

다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템 설계 및 테스트베드를 통한 성능 고찰

문승진*, 조원준°

Design for Improved Boundary Security System Using Multiple Complex Sensors and Proving Performance with Constructing Testbed

SEUNGJIN MOON*, WONJUN CHO°

요 약

본 논문에서는 현재 군에서 운용중인 과학화 경계시스템의 단점을 보완하고 경계감시가 가능한 지능형 영상 분석 기술을 적용한 감시시스템 적용 및 진동센서 및 마이크로웨이브와 PIR을 합친 복합센서, 레이더 센서를 적용한 감시시스템을 이용하여 주요시설에 대한 접근, 침투와 같은 상황을 실시간으로 감지하고 효과적으로 대응할 수 있는 개선된 지능형 과학화경계시스템을 설계하고 테스트베드 구축을 통해 성능을 입증하고자 한다.

Key Words : 경계시스템, 감시시스템, 감지시스템, 지능형 영상 분석, 감지센서

Key Words : Boundary security system, Surveillance system, Detection system, Intelligence video analysis, Detecting sensors

ABSTRACT

We present our works related constructing and building an improved perimeter security system of the legacy systems on using at military bases in this paper. The system makes use of multiple technology - intelligence video analysis, fence attached vibration sensors for detecting climb walls, spatial monitoring sensors by using microwave and passive IR detecting, and radar sensors for early warning. The system can effectively monitor various situations access and penetration of intruders in real-time. In this paper, we deployed the system in our testbed to verify its performance and show the results.

1. 서 론

최근 국제적으로 국가의 주요시설에 대한 테러/범죄의 증가로 많은 피해가 발생하여 자국의 안전을 위해 국가차원에서 주요시설에 대한 테러/범죄방지에 대한 예방시스템의 중요성이 증가하고 있다. 따라서 미

국/유럽을 중심으로 자국내의 중요시설(국경, 군사시설, 원전, 병원 등)을 중심으로 자동화된 경계감시 시스템을 강화하고 있는 추세이다. 국내는 현재까지는 주요시설에 대한 테러에 의한 피해가 거의 발생하고 있지 않은 상황이지만, 북의 국지도발 발생 및 중동/아시아 테러집단의 타겟이 되어 많은 피해를 볼 가능

* First Author : (ORCID:000-0003-2812-5940)Hanwha Systems, seungjin1.moon@hanwha.com, 정회원

° Corresponding Author : (ORCID:000-0001-8974-7546)Hanwha Systems, wonjun78.cho@hanwha.com, 정회원

논문번호 : 201811-D-RE, Received November 8, 2018; Revised December 3, 2018; Accepted December 12, 2018

성을 배제할 수 없다. 따라서, 국내 주요시설에 대한 테러/범죄 발생을 대비한 경계시스템이 필요한 상황이다. 국가 주요시설중 군에서 운용하는 비행장, 탄약고 등 군 주요시설의 테러/범죄로 인한 탈취시 막대한 피해가 우려되므로 최우선적으로 지능화된 경계시스템의 도입이 필요하다. 기존의 군 주요시설에 대한 경계체계는 철책선, 블록 담장 등과 같은 울타리를 이용하여 접근을 방지하고 외부에서 내부로 울타리 통과하는 불법 침입자는 군 인력이 감시를 수행한다. 인력에 의존하는 감시체계는 다수의 인력이 소요되고 장시간 근무로 피로로 긴장도가 이완되어 감시공백이 발생할 우려가 있으며, 또한 감시 사각지역으로 침투 시와 심야, 안개, 우천, 강설 등 열악한 환경조건으로 인해 감시능력 저하가 발생하여 보안상의 문제를 야기한다.^[1] 이러한 문제점으로 2012년도 이른바 북 병사의 노크 귀순 사건이후 군은 경계 감시 강화를 위해 일반전방 초소(GOP)에 광망 센서를 이용하여 GOP과학화 경계시스템을 추진하였다. 병력위주로 운영되고 있는 GOP경계체제에 대하여 과학화 장비를 활용한 감시체제로 전환함으로써 경계작전의 질을 향상시키고 장병 근무 여건을 개선하고자 광망을 이용한 GOP 과학화 경계시스템을 설치하여 운용중에 있다^[8].

GOP과학화경계시스템은 감시·감지·통제시스템으로 구성되며 감시시스템은 카메라를 주·야간으로 감시하고 감지시스템과 연동하여 운용하며, 감지시스템은 울타리 통과 및 월책 시 침입 감지, 경보를 발생한다. 통제시스템은 상황실 단위로 감시/감지시스템에서 수신한 영상에 대한 감시와 경보접수 및 조치를 하는 시스템이다.^[2] GOP과학화경계시스템 구축을 통하여 비인가자로부터 주요시설 및 장비 등에 접근을 감지하고 분석하여 상황 전파체계를 구축하였으나 감시/감지시스템의 높은 오탐률 발생 및 흑서기/흑한기시에 장비오류 및 고장이 862건이나 발생하여 시스템의 개선이 필요한 상황이다.^[6]

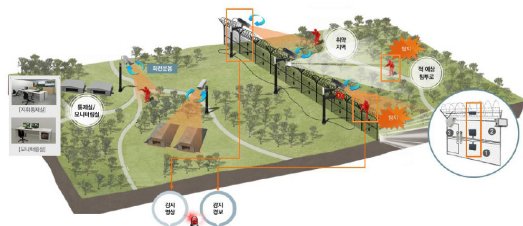


그림 1. 다중 센서를 이용한 과학화 경계 시스템 운용 개념도
Fig. 1. The Improved Boundary Security System operation conceptual diagram

따라서, 본 논문에서는 현재 군에서 운용중인 과학화 경계시스템의 단점을 보완하고 경계감시가 가능한 지능형 영상 분석 기술을 적용한 감시시스템 적용 및 진동센서 및 마이크로웨이브와 PIR을 합친 복합센서, 레이더 센서를 적용한 감시시스템을 이용하여 주요시설에 대한 접근, 침투와 같은 상황을 실시간으로 감지하고 효과적으로 대응할 수 있는 개선된 지능형 과학화경계시스템을 설계하고 테스트베드 구축을 통해 성능을 입증하고자 한다.

II. 다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템 구성

다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템은 [그림 2]와 같이 감시구간에 대한 영상을 전송하는 감시시스템, 울타리 접근/통과를 감지하는 감지시스템, 감시/감지 정보를 기반으로 통제/관리 기능을 제공하는 통제시스템, 시스템의 전원/네트워크/울타리 구조물 등의 기반시설로 이루어진다.

과학화 경계시스템의 구조는 [그림 3]과 같다. 통제시스템의 내부의 제어 및 통제 모듈을 통해 경계/감시



그림 2. 과학화 경계시스템의 구성
Fig. 2. The consist of scientific boundary system

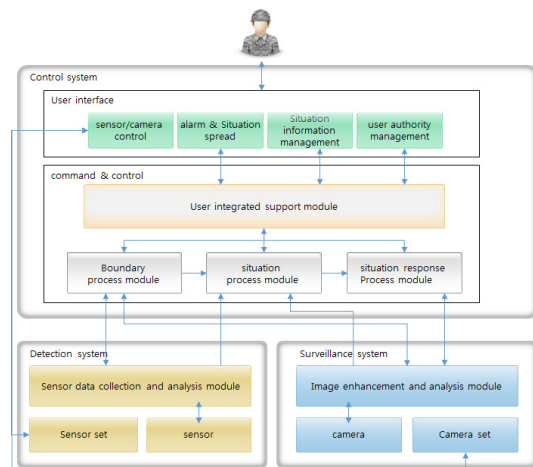


그림 3. 과학화 경계시스템 구조 개략도
Fig. 3. A schematic description of the system structure of the scientific boundary system

의 전반적인 프로세스를 운용하며, 제어 및 통제 모듈 내부의 사용자 통합지원 모듈을 통해 상위의 사용자 인터페이스 모듈을 지원한다. 운용자는 사용자 인터페이스 모듈을 이용하여 시스템을 운용하게 된다.

감시시스템 센서 데이터 수집 및 분석 모듈과 감시시스템의 영상 개선 및 분석 모듈을 통해 침입 감지 데이터 및 실시간 영상, 이동 물체 추적 등과 같은 정보를 전송하게 된다.

2.1 감시시스템

다중 복합센서를 이용한 과학화경계시스템의 감시시스템은 줌원거리 카메라를 이용하여 경계 책임 구역, 취약 구역을 24시간 감시하고 상황발생 시 해당 구역의 영상 및 이벤트를 실시간으로 통제시스템에 전송하여 운용자가 신속하게 상황에 대응할 수 있도록 도와준다. 현재 운용되는 대부분의 감시시스템은 영상변화 인식 기술로써 이동물체에 대한 자동 탐지 기능을 카메라 또는 DVR 장비의 소프트웨어로 개발하여 운용하고 있다. 영상변화를 인식하는 자동탐지는 단순하게 영상변화를 인식하는 정도의 기술로, 그림자나 조명등과 같은 주변 환경요인에 의해 신뢰도가 떨어지는 단점이 있다¹⁾. 따라서 주변 환경요인에도 탐지 신뢰도를 유지 할 수 있는 지능형 영상분석 기술이 요구된다. 본 논문에서 제안하는 지능형 영상분석 시스템은 [표 1]과 같이 영상을 분석하여 90%이상의 탐지율로 이벤트를 발생한다.

본 논문에서 제안하는 감시시스템은 감시영상을 실시간 전송하는 수준을 넘어 사람, 자동차, 개와 같이 일정 크기 이상의 사물을 식별하고 사물의 움직임을 기반으로 탐지, 추적, 분석하는 기능을 제공한다. 또한

감시영상에 대한 분석결과를 통제시스템에 전송하여 운용자가 경보발령, 검색이 가능하도록 제공한다.

감시시스템의 핵심기능인 지능형 영상분석의 구조는 [그림 4]과 같이 배경 영역 분리 단계 → 객체 식별 단계 → 객체 추적 단계 → 이벤트 탐지 단계로 구성된다. 배경 영역 분리 단계는 입력되는 영상의 전경 영역과 그 외의 배경 영역을 구분하여 활성 객체를 탐지하는 과정이다. 객체식별 단계는 배경 영역에서 전경 영역으로 판단한 객체 중에서 사람, 동물, 자동차 등 물체를 식별하는 단계이다. 객체 추적은 연속되는 영상에서 식별된 객체의 이동 경로를 찾는 과정으로 여러 개의 거리 데이터들을 확률적으로 미리 계산하여 하나의 거리 데이터로 환산하여, 각각의 거리 데이터 모두에 대해 필터링과정을 거치는 확장 칼만 필터 알고리즘을 이용하여 물체의 정확한 위치를 산출하고 추적한다. 이벤트 탐지 단계에서는 객체의 식별 정보 및 객체의 이동 정보를 바탕으로 사전에 정의된 규칙에 의해 이벤트를 탐지한다. 탐지된 정보는 메타 데이터 형태로 통제시스템으로 전송하게 된다⁵⁾.

영상분석 결과에 영향을 미치는 요소는 지능형 영상시스템의 성능뿐만 아니라 영상의 품질, 즉 감시용 카메라의 성능 또한 매우 중요한 요소로 본 논문에서 설계한 과학화 경계시스템의 감시시스템 카메라는 짧은 거리를 감시하는 근거리 카메라와 먼 거리까지 감시가 가능한 원거리 카메라 두 종류의 카메라를 적용하여 영상품질을 고려하였다. 또한 지능형 영상분석을 통해 카메라 자체적으로 탐지하거나 감시센서에 탐지되어 움직이는 물체를 추적하고 감시범위의 확대를 위해 카메라의 구동 방위각 360°, 고각 -75° 서 30° 까지 동작 가능한 팬틸트를 장착하였다.

표 1. 지능형 영상분석 항목
Table 1. The list of intelligence video analyse

TYPE	Definition
prowl	person(or people) prowls at special area more 10 sec
Penetration	person(or people) penetrates to special area
Abandonment	the act of leaving something
fight	the situation in which people struggle to stretch their arms and commit suicide, slap or stretch their legs
Fire/explosion	smoke or flame, situation where explosion occurs
Anomalous signs	occurrence of penetration traces when PTZ moving

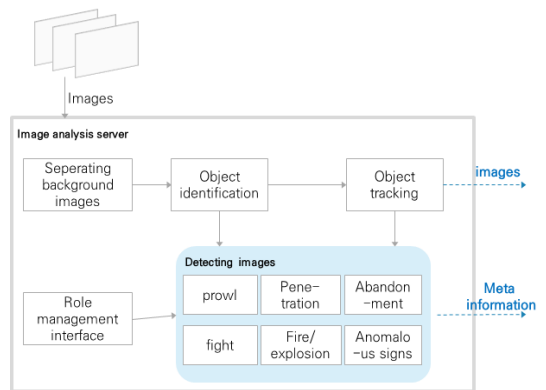


그림 4. 지능형 영상분석 구조도
Fig. 4. Structure of intelligent video analysis technology

표 2. 과학화 경계시스템 오류/고장현황
Table 2. A number of the science error of

Errors	number
component failure	2563
fiber cable cut	1793
Sofrware	487
power	211
sensor	106
lack of stabilization	65

2.2 감지시스템

감지시스템은 책임 경계구역으로 침입을 시도하는 비인가자를 조기 발견, 경보를 할 수 있는 장비이다. 국방·군사시설기준 시설보안설비 설계 기준에서 울

표 3. 감지시스템의 종류
Table 3. Type of the sensing systems

system type	definition
optical fiber system	the system is installed on the fence to detect th change of the optical signal caused by external force(pull, open, shock, etc.)
tension system	it is alarm when the pressure is higher than a preset pressure on the wire installed on the fence
impact/propa gation system	sensor is installed on the fence to detect impact, cutting, sound, etc. detection and alarm on external penetration
microwave system	generate microwave from transmitter to receiver, detect rhe change of radio wave when intruder in installation section
ground buried detection system	detection of unauthorized persons penetrating the detection area or entering the fence after the culvert by buried underground with sensor cable capable of detecting changes in magnetic field and optical signal caused by impact
electronic fence system	install wires that can give a certain amount of electric shock to intruders on top of existing fence or independently
E-Field system	a system, which the electric field wire is horizontally installed on the upper part of the basic fence, detects that changes the electromagnetic field when approaching unauthorized persons
infrared system	system that senses temperature, pressure, motion, etc. by using infrared rays

타리 침입 감지시스템은 외각 울타리(블록 담장, 펜스 등)로 침입을 시도하는 비인가자를 조기 발견, 경보 할 수 있는 장치로 정의하였고^[3], 이를 바탕으로 과학화 경계시스템의 감지시스템의 역할에 대해 정의하였다. 국방·군사시설기준 시설보안설비 설계 기준에서 감지시스템의 종류는 [표 3]과 같다

현재 군에서 운용중인 GOP과학화 경계시스템은 광망시스템을 이용하여 비인가자의 침투를 감지하고 있다.광망 컨트롤러 및 광통신 변환기로 구성되어 있고 하나의 광케이블을 이용하여 폐쇄루프 구조를 만들어 철조망에 설치한다. 설치된 광망컨트롤러에서 광망의 폐쇄루프에 적외선 광신호를 입사하여 폐쇄루프를 통과하여 수신되는 광신호의 단절 및 변화를 감지하여 통제시스템에 경보를 전송하게 된다. 하지만 ‘GOP 과학화 경계시스템 고장·수리 현황’ 자료[표 2]에 따르면 2015년 12월부터 2018년 10월까지 5200건의 프로그램 오류 및 고장이 발생했다. 하나의 광케이블을 이용하여 폐쇄루프를 구성하기 때문에 광망 1구간이 고장 또는 절단 시 최단 50m에서 최장 200m 길이의 구간이 감지가 불능이며, 최소 50m의 교체가 필요하다^[6].

본 논문의 과학화 경계시스템은 기존 시스템의 단점 을 보완하고 군의 요구사항을 충족하기 위하여 충격/전파 감응시스템을 기본 감지시스템으로 적용하고 마이크로웨이브 및 적외선 복합 감지시스템을 이용하여 공간감지 능력을 보완하였다. 또한 근거리 접근을 사전에 감지 할 수 있는 레이더 시스템을 추가하여 울타리로 접근하는 물체부터 식별하여 울타리 접촉 및 행위 발생 시 운용자에게 상황을 빠르게 전파할 수 있도록 설계하였다.

진동형 감지센서는 [그림 5]와 같이 센서 관리와 데이터를 수집하는 감지센서제어기와 진동과 기울기를 감지하는 센서로 구성되어 있다. 센서는 7개가 하나의 세트로 각각의 센서의 진동 데이터를 취합하고 분석하여 감지센서제어기로 전송하는 마스터 센서와 진동 데이터를 마스터 센서에 전송하는 슬레이브 센서로 구성된다. 강풍과 같이 철조망이 흔들릴 경우 마스터 센서는 주변 슬레이브 센서의 정보를 분석하여, 거친

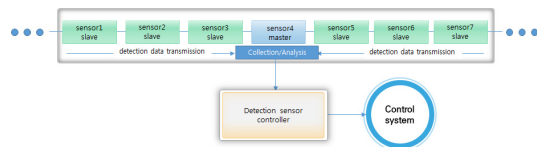


그림 5. 진동형 센서 구조도
Fig. 5. The vibration sensor structure diagram

표 4. 감시시스템의 센서장비
Table 4. Sensing system configuration sensor

type of sensor	installation location	Detection
vibration	Barbed wire	barbed external force
radar	fence pillar	approach to fence
microwave + PIR	Y pillar	over wall

자연환경에서도 오탐 및 오경보를 최소화 할 수 있도록 구현되었다.

기존의 시스템의 가장 큰 문제점은 하나의 광케이블을 이용하여 폐쇄루프를 만들어 고장 또는 절단 시 사용한 광케이블의 길이만큼(최소 50m, 최대 200m) 감지가 불가능하다. 또한 광케이블의 절단의 경우 해당 구간(절단구간)에 대해 수리가 빠르게 대처되지만 고장인 경우 발생지점을 판단할 수 없어 해당 폐쇄루프 전체를 교체해야하여 수리에 오랜 시간이 필요로 한다.

다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템의 진동형 센서와 마이크로웨이브 및 적외선 복합 센서는 고장 또는 절단 시 해당 구간(진동형 3m, 복합센서 9m)만 감지 할 수 없으며, 해당 구역의 센서장비를 교체 또는 수리하면 지체 없이 정상적인 감지가 가능하여 경계공백을 최소화 할 수 있다. 또한 각각의 센서 상태 정보를 통제시스템으로 전송하여 상태모니터링 및 신속한 장애예방과 대응이 가능하다.

설계에 적용된 레이더센서는 전방 90° 탐지 방위각을 가지고 있는 고정형 평면형 어레이를 장착하였으며, 스캐닝 빔이 없는 다중 빔 기술로 경계지역에 대한 지속적인 감지 및 실시간 목표추적이 가능하고 이를 통해 울타리로 접근하는 다수의 적을 인지하고 이동 방향 등을 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다.

군에서 운용중인 표준 울타리 상단에는 Y지지대를 이용하여 운행철조망과 가시철선이 설치되어 있다. 비인가자가 사다리와 같은 기구물을 이용하여 월책하는 경우를 대비하여 마이크로웨이브와 PIR의 복합센서를 설치하여 상단에 움직임을 확인하고 경보를 발령할 수 있도록 구성하였다. 이를 통해 울타리 상단 전체에서 비인가자의 울타리 통과에 대한 감지가 가능하도록 구성했다.

2.3 통제시스템(모니터링시스템)

통제시스템은 상황실에 설치하여 감시 및 감지시스템의 연동 및 장비들을 조정, 통제하고, 획득된 데이

터를 전송, 처리, 저장, 관리하는 핵심적인 역할을 수행한다. 상황 발생 시 실시간으로 해당 지역의 상황을 도시하여 경보를 전파하고 작전병력을 통제하여 상황을 효과적으로 조치할 수 있도록 한다. 이를 위해서는 감시시스템과 감지시스템의 정보 통합을 위한 연동이 중요하다.

감시시스템의 정보는 영상분석/개선서버로 정보를 전해져 환경적인 요인에 따른 영상을 개선하고 지능형 영상 분석 정보를 통제시스템의 메인서버로 전송된다. 감지시스템의 경우 통제시스템의 메인서버에 감지 정보를 전송하게 된다. 통제시스템의 핵심 장비인 서버는 메인서버와 백업서버로 이중화하여, 실시간 정보 동기화를 통한 시스템의 안정성을 보장하였다.

2.4 기반시설

본 논문에서 제안하는 과학화 경계시스템의 안정적 운용을 위한 전력의 가용성을 위해 UPS, 발전기, ATS를 구성하여 무중단 운용이 가능하도록 설계하였다. 한전전원 단전 시 발전기 기동전까지 UPS에서 전원공급을 하여 백업시간을 확보 하고 ATS에서 전원절체 및 발전기가 자동 작동 후 발전기를 통한 전원공급이 가능하도록 하였다. 장애 복구 후 발전기 장치는 ATS를 통해 다시 한전전원으로 공급될 수 있도록 설계하였다.

낙뢰에 의한 피해를 없애기 위한 낙뢰 방지 환경으로 직격뢰 피해 방지를 위한 방전분사형 피뢰침을 설치하고, 간접뢰/유도뢰 차단을 위한 서지보호기 및 누전차단기를 설치하였다. 또한 접지를 통한 서지의 근본적인 원인을 제거하였다.

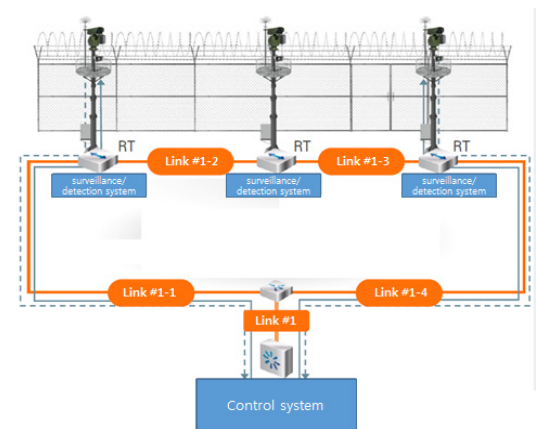


그림 6. 다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템의 링 네트워크 구축
Fig. 6. Ring network of the improved scientific boundary system

감지/감지시스템으로부터 획득된 데이터를 통제시스템으로 전송하거나 통제시스템에 의한 제어가 가능하도록 네트워크 망을 [그림 6]과 같이 구성하였다.

1Gbps의 높은 광대역 광 통신 네트워크를 설계하여 시스템 및 네트워크 상태를 모니터링, 감지/감지시스템과 통제시스템 간 탐지 및 감지 정보 자동 획득, 실시간 영상 전송 및 데이터 전송, 감지/감지 장비 원격운용 및 설정, 등과 같은 통합관리가 가능하도록 설계하였다.

구축된 네트워크는 생존성 링구조의 네트워크로 네트워크 장비 또는 선로 고장 발생 시 우회 경로를 확보하여 네트워크의 생존성을 확보하여 장애 발생 시 영향도를 최소화 하여 안정적으로 운용이 가능하도록 설계하였다.

III. 다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템의 감지 성능 시험 및 고찰

과학화 경계시스템 운영에서 감지시스템의 감지장비 신뢰도는 매우 중요한 요소이다. 감지장비의 감지율은 한국산업규격을 적용하여 90%이상으로 요구되어진다. 또한 오경보율은 군에서 요구하는 수준을 테스트베드의 크기에 비례하여 요구 성능을 정하였다. 이는 시스템 신뢰도를 판단하는 가장 중요한 요소이며 오경보율이 높을수록 운용자들에게 시스템에 대한 신뢰도를 하락 시킨다. 따라서 제안한 과학화 경계시스템의 감지시스템 센서의 성능을 확인하기 위해 성능 시험을 [표 5]와 같이 진행하였다.

표 5. 감지 성능 시험 항목 및 요구 성능
Table 5. Detection test items and required performance

sensor	test	requirement	
vibration	vibration detection	detection rate 90% ↑	korea industrial standard
vibration	cutting detection	detection rate 90% ↑	
radar	moving object detection	detection rate 90% ↑ tracking the object	
PIR + microwave	moving object detection	detection rate 90% ↑ in the area	
vibration, PIR + microwave	false alarm	0 times per month	

3.1 진동형 센서 성능 시험

진동형 센서는 울타리에 직접 부착하여 울타리의 진동 및 기울기를 감지 후 분석하여 월책 또는 절단을 구분하여 경보를 울리게 된다. [그림 6]과 같이 센서의 위치를 다르게 하여 테스트베드를 구성하여 타격시 발생하는 진동을 감지하는지를 확인하였다.

타격시험을 위해 속이 꽉차있는 길이 40cm, 직경 1.5cm 쇠막대를 이용하여 [그림 7]에 표시된 좌우상하단 위치에서 2~3cm 이격 시킨 후 각각 30회씩 타격 및 측정하였다.

타격 위치 별 진동 측정 결과 [표 6]에서와 같이 센서의 상단부분보다 하단부분의 감지가 우수하다는 것을 볼 수 있다. 3번 센서의 경우 위치적으로 철조망의 중앙에 설치하였지만 감지율이 좋지 않다. 군에서 사용중인 표준 철조망은 철조망 가운데 철제 구조물이 가로방향으로 지나가 구조로 되어있다. 3번 센서는 철제 구조물 위에 장착되어 철조망의 진동이 제대로 전달되지 않아 감지율이 떨어졌다. 센서가 상단의 진동을 감지할 수 있는 범위보다 하단의 진동을 감지할 수 있는 특성에서 4번 센서의 경우 가장 적당한 위치에 장착 한 것으로 확인하였다.

시중에서 쉽게 구할 수 있는 절단기를 이용하여 철

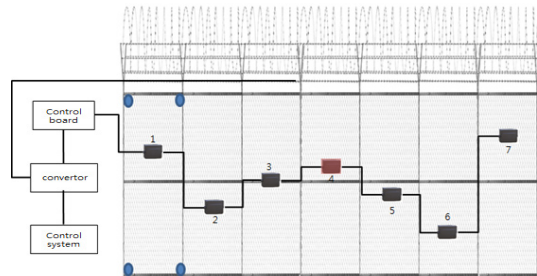


그림 7. 진동형 센서 시험 구성도
Fig. 7. Vibration sensor test configuration diagram

표 6. 타격 위치 별 감지율
Table 6. Detection rate by hit position

No. of sensor	Detection rate by hit position(%)				remark
	Left top	Right top	Left down	Right down	
1	95	93	55	55	slave
2	13	15	100	98	slave
3	46	49	52	51	slave
4	88	90	97	95	master
5	72	70	100	99	slave
6	0	0	100	100	slave
7	100	100	5	5	slave

망 절단시험을 동일한 테스트베드에서 진행하였다. 비인가자의 철조망 절단은 울타리 통과를 목적으로 하는 행위로 철조망의 상단부분을 절단하여 통과하는 일은 적 침투전술에 대한 사례집을 분석한 결과 발생 가능성이 매우 낮은 것을 확인하여 상단부분 침투는 없는 것으로 가정하고 철조망의 하단부분만을 대상으로 시험하였다.

[그림 8]과 같이 1회 절단에 대해 대부분의 센서가 감지하지 못했다. 이는 절단에 대한 진동 파형을 감지했지만 감지된 진동이 약하여 pre-알람으로 마스터 센서가 분석 후 감지센서제어기에 전송하였기 때문에 통제시스템에서 알람발생이 되지 않은 것이다. 1회 절단과 달리 연속적인 절단을 수행할수록 센서의 감지 성능은 좋아지는 것을 [그림 8]의 결과를 통해 알 수 있다. 하부 철조망에 가까이 부착된 센서 일수록 성능이 좋았다. 1번과 7번 센서의 경우 절단부분과 거리가 멀어 진동이 전달되지 않거나 전달되어도 약하게 전달되어 감지되는 횟수가 현저히 떨어졌다. 진동시험에서 가장 우수한 위치의 4번 센서 역시 절단 횟수가 많아 질수록 절단 감지가 성능이 좋아졌다. 하지만 절단에 대해서는 진동보다 감지 할 수 있는 거리가 짧다는 것을 시험결과를 통해 알 수 있다.

감지센서가 1회 절단은 감지하지 못했다. 하지만 경계시스템에 문제가 되지 않는다. 울타리 통과를 목적으로 울타리에 접근하여 절단을 실시 할 경우 최소한 20회 이상 절단을 수행해야 사람이 통과할 수 있을 만큼의 공간이 확보된다. 연속 절단 시 1회라도 감지가 되면 통제시스템으로 정보를 보내 경보를 발령시키고 감지시스템이 해당 구역을 전시하기 때문에 침투에 빠르게 대비할 수 있다

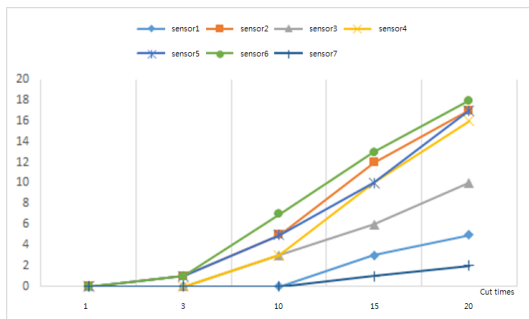


그림 8. 절단 감지 횟수
Fig 8. Number of cutting detection

3.2 레이더센서 성능 시험

사전에 울타리로 접근하는 물체에 대해 사전 경보

를 할 수 있도록 울타리의 지지대에 레이더센서를 설치하였다. 감지거리를 50m 이내로 설정하고 철조망에서 50m 떨어진 지점에서 차량과 사람을 이용하여 레이더 센서의 감지 유무로 성능을 측정하였다. 레이더 센서는 [표 7]과 같이 단일 또는 다수의 사람, 차량에 대해 100% 감지하였다. 또한 이동하는 물체에 대해서 이동경로를 도시하여 위치의 이동방향을 쉽게 확인할 수 있었다. 하지만 대략 1m/min 속도의 느린 포복으로 접근하는 경우 제대로된 감지를 하지 못하였다. 이는 이동하는 물체가 레이더 센서의 빔 방사 속도보다 느리게 접근하여 감지할 수가 없던 것으로 확인되었다.

레이더 센서는 울타리에 직접적으로 접촉하여 침투하는 비인가자를 탐지하는 목적으로 설치한 장비가 아니다. 비인가자가 일정 관리범위에서 접근 시 사전에 경고하여 상황을 미리 준비할 수 있도록 하기 위한 사전 감지의 의미로 운용되는 장비이다. 침투 교범에 따라 1m/min의 속도로 침투하기는 매우 힘들며 레이더 센서에 탐지되지 않는다고 해서 침투 행위가 자체가 성공한 것이 아니다. 위와 같은 결과를 바탕으로 레이더 센서는 사전 감지의 의미로 운용되는 것이 타당한 것으로 판단된다.

표 7. 레이더 센서 탐지 결과
Table 7. Result of radar sensor detection test

type	statment	speed	quantity	detection
man	normal gait	1km/h ↓	1	O
man		4km/h ↑	1	O
man		4km/h ↑	2	O
man		4km/h ↑	3	O
man	duck-waddle gait	1km/h ↓	1	O
man		4km/h ↑	1	O
man	crawling	slow	1	X
man		fast	1	O
vehicle	driving	10km/h ↑	1	O
vehicle		10km/h ↑	2	O
vehicle		10km/h ↑	3	O

3.3 마이크로웨이브 및 PIR 복합센서 성능 시험

마이크로웨이브 및 PIR 복합센서는 철조망의 Y지 지대에 철조망 방향과 평행하게 설치되어 울타리 상단 월책 시 비인가자를 감지할 수 있도록 설계하였다. 마이크로웨이브와 PIR 복합센서로 철조망 전방 1m이

내 접근 시 PIR이 우선적으로 감지하여 사전경보 상태가 되며 센서가 설치된 높이에 물체의 움직임이 마이크로웨이브에 감지되면 탐지정보를 통제시스템에 전송하고 통제시스템이 경보를 발령하게 된다. 기존의 마이크로웨이브 센서방식과 다르게 송수신 장비가 구분되어 있지 않다.

마이크로웨이브 및 PIR 복합센서의 성능 기준은 단위구역내에 90%이상의 탐지율이다. 따라서 마이크로웨이브 및 PIR 복합 센서의 성능 시험을 위해 접근 거리를 변경하며 감지 여부를 측정하여 단위거리 설정을 하기 위한 시험을 진행하였다.

[표 8]과 같이 9m이내 거리에서는 100% 감지를 하였다. 하지만 접근거리가 10m이상 시 PIR은 감지하지 못하고 마이크로웨이브는 감지하는 경우가 발생하였지만 90%의 탐지율을 충족하지는 못했다. 12m의 경우는 모두 감지하지 못하였다. 군에서 사용중인 표준 울타리의 경우 3m의간격으로 Y지지대가 설치된다. 위의 결과를 토대로 제안하는 과학화 경계시스템에서 마이크로웨이브 및 PIR 센서는 9m의 간격으로 Y지지대 위에 설치하여 울타리 상단 월책을 감지하도록 하면 완벽한 탐지가 가능할 것으로 판단된다.

표 8. 마이크로웨이브 및 PIR 복합센서 감지 결과
Table 8. Result of multiple sensor detection test

TYPE	detection distance				
	within 1m	within 3m	within 6m	within 9m	within 12m
PIR	O	O	O	O	X
microwave	O	O	O	O	X

3.4 다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템의 오경보 시험

감지시스템은 예상치 못한 환경조건에 의해 오경보를 발생시킬 가능성이 있다. 오경보가 많을수록 시스템의 신뢰도는 떨어지며 제대로된 감시임무를 수행할 수 없다. 설계한 과학화 경계시스템의 오경보를 시험하기 위해 환경조건인 바람, 진동, 폭우 등에 대해 [표 9]와 같이 시험을 진행하였다.

실제 운용하는 지역의 환경조건과 유사하게 구현하였다. 바람의 경우 철조망을 전체적으로 흔들리게 한다. 따라서 여러 철조망에 줄을 묶어 강한 바람이 불어 철조망 전체를 흔들리는 상황을 연출하였다. 진동의 세기가 각 철조망에 가해지는 힘이 동일하지는 않

표 9. 환경조건에 따른 오경보 시험 및 결과
Table 9. False alarm tests and results according to environmental conditions

type	false alarm conditions	test	false alarms
wind	fence shaken by wind	- all of the fence shaken with rope - all of the fence shaken with hands	NO
vibration	vibration due to aircraft, vehicle, surrounding work and people	- a man rolls around the fence within 3m - a vehicle drive around the fence within 3m	NO
rain	false alarms due to rain, showers, etc.	- spray water on entire sensors with fire hose at same time - spray water on top of the fence with fire hose	NO

아 각 센서마다 차이가 있었지만 들어오는 센서의 정보를 분석하여 pre-알람만 발생시켰다.

진동의 환경조건을 만들기 위해 철조망 근처에서 사람이 달리거나 발을 구르기, 차량 이동, 작업(쇠말뚝, 삽질) 등을 이용하여 철조망에 진동을 가해봤지만 그 힘이 미약하여 pre-알람조차 나오지 않았다.

폭우의 환경조건을 만들기 위해 소방호수를 이용하여 상부에 물을 뿌렸다. 소나기와 같이 강력하게 물을 뿌렸지만 pre-알람조차 올라오지 않았다.

IV. 결 론

오경보 및 오탐을 줄이고 근접, 침투와 같은 상황을 실시간으로 확인하고 효과적으로 차단할 수 있는 다중 복합 센서를 이용한 과학화 경계시스템을 설계 하였다. 또한 다중 복합 센서를 이용한 과학화 경계시스템에서 적용된 진동형 센서의 성능 시험을 실시하여 적절한 위치와 감지 성능을 확인하였고, 마이크로웨이브 및 PIR 복합 센서, 레이더 센서의 성능시험을 진행 하였다. 현재 군에 설치되어 운용중인 과학화 경계시스템에는 없는 침투를 목적으로 다가오는 적을 사전에 탐지할 수 있는 레이더 센서와 울타리에 접촉하여 탐지할 수 있는 진동형 센서 및 마이크로웨이브 및 PIR 복합센서를 이용하여 울타리 전반에 걸쳐 다중적인 감지가 가능하도록 설계하였다.

현재 운용중인 GOP과학화 경계시스템은 광망 컨트롤러 및 광통신 변환기로 구성되어 있고 하나의 광

케이블을 이용하여 폐쇄루프 구조를 만들어 철조망에 설치한다. 설치된 광망컨트롤러에서 광망의 폐쇄루프에 적외선 광신호를 입사하여 폐쇄루프를 통과하여 수신되는 광신호의 단절 및 변화를 감지하여 통제시스템에 경보를 전송하게 된다. 따라서 광망 1개가 절단 또는 고장되면 최단 50m에서 최장 200m 길이의 구간이 감지가 되질 않으며 광케이블 수리 시 많은 시간이 소요된다. 하지만 본 논문에서 제안하는 다중 복합센서를 이용한 과학화 경계시스템은 절단 또는 고장으로 인해 감지가 불능인 해당 구간만 감지가 되지 않으며 고장관련 알람을 통제시스템에 통보하고 해당 센서의 수리 및 교체하면 바로 감지 임무를 수행이 가능하다. 이는 유지보수 측면에서 월등한 성능으로 경제 공백을 최소화 할 수 있는 효과를 지닌다.

감시시스템은 기존 시스템은 영상 전송 및 추적에 국한되어 운용자가 전송된 영상을 보고 상황을 판단하고 경보를 발령했다. 본 논문에서 설계한 과학화 경계시스템은 지능형 영상분석을 이용하여 배회, 침투, 유기, 방화/폭발, 싸움, 이상징후 등의 상황을 자체분석이 가능하여 상황발생 시 경보를 발생 시킬 수 있다. 이는 경계작전에서 신속한 상황대처 및 전파가 가능하다. 또한 영상 개선 기능을 적용하여 안개와 강우와 같은 열악한 환경에서도 감시 및 상황인지가 가능하도록 설계하였다.

본 논문에서 설계한 과학화 경계시스템은 현재 군에서 운용중인 과학화 경계시스템보다 적은 비용으로 설치와 유지보수가 가능하며 장비고장에 따른 경제공백을 최소화 할 수 있으며, 지능형 영상분석을 적용하여 감시시스템에서 분석하여 통제시스템의 운용자에게 경보 정보를 빠르게 전달 할 수 있다. 하지만 통제시스템 및 기반시설에 대한 부분은 기존시스템과 동일하다. 아무리 감지, 감시의 성능이 우수해도 통제시스템으로 전송을 하지 못하면 제대로 된 통제 및 관리, 운용을 할 수가 없다. 생존성 향상을 위해 링 네트워크 구조를 택했지만 유선이 단절될 시 자동으로 무선망에 접속하여 데이터를 통제시스템에 끊임없이 송수신할 수 있는 방안을 추후 고려하여야 한다

References

[1] C.-W. Choi, T.-S. Song, and J.-H. Eom, "A study on operation scheme of unmanned security system using scientific equipment," *J. Secur. Eng.*, vol. 9, no. 3, pp. 209-217, 2012.

[2] S. H. Sin and J. H. Kim, "A study on

improving military border security system applied with the deep learning algorithm," *KICS Autumn Conf.*, pp. 365-366, Nov. 2017.

[3] "Defense and military facilities standards design criteria for facilities security facilities," Ministry of national Defense, Jul. 2013.

[4] J.-Y. Kim, "Wired and wireless dualization algorithm for tension sensing smart fence system," *J. KIICE*, vol. 19, no. 5, pp. 1071-1076, 2015.

[5] C. Y. Jeong and J. W. Han, "Technical trends of abnormal event detection in video analytics," *ETRI Electron. and Telecommun. Trends*, vol. 27, no. 4, pp. 114-122, 2012.

[6] The DONG-A ILBO Article "₩170 billion GOP boundary system, more than one day broken," Oct. 2017.

[7] Defense Agency for Technology and Quality, "Journal of the Defense Science & Technology Infomation," Jan.-Feb. 2016.

[8] J. H. Jang, H. J. Moon, and C. J. Lee, "The usage intention of combined guard system : Focusing of GOP scientific guard system," *The J. Inf. Syst.*, vol. 19, no. 4, pp. 183-206, Dec. 2010.

문 승 진 (SEUNGJIN MOON)



2009년 2월 : 광운대학교 전과
공학과 졸업
2011년 2월 : 광운대학교 전과
공학과 석사
2011년 1월~현재 : 한화시스템
선임

<관심분야> 전술통신, 네트워크, 정보통신

조 원 준 (WONJUN CHO)



2002년 2월 : 경기대학교 전자
계산학 졸업
2009년 6월 : 육군 전산장교 전
역
2009년 8월~현재 : 한화시스템
전문

<관심분야> 전술통신, C4I 체계, 네트워크