타내며, ② 그래프는 M16A1폭풍형 대인지뢰가 탐지된 신호 파형을 나타낸다. ③, ④ 그래프는 각각 M19대전차지뢰와 M15대전차지뢰가 탐지된 경우의 신호 파형이다. 상기 시뮬레이션 결과에서 볼 수 있듯이 M14폭풍형 대인지뢰에서부터 M15대전차지뢰 까지 직경 및 높이와 매설 깊이에 따라 높은 진폭의 최대치(Peak)가 각각 다르게 도출됨을 확인하였다. 따라서 IoT 기반 지뢰탐지 성능 분석을 위하여 실제 지뢰매설 환경 및 지뢰 종류에 따라 시뮬레이션 환경을 가정하여 매트랩을 이용한 시뮬레이션을 진행하였으며, 시뮬레이션 결과를 토대로 지하(상)의 지뢰 유무를 IoT 수신신호 파형 분석을 통하여 탐지가 가능함을 확인할 수 있었다.

IV. Conclusion

지뢰지대 지뢰탐지는 지뢰의 위치를 확인하는 활동을 말하며, 이는 각종 정찰활동, 첩보수집, 지뢰지대 극복 및 제거와 연계되어 이루어진다. 탐지방법은 다양하나 통상 야전에서는 육안탐지, 탐침에 의한 탐지, 탐지기에 의한 탐지와 기타탐지 방법 등이 있다. 본문에서는 IoT(Internet of Things) 기반 지뢰탐지 알고리즘 시뮬레

이션을 통해 성능 검증을 진행하였으며, 진행 순서는 다음과 같다. 먼저 스마트 웨어러블 지뢰탐지 장치 구현을 위해 IoT 기반 지뢰탐지 실험 환경을 구성하고, 각 지뢰의 외형 측정 및 실험 장소에 매설할 지뢰를 배치 후 배치된 각종 지뢰의 지면 굴토 및 대전차 지뢰 중심으로 지뢰 군형성을 한 후 지뢰를 완전히 흙으로 위장을 하였다. IoT 기반 매설지뢰 탐지를 위한 시뮬레이션 분석을 위해 IoT 레이더 시스템과 시뮬레이션 분석 구체적 동작과정, IoT 송신신호 파형 및 지뢰 미감지시 수신신호 파형을 도출 후, IoT 신호를 직교성이 우수한 4칩 코드를 사용하여 파형을 형성하였다.

시뮬레이션으로 지뢰탐지 구현 성능을 검증하기 위해 지뢰 매설 실험 토양은 한국표준 식양토를 기준으로하고, 수분 함유량은 일반토양을 선정하여, 각 지뢰의 종류와 지뢰의 제원을 입력하여 분석한 결과, M14폭풍형 대인지뢰로부터 M15대전차지뢰까지 지뢰의 직경 및 높이와 매설 깊이에 따라 높은 진폭의 최대치(Peak)가 각각 다르게 도출됨을 확인 할 수 있었고, IoT기반으로 지하(상)에 있는 물체를 탐지 가능함을 확인 할 수 있었다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program(IITP-2019-2016-0-00311) supervised by the IITP(Institute for Information & communications Technology Planning & Evaluation)

REFERENCES

- [1] Chungnam Kim, "Next generation mobile communication technic," Kyobo Book Centre, PP.26-31, 2009
- [2] Hanwha System Company, "Hand-held landmine detector with image display," KR10-1140292, 2011.12.13, 2012.04.19
- [3] Hanwha System Company, "Hand-held landmine detector with image display," KR20-0462848, 2011.12.13, 2012.09.26
- [4] Hyundai-rotem, "MINE DETECTION METHOD USING MULTI-SENSOR," KR10-1387440, 2012.03.27, 2014.04.15
- [5] Defense Agency for Technology and Quality, "Mine detector detachable and attachable to military shoes," KR10-1348989, 2012.03.21, 2014.01.02

- [6] Hanwha System Company, "Multi-polarization radar for landmine detector and method for operating the same," KR10-1137220, 2011.12.19, 2012.04.10
- [7] Chi-Wook Kim, "A Study on Analysis and Improvement of Current Korean Army's Mine Detector," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 13, No. 5, pp.229-233, 2013
- [8] Hyundai-rotam, "PORTABLE MINE DETECTION DEVICE USING MOTION CAPTURE, THE METHOD," KR10-1329090, 2012.03.27, 2013.11.07
- [9] Youngjoong Yoon, "Antenna Theory and Design," Kyobo Book Centre, pp.70-127, 2014
- [10] Hyun-Jong Lee, Jong-Jae Lee, Nguyen Manh Tuan, Cristina Rosales, and Sung-Ho Choi, "Land Transpot and Maritime R&D Report," KAIA, 2015
- [11] Chi-Wook Kim, Kyong-Wan Koo, and Jae-Sang Cha, "A Study on Apparatus of Human Body Antenna for Mine Detection," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 15, No. 2, pp.269-272, 2015
- [12] Chi-Wook Kim, Kyong-Wan Koo, and Jae-Sang Cha, "A Study on Apparatus of Smart Wearable for Mine Detection," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 15, No. 2, pp.263-267, 2015
- [13] Hanyang University Research and Business Development Foundation, "Method and Apparatus for Detecting Landmine based on IoT," KR10-1793787, 2015.11.30, 2017.10.30
- [14] Hyundai-rotam, "MINE DETECTION DEVICE HAVING ADJUSTABLE HEIGHT ALONG THE SURFACE LEVEL," KR10-13874420, 2012.03.27, 2014.04.15
- [15] Hyundai-rotam, "MINE DETECTION DEVICE, AND THE SIGNAL PROCESSING METHOD," KR10-1362234, 2012.03.27, 2014.02.06
- [16] Chi-Wook Kim, "A Study on the Smart Wearable Mine Detector", Seoul National University of Science and Technology, 2016
- [17] Korea Institute of Science and Tehnology, "Electronic-Controlled Landmine Detector," KR10-13968810, 2012.06.27, 2014.05.13
- [18] Byeong-Hu Oh, "Method of detecting and removing mines using drone," KR10-1832673, 2017.09.08, 2018.02.20
- [19] Hanwha System Company, "Signal processing method and apparatus for ultra wide band ground penetrating radar based land mine detection," KR10-2041198, 2019.05.24, 2019.10.31
- [20] Seung-Hwam Jung, "Small-Umanned Robot for detecting landmine," KR10-2019-0076465, 2017.12.22.

Authors



Chi-Wook Kim received the B.S. degree in department of architecture from Dong-eui University, M.S. degree in department of architecture from Korea University, and Ph.D, degree in broadcasting communication information engineering from Seoul National University of Science and Technology in 1983, 1993 and 2016, respectively. He is currently a visiting Professor in IoT Research Center from Seoul National University of Science and Technology. He is interested in Internet of Things, Mine Detection, Smart wearable