



Detecting Shell Crater Based on Image Processing and Its Cloud Based Management System

Chang-Hee Cho¹, Jin-Sul Kim², Sang-Joon Lee^{*3}

¹Xisom Company

²School of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

³School of Business Administration, Chonnam National University

ABSTRACT

Information Technology is played an important role for improving soldier capability like shooting practice in case of national defense field. To develop automative system for detecting and measuring shell crater and its management system, a low cost image processing system and Cloud computing system were applied in this paper. The image processing system was made by using general hardware and open source, OpenCV, and it could be removed noise in input processing by using infrared rays camera and infrared rays light source. And Arduino open source hardware and software was used for calculation collision time between target and projectile. The management system of detected data was developed, analyzed and tested for individual shooting skills data by using a cloud-based Web. The performance of proposed system was proved by measurement accuracy, measurement time and retrieved time, and comparison with other systems. This system is expected to be utilized in many IT areas as defense research. And it can be expected to upgrade defense system by low cost because it consists with general hardware and open source.

© 2017 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Soldier shooting practice, Open CV, Arduino, Cloud computing

ARTICLE INFO: Received 2 December 2016, Revised 23 January 2017, Accepted 10 February 2017.

1. 서론

오늘날 국방 과학은 광범위한 학문분야이며, IT 기술을 도입함으로써 국방력을 향상시키는 역할을 하고 있다. 국방 IT는 재료 설계, 측정, 분석학 및

*Corresponding author is with school of business administration, Chonnam National University, 77, Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 61186, KOREA.

E-mail address: s-lee@chonnam.ac.kr

빅 데이터와 웨어러블 기술 적용으로 많은 성과를 도출하고 있으며 하나의 새로운 학문으로 등장하게 되었다. 예를 들면, 사격 훈련에 따른 탄흔의 객체 영상을 분석하여 타겟 지점을 정밀 측정하는 방법과, 언제 어디서든지 사격 결과 데이터를 실시간으로 관리 할 수 있는 연구가 필요한 시점이다.

총알과 같은 이동 객체의 실시간 탐지 및 객체 궤적을 생성하기 위하여 비디오를 활용한 추적 기술이 연구되었다[1]. 이 연구에서는 배경을 배제한 객체 궤적을 구성하기 위해 자율적인 통계 학습 기술을 사용하였다. 다중 카메라에서 바라보는 시각 특유의 궤적에 대한 내용은 보정기술(calibration technique)과 현장좌표계 (coordinate system)를 포함하여 기술하였다. 이러한 방법은 평탄한 지형에서 이동 객체를 관찰함으로써 카메라 시각이 겹치게 되는 상대적인 외부정향(exterior orientation)을 자동으로 결정하게 하였다. 공중에서 이동하는 객체 움직임을 보정한 후 독립 객체를 찾기 위해 일반적 이미지 흐름을 추적하고 이동하는 객체의 비디오 시퀀스를 이용하여 찾고자 하는 객체를 탐지하고 추적하는 방안도 제안되었다[2].

다양한 장비를 이용하여 객체의 빠른 움직임을 탐지하고 있는 또 다른 논문에서는 효율적 탐지를 위하여, 적외선, 초음파, 레이더, 카메라 등 다양한 방법을 고려하였다[3][4]. 적외선 센서와 초음파 센서를 이용한 장비는 실제 표적에서 반사되어 나오는 초음파 반사량과 적외선 광량을 이용하여 측정하지만, 반사가 되지 않을 경우 측정하기 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 최근 유속 레이더를 이용한 객체 탐지 기술이 있지만, 아직 연구 단계에 있으며, 작은 객체에 대해서는 탐지가 어려운 단점을 가지고 있다. 또한 다른 장비와 비교했을 때 가격이 매우 비싼 편이다. 특히 햇빛, 비, 눈 등 자연환경의 영향을 크게 받는 실외 사격은 실내 사격보다 많은 부분을 고려해야 한다.

본 논문에서는 이러한 자연환경의 변화를 고려한 자동표적 평가 및 관리 시스템을 개발하였다. 기존 사격 평가시스템은 “측정관리자” 역할을 하는 스포터나 슈터가 사격 후 타겟 위치를 확인하기 위해 사격을 중단하고 스팟팅 스코프(spottting scope)를 이용하여 위치를 확인해야 한다. 이런 기존 시스템은 매번 표적 위치를 파악하는데 불편함이 있으며, 상당한 시간이 소요된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 많은 응용기기가 개발되고 있지만, 데이터를 공유할 수 없거나 고가의 장비로 인하여 일반인이 쉽게 접할 수 없다. 현재는 이런 시스템은 정확성 측면에서 오차가 많으며, 측정값이 표시되기까지 최소 5초 이상이 걸리는 실정이다.

자동화된 표적평가 시스템을 구축하기 위하여, 본 논문에서는 객체를 탐지하기 위해 이미지 프로세싱 방법을 이용한다. 이 방법은 타겟에 표시된 탄흔을 이용하여 위치를 검출하기 위하여, 슈터가 좌표를 빠르게 탐지 할 수 있도록 카메라의 타격 전·후의 프레임 변화를 비교하며, 프레임간의 차이를 토대로 표적의 위치를 검출하며, 컴퓨터를 통해 표적 위치표시와 표적 표면에 부딪치는 이미지를 나타낸다.

일반적으로 사격 훈련 결과는 분실되거나 기존의 있는 자료를 활용하지 못하는 경우가 대부분이었다. 사격 훈련 결과물을 입력하고 관리하기 위해서 본 논문에서는 클라우드 기반의 웹을 통한 사격 타겟 관리 시스템 구성을 연구 하였다. 사격 타겟을 통해 나온 결과물을 각각의 서버에 저장함으로써 보다 쉽게 데이터를 관리하고, 조직별 또는 개개인의 훈련 데이터를 분석하고 관리하기 용이한 시스템을 구성하였다.

2. 관련 연구

2.1 사격 측정 시스템

현재 사격 측정을 위해 4가지 방식을 사용하고 있다. 이들은 이중층 전극 단락 샘플링(Double-layer electrode short-circuit sampling) 방법, 레이저 다이오드 배열(Laser diode array) 방법, 사운드 포지셔닝(Sound positioning) 방법, 이미지 프로세싱(Image processing) 방법이 있다[5].

이중층 전극 단락 샘플링 방법은 리포팅 속도가 매우 느리고 라운드형이나 샷헤드 피스톨에는 적용하기 어렵다. 또한 총알이 긴 제품에 대해서는 리포팅 속도가 느린 편이며 예광탄(tracer bullet)은 측정하기 어렵다.

레이저 다이오드 배열 방법은 레이저 다이오드와 수신관이 일렬로 위치해 있으며, 총알이 통과할 때 레이저 수신회로와 발광 다이오드 레이저(diode-emitted laser) 간의 신호가 일시적으로 차단되는 부분을 이용하여 총알의 위치를 찾게 된다. 이 시스템은 표적 종이 없이 사용할 수 있지만, 작은 객체 탐색 및 정확도를 위해서 직경이 작은 레이저 다이오드를 사용하여야 하고 수신부 역시 촘촘히 배열되어야 표적의 정확도를 높일 수 있다. 일반적인 레이저 다이오드를 이용한 배열방식으로 표적의 정확도가 낮아 사용하기 어렵다.

이미지 프로세싱(Image processing) 방법은 표적 표면상의 총알의 이미지를 분석함으로써 관통된 탄흔의 위치를 찾는다. 이론적으로 이 방법은 사운드 포지셔닝 보다는 정확하다. 이 시스템은 수백만 화소의 카메라를 이용하기 때문에 비용을 낮춘다면, 광범위하게 사용될 수 있다. 하지만 이미지 프로세싱은 주변 환경의 영향을 많이 받는다. 태양의 위치에 따른 광량과 카메라의 성능이 가장 큰 변수이며 이를 해결하기 위한 객체추적 알고리즘이 필요하다.

2.2 객체 추적

객체 추적(Object tracking)은 일상생활에서 다양한 시스템에 적용되어 중요한 역할을 하고 있기 때문에 수많은 알고리즘과 연구개발이 이루어지고 있다. Beyan의 연구에서는 객체 추적 알고리즘(object tracking algorithm) 및 평균-이동 프레임워크(mean-shift framework)를 사용하였다[6].

Zhu의 연구에서는 객체를 추적하기 위해 칼만 필터 알고리즘(Kalman filter algorithm)과 Bhattacharyya 계수를 사용하여 노이즈 추적을 하였다[7]. Xia의 연구에서는 분산기법(segmentation method) 및 탐지기법을 사용하여, 해당 그림의 특징 점을 검출하고, 검출한 데이터와 추적 알고리즘을 통해서 특징을 추출하였다[8]. 비디오 프로세싱(video processing)를 사용하는 실시간 탐지 방법은 처리상의 많은 문제점이 있다[9]. Chen은 사람이 있는 영역을 탐지하기 위해 실시간으로 TOF 카메라를 통해 얻은 정보를 토대로 유사성이 얼마나 있는지를 나타낼 수 있는 연구를 수행하였다[10]. Bertozzi는 한밤중에 고정식 카메라를 통과하는 차량에 대하여 이미지를 추적하는 방법과 분석 및 탐지기법을 사용함으로써 차량 헤드라이트의 헤드라이트 불빛을 확인하는 알고리즘을 제안하였다[11]. Prakash 연구에서는 첨단 운전자 보조시스템(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)에 대하여 소개하였는데, 차량이 터널을 통과할 때 그 변화에 따라 카메라를 백색 또는 흑색으로 표시함으로써 시야를 보호할 수 있으며, ADAS적용 차량은 용도에 따라 배경 프로세스를 지원할 수 있었다[12]. Prasanna 연구에서는 서명위조, 모조품 탐지와 화폐 위조를 검출하기 위해 퍼지로지컬 인공신경회로망 로직을 이용한 기술을 적용하였다[13]. Gerschuni 연구에서는 영상을 사용하여, 도로의 군

열, 교량 바닥의 균열 등을 추출하는 방법을 제안하였다. 이는 통계적 추론 알고리즘 및 고품질의 이미지와 트레이닝, 이미지 특징 추출방법을 사용하였다[14]. Rautaray 연구에서는 컴퓨터 영상기기를 사용하여, 지능형 교통 시스템 버스를 탐지하는데 확률론적 모델링 기법을 기반으로 이동 객체를 효과적으로 탐지하였다[15]. Sun은 탐지, 추적 및 초점 조정을 위한 시각기법을 사용하여 손동작을 통한 제스처를 인식하는 방법을 제시하였고, 이러한 시스템은 HCI분야의 많은 영향을 주었다[16]. Ebbesen은 야간용 적외선 카메라를 사용하여 차량이 실시간으로 보행자를 탐지하는 것을 보여주었다[17].

Bae의 연구에서는 하늘에 있는 소형 객체를 양방향 필터를 이용하여 탐지할 수 있는 기술을 제안하였으며[18], Weng의 연구에서는 공중에서 이동하는 표적을 탐지하는 기술을 제안하였다. 이 기술은 기상상태와 표적 상태를 분류하는 퍼지 시스템에 적용될 수 있으며, 칼만 필터(Kalman filter)를 사용하여 표적의 위치를 예측하여 90%의 높은 정확도를 가지고 있다[19]. Kim의 연구에서는 표적과 2진 근접 위치 간 경로에 대하여 최고중량을 할당함으로써 이를 이용한 추적방법을 설명하였다[20]. Shrivastava는 바이너리 센서(binary sensor) OCCAMTRACK 알고리즘, 미립자 필터 알고리즘과 기하학적 후처리의 정격부분을 통해서 균등하게 얻은 정보를 기반으로 이원분포(binary distribution), 근접센서(proximity sensor)와 선형 경로(linear trajectory)를 이용하여 표적을 추적하였다[21]. Zizka 연구에서는 레이저를 이용하여, 객체 추적 및 인간과 컴퓨터 상호 작용에 적용할 수 있는 새로운 모션감지 기법을 사용하였다[22]. 이러한 기법은 환경설정이 빠르면서 정확하고 매우 콤팩트하여, 저비용을 실현할 수 있다. Shan은 시중에서 이용할 수 있는 기기 사용 시 타당성에 관하여 연구하였다[23]. Eisenhardt는 소규모부터 하위 소규모

의 위치 측정과 제어를 위한 저비용 IR 반사형 센서 및 적외선 카메라에 대해 조사하였다[24].

대체적으로 센서 시스템은 객체가 이동하는 경로에 가능한 한 떨어져 있어야 한다. 또한 발사체에 대한 객체의 속도를 제한하더라도, 사용하는 장소 및 화기와 발사체가 무엇인지에 따라 그 인식 속도가 달라지는 단점이 있다.

3. 영상처리 기반 탄흔 탐지 시스템

3.1 객체 추적

본 논문에서는 <그림 1>과 같은 동작 흐름도에 따라, 발사체가 표적에 맞을 때부터 발사체 위치 탐지 및 표적에 위치를 표기하기까지 순서적으로 동작한다.

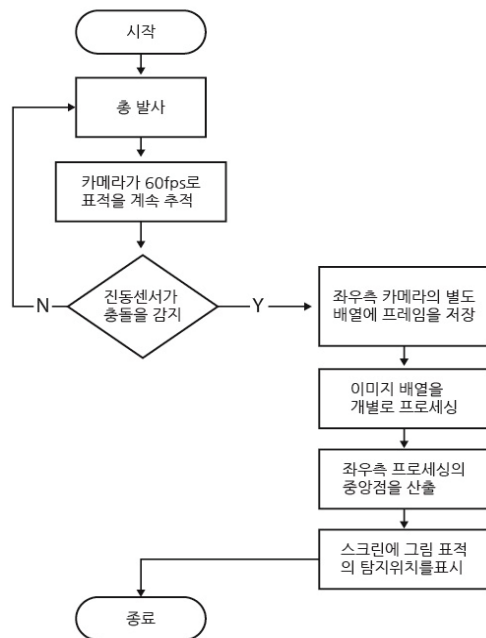


그림 1. 탄흔 검출 시스템의 프레임 포착 순서도
Figure 1. Flow Chart of Detecting Shell Crater

사격결과를 확인하기 위해서는 일반적으로 표적을 측정자 앞으로 잡아당겨서 대충 수선한 다음 마커(marker)로 그 타겟 위치 부분을 표시하는 방법을 사용했다. 하지만 이러한 방법은 많은 시간이 소요되기 때문에 이를 해결하고자 타겟 측정 자동화 시스템을 개발하였다.

본 논문에서는 정확한 타겟의 위치를 파악하기 위해 2대의 카메라를 사용하였으며, 발사체가 표적의 맞았을 때를 기준으로 총을 쏘기 전과 총을 쏜 후의 영상을 추출한다. 정확한 타겟 위치를 측정하기 위해서 진동센서를 사용 하였으며 센서를 이용하여 타겟의 시작점을 파악하였다. 이 후 추출한 영상을 기반으로 타겟의 위치를 분석한다. 따라서 센서와 카메라 이 두 가지 장치를 함께 이용함으로써 개발한 시스템의 에러율을 최소화 시켰다.

타겟의 위치를 파악하기 위해 사용되는 카메라는 여러 종류가 있지만, 고해상도 카메라는 매우 비싼 편이다. 일반적으로 카메라는 가시광선을 이용하기 때문에 표적의 발사체 위치를 정확하게 측정하기 위해서는 반드시 표적을 환하게 비춰야 한다. 하지만 밝은 표적으로 인하여, 참가자 및 시험관에게 불편을 줄 수 있다. 일반적으로 한 대의 카메라를 사용하면, 표적을 바라보는 두 대 이상의 추적 카메라보다 더 많은 에러가 발생하게 된다. 따라서 에러율을 최소화하기 위해서 적외선 카메라를 2대를 이용하였다.

제안된 시스템은 <그림 2>와 같은 구조로서 표적 하단부에 광 트랜지스터가 배열되어 있다. 이 하단부에 표적을 똑바로 바라보는 2대의 적외선 카메라를 설치하였다. 발사체가 표적에 부딪히게 되면, 광 트랜지스터에서 방출된 빛에 의해 밝게 비춰지는 구멍이 만들어질 것이다. 이러한 구멍을 기준으로 컴퓨터 프로그램이 총알의 위치를 탐지할 수 있다.

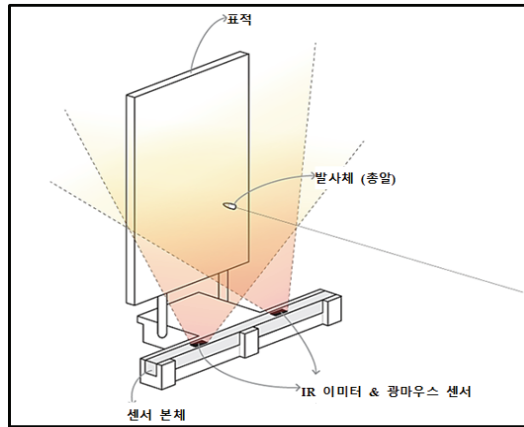


그림 2. 사격 시스템 구조
Figure 2. Shooting Practice System

총알 크로노그래프(bullet chronograph)가 작동하는 방식은 광 트랜지스터나 광 다이오드와 같은 적외선 또는 가시광선 광 검출기를 사용하며, 확산된 밝은 배경을 가진 조리개(aperture)를 통해 빛의 세기의 순간적 변화를 측정한다. 본 논문에서는 각 축에 따라 배열된 광 검출기를 이용하여 각각의 광 검출기를 통해 발사체가 표적을 가로질러 통과하는 위치를 산정할 수 있었다. 또한 적외선 카메라를 통해 어느 좌표에 발사체가 통과하였는지 컴퓨터를 통해 인쇄된 부분을 표시 할 수 있었으며, 시스템을 통해 위치를 보정할 수 있다. 이때 비전 알고리즘과 Arduino를 사용하여 표적의 위치를 파악할 수 있다.

적외선 카메라를 이용한 발사체의 위치탐지 방법은 <그림 3>과 같다. 특정 발사체 표적 위치 탐지를 위해 광 트랜지스터에서 방출되는 빛 속에서 2대의 적외선 카메라를 이용하여 표적의 표시된 발사체 구멍을 기준으로 서로 교차하는 위치의 각도를 계산하여, 표적의 위치를 탐지한다. 이는 사람이 눈으로 어떤 물체의 위치를 감지하는 것과 같은 원리와 비슷하다.

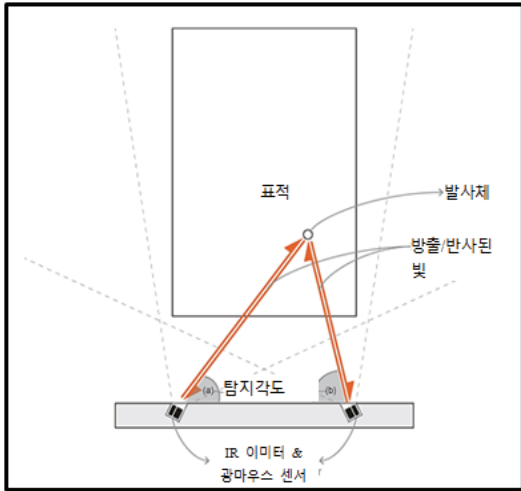


그림 3. 적외선 카메라를 이용한 탄흔 탐지 방법
Figure 3. Detecting Shell Crater by using infrared rays camera

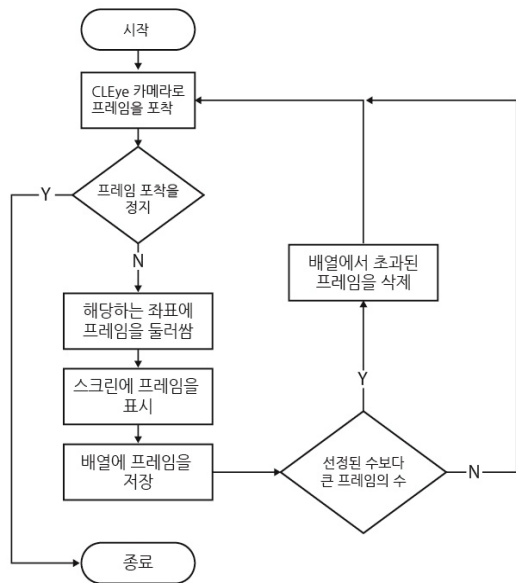


그림 4. 탄흔 검출 시스템의 프레임 포착 순서도
Figure 4. Flow Chart of Detecting Shell Crater

본 논문에서는 이미지 프로세싱을 이용하여 타겟의 위치를 파악한다. 이때 발사체가 표적을 통과하였을 때를 기준으로 2개의 이미지를 비교하고 상호 편차를 찾아서 표적 위치를 찾는다. 하지만

이러한 방법은 주변 환경에 따른 노이즈 및 저해상도 카메라를 이용하여 위치를 찾는 것은 쉽지 않다.

〈그림 4〉는 카메라에서 얻은 순차적 이미지를 지정된 수 만큼의 배열에 저장하는 순서도이다. 이미지 프로세싱을 하기 위한 기초 영상 정보를 얻는 방식으로 여기에 오픈소스 소프트웨어 OpenCV를 활용하여 이미지 프로세싱을 처리 하였다.

3.2 시스템 구성 및 개발 환경

발사체의 위치를 측정하기 위해서는 적외선 카메라 2대가 필요하여 Sony eyes (IR camera)를 사용하였다. 빛의 스펙트럼을 고려해 볼 때 열화상 카메라(적외선 카메라 또는 열 영상 카메라라고도 한다)는 가시광선을 사용하여 이미지를 형성하는 일반 카메라와 유사하게 적외선 영역만을 사용하여 이미지를 형성하는 장치이다. 가시광선 카메라의 400~700nm 범위 대신 적외선 카메라는 14,000 nm (14 μm) 만큼 긴 파장으로 작동한다. 빨간 스펙트럼 안에서 파장이 850nm인 적외선 송신기 (Infrared Transmitter)가 IR 카메라의 뷰(view)를 통해 표적(target)을 비춘다. 2대의 Led 컨트롤러와 1대의 증폭기로 실내에서 표적의 밝기를 조절하도록 한다. 또한 발사체와 표적 간의 충돌을 탐지하기 위해 압전 센서와 Arduino Uno를 사용한다. 압전센서(Piezoelectric sensor)는 특정한 압력이 전기 신호로 변환되면서 압력과 가속도, 온도, 변형율, 힘의 변화를 측정할 수 있는 장치이다. 본 논문에서 시스템을 구성하기 위해 사용한 하드웨어는 〈표 1〉과 같다.

OpenCV는 C 또는 C++ 언어기반으로 구성되어 있으며, 주요 인터페이스는 이미지 프로세싱을 위한 C++언어로 제공된다. 따라서 제어 기능뿐만 아니라 카메라, 진동 센서 등과 같은 주변기기들로부터

터 데이터를 판독하며, 실시간으로 빠른 시간 안에 표적 시스템 목적을 달성하기 위한 우수한 이미지 프로세싱 기능을 활용할 수 있다[25][26].

표 1. 하드웨어 구성
Table 1. Hardware Components

| 유형 | 수량 |
|--------------------------|---------------|
| IR CAM (Sony eyes 카메라) | 2 개 |
| IR 송신기 850nm (KID05BW85) | 144×8=1,152 개 |
| LED 컨트롤러 | 2 개 |
| Arduino Uno | 1 개 |
| Piezo Sensor | 2 개 |

CL-Eye 멀티캠 C++ API는 고성능 축적과 컴퓨터 비전을 포함한 다양한 애플리케이션으로 사용자에게 다수의 카메라 지원을 제공한다. CL-Eye Platform SDK의 가장 최신 버전에는 시스템 각각의 카메라를 개인적이고 독립적으로 생성 및 통제할 수 있는 기능을 제공하며, 업데이트된 CL-Eye 멀티캠 API가 포함되어 있다. 프레임워크 (framework)는 모듈 방식으로 조립하여 제작된다.

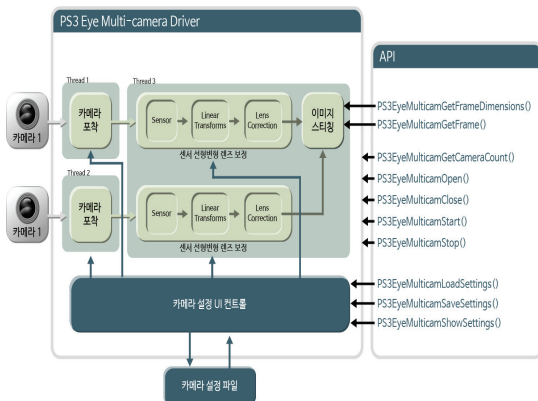


그림 5. PS3 Eye의 카메라 드라이버 내부 기능 구조
Figure 5. Internal Structure of PS3 Eye Camera Driver

CL-Eye 멀티캠은 다른 프로그래밍 언어의 사용과 이식이 용이하도록 simple C 타입의 API를 제공한다. <그림 5>는 API에 대한 기능 개요를 나타낸다.

Arduino는 오픈소스 컴퓨터 하드웨어/소프트웨어로, 객체를 탐지, 통제할 수 있는 디지털 디바이스와 인터랙티브 객체를 구축하기 위한 마이크로 컨트롤러(Micro Controller)를 내장한 기기 제어용 기판이다. Arduino는 다양한 확장 보드나 다른 회로와 연계 시킬 수 있는 디지털 및 아날로그 신호 입출력 포트 세트를 제공한다. 보드는 개인용 컴퓨터로부터 프로그램을 업로드 시키기 위해 USB 방식의 Com포트를 이용한 직렬 통신 인터페이스를 제공한다. 본 논문에서는 <그림 6>과 같은 개발환경 플랫폼을 이용하여 ATmega기반의 마이크로 컨트롤러에 C또는 C++ 프로그램 언어를 업로드하는 개발환경을 사용하였다.

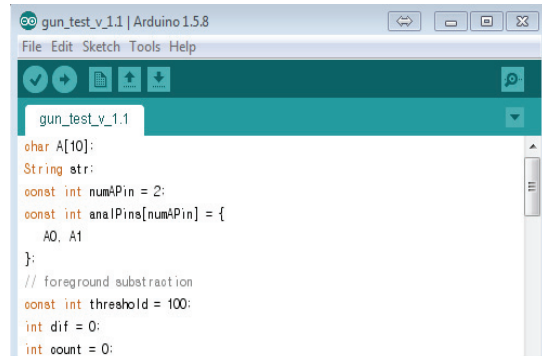


그림 6. Arduino 통합개발환경
Figure 6. Arduino IDE

본 논문의 구현을 위해 프레임 이벤트(frame event)로 발사체를 측정하고, 진동센서에서 탐지 데이터를 읽어올 수 있도록 Arduino UNO를 사용하였다. “스케치” Arduino 소프트웨어를 사용하여 마이크로컨트롤러의 보드를 사용할 수 있도록 입출력 포트를 설정프로그램을 업로드 하였다.

3.3. 클라우드 기반 관리시스템

본 논문에서는 사격 결과 관리와 사격 운용에 관련된 데이터를 위해 클라우드[27, 28] 기반의 서버관리 시스템을 이용함으로써 다양한 지역에 위치한 사격장의 데이터들을 분석 및 관리 할 수 있는 시스템을 구축하였다. 본 논문에서 제안하는 클라우드 기반 관리 시스템의 전체적인 구조는 <그림 7>과 같다.

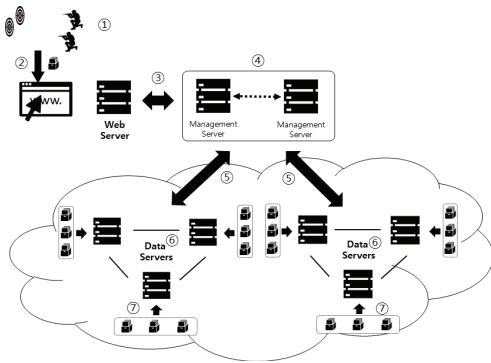


그림 7. 클라우드 기반 관리시스템 구조
Figure 7. Architecture of Cloud Based Management System

클라우드 기반 관리 시스템 구조는 웹서버(Web server, Management server, Data server)들로 구성되어 있다. 사용자 및 사격 타겟 관련 데이터는 웹서버를 통해 검색 및 데이터 업로드가 가능하다. 이는 사용자의 접근성을 높이기 위해 일반적으로 많이 사용하는 웹기반으로 데이터를 접근 할 수 있도록 한다. 웹서버는 사용자가 요청하는 데이터를 실제 관리 및 처리를 하는 서버로써, 다양한 데이터 서버들의 데이터를 제어하는 역할을 한다. 주서버와 보조서버로 나뉘지는데 상황에 따라서 보조서버가 주 서버로 자동 변환된다. 사격 타겟 관련 데이터는 분류별로 서버에 나눠서 저장되며, 중복체크를 하기 때문에 빠른 데이터 검색 및 처리가 가능하다.

4. 실험 결과 및 평가

4.1 탄흔 검출 시스템 성능

개발된 시스템의 시험을 위해 <그림 8>과 같이 광 트랜지스터(IR 수신부)와 적외선 카메라를 부착한 검출시스템을 사용하였다. 1회에 한 발씩 쏘는 장난감 총으로 BB탄을 사용했으며, 발사체가 표적을 통과할 때 탄흔을 검출하였다.

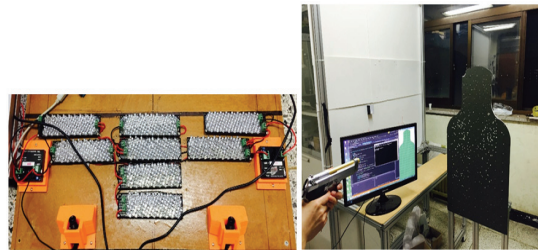


그림 8. 탄흔 검출 시스템
Figure 8. Detection System for Shell Crater

실험은 실내와 실외에서 실시하였으며, 표적의 위치를 파악하기 위해서는 광 트랜지스터를 반드시 켜야 한다. 실내 실험은 태양광에 따른 노이즈로 인하여 실외 시스템 보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있다. 태양광에는 폭넓은 스펙트럼을 포함하고 있기 때문에 이러한 노이즈로 인하여 표적의 위치가 제대로 탐지가 되지 않는 오류가 발생할 수 있다. 하지만 이와 같은 비정상적으로 발생한 구멍을 이전 프레임들과 비교를 함으로써 오류로 인한 측정값을 최소한으로 줄였다.

성능 평가를 위해, 실행 횟수에 따른 오류 범위를 측정 하였으며, 실험결과 <표 2>와 같은 결과 값을 도출할 수 있었다. 오류범위가 약 20mm에 가깝지만, 실내 및 실외 모두 다 사용할 수 있다는 점에서 큰 오차가 아닌 것으로 평가되었다.

표 2. 내부 표적 시스템에서의 오류 측정
Table 2. Error Range of Target System

| 실행횟수 | 오류범위(mm) |
|-------|----------|
| 10 회 | 약 18.4mm |
| 50 회 | 약 22.3mm |
| 100 회 | 약 21.5mm |

표적 결과를 추출하는데 소요되는 시간을 <표 3>과 같이 측정하였다. 초기에는 메모리에 데이터를 적재 및 저장할 시간이 필요하기 때문에, 시작 시간이 다소 걸렸다. 하지만 3회 이후부터는 인식하는 시간이 빨라진다는 결과를 얻을 수 있었으며, 평균 700~800ms의 측정시간이 소요됨을 확인할 수 있었다.

표 3. 표적 측정 시간
Table 3. Measurement Time of Shell Crater

| 시도 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 평균 (밀리초) |
|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 1 | 3120 | 554 | 700 | 574 | 458 | 494 | 474 | 529 | 415 | 473 | 779.10 |
| 2 | 2912 | 418 | 563 | 587 | 525 | 447 | 461 | 489 | 458 | 472 | 733.20 |
| 3 | 3288 | 598 | 541 | 468 | 475 | 506 | 480 | 528 | 467 | 452 | 780.30 |

4.2 클라우드 기반 데이터 검색 성능

본 논문에서는 사격 결과 데이터를 효율적으로 관리 및 원하는 데이터를 빠르게 검색하기 위하여, 큐잉모델을 이용한 성능분석 및 클라우드 기반의 실험을 진행하였다. 또한 사용자가 데이터를 요청할 때 빠르게 데이터를 검색하는지 여부도 실험을 통해 확인 하였다.

본 테스트는 사용자가 데이터를 요청하였을 때 순수 데이터를 검색하는 부분만을 테스트 진행을 하였으며, 비교 분석 처리와 관련한 기능은 테스트에 포함하지 않았다. <그림 9>와 같이 각각의 데이

터를 100, 1000, 10000, 50000, 100000개씩 각각 테스트를 실시하였다.

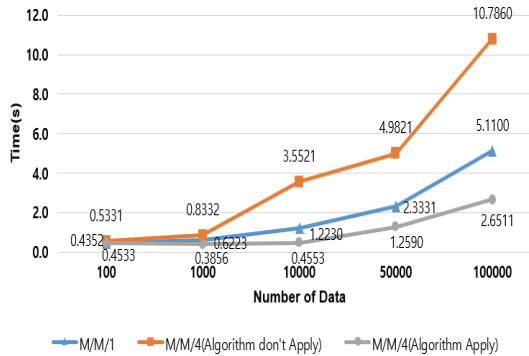


그림 9. Queueing Model을 적용한 성능분석
Figure 9. Performance Evaluation by Queueing Model

M/M/1은 서버 한 개를 사용하였을 때를 뜻하며 데이터가 작을 때는 빠른 속도를 보여주지만 데이터가 점점 많아 질 경우 속도가 점차 늘어나는 것을 확인 할 수 있다. 또한 서버가 한 개이기 때문에 사용률이 많아 질 경우 데이터가 더 느려질 수 있다는 단점도 가지고 있다. M/M/4는 4개의 서버를 사용하였을 때를 뜻하며, 첫 번째 알고리즘을 적용하지 않았을 때의 서버는 사용자가 데이터를 요청하였을 때 4개의 서버를 전체 검색을 해야 되기 때문에 그 만큼 많은 소요시간이 필요하다는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 알고리즘을 적용한 M/M/4는 각각의 데이터들이 중복이 되어 있지 않고, 인덱스별로 데이터가 분류되어 있기 때문에 보다 빠르게 데이터를 검색할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 따라서 이를 바탕으로 실제 데이터 검색을 실시하였다. <그림 10>과 같이 실제 데이터를 요청하였을 때 검색을 하는 실험을 실시하였다. 리눅스 기반의 서버들에 데이터가 존재 하고, 서로 다른 네트워크에 위치한 서버들을 이용하여 테스트를 실시하였다.

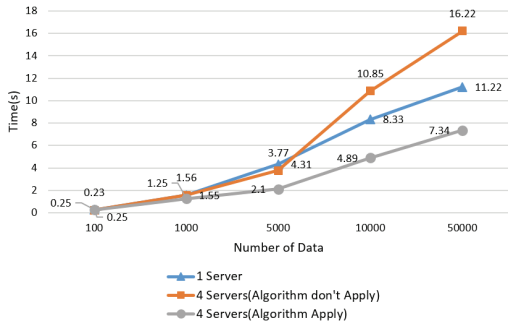


그림 10. 서버 개수에 따른 검색속도 테스트
Figure 10. Retrieval Speed Test by Number of Server

서버 개수에 따른 검색속도는 <그림 10>과 같이 <그림 9> 그래프와 모양이 비슷하다는 것을 알 수 있다. 하지만 전반적으로는 시간이 늘어났다는 것을 확인 할 수 있는데 이는 서버가 가까운 곳에서 테스트를 하였을 때는 <그림 9>와 속도가 비슷하게 나오지만 거리가 멀리 떨어져 있는 경우에는 많은 소요시간이 필요하기 때문에 여러 테스트를 한 후 평균적인 값을 이용하여 결과를 도출하였다.

알고리즘을 적용하지 않은 서버 4개의 경우에 검색 테스트를 실시하였을 때는 데이터가 많지 않을 경우에는 검색 속도에 차이가 크게 없었지만 데이터가 많아질수록 속도가 많이 늘어났다. 이는 데이터 중복의 문제가 있을 수 있지만, 4개의 서버 중 한 개의 서버만 사용자가 요청한 데이터가 있을 경우에는 데이터를 찾기 위해 4개의 서버를 검색해야 함으로 그만큼 시간이 늘어났다.

알고리즘을 적용한 서버 4개의 경우에는 색인 검색을 사용하기 때문에 데이터의 중복을 없앨 수 있으며, 사용자가 요청한 데이터를 빠르게 찾을 수 있다. 이는 검색 전에 인덱스 파일을 검색을 하기 때문에 서로 떨어져 있는 서버까지 접속할 필요 없이 필요한 서버에만 접속을 하기 때문에 그만큼의 검색 속도를 빠르게 할 수 있었다. 따라서 지역 별로 떨어져있는 사격 타겟 데이터들을 본 시스템

에 적용하여, 보다 빠르게 데이터를 업로드하고 검색 및 비교 분석, 통계 등 다양한 데이터를 제공할 수 있다는 것을 증명하였다.

4.3 사격 관리시스템 성능 비교

현재 사격장은 자동화가 이루어진 사격장과 그렇지 못한 사격장이 공존한다. 사격장의 자동화 목적은 실탄을 사용하므로 안전을 최우선으로 고려하여 사격장내에 인력이 최소로 투입되는 방안으로 자동화를 구축한다. <표 4>는 사격관리의 자동화 도입 전/후와 본 논문에서 구현된 사격결과 검출방법 및 클라우드 기반 관리시스템의 비교를 나타낸다.

표 4. 사격관리 성능비교
Table 4. Performance Comparison

| 평가구분 | 자동화 도입 전 사격 관리 | 자동화 사격 관리시스템 | 클라우드 기반 관리시스템 (본 논문) |
|-------------|----------------|--------------|----------------------|
| 표적제어 | × | ○ | ○ |
| 명중인식 | × | ○ | ○ |
| 사격 정보 관리 | × | ○ | ○ |
| Real-Time | × | ○ | ○ |
| 사격 점수 확인 | × | × | ○ |
| Web Service | × | × | ○ |

자동화가 도입되기 전 사격관리는 모든 관리가 수동으로 이루어지며, 직접 사용자가 확인하는 방법이다. 자동화 사격 관리시스템은 표적제어, 명중인식이 가능하며, Real-Time으로 장비를 제어할 수 있다. 사격 정보 관리는 자체 관리프로그램이 설치되어 있는 환경에서는 저장 및 인쇄가 가능하다. 하지만 사격 점수 확인이나 사격정보를 Web으로

서비스하는 부분은 불가하며 본 논문처럼 사격결과 검출방법을 적용하거나 클라우드 기반 관리시스템을 구축하여야만 가능하다.

5. 결론

본 논문에서는 영상처리기반의 탄흔 검출 및 클라우드 기반 관리시스템을 개발하였고, 시스템 성능평가를 통해 실제 적용 가능성을 확인하였다. 본 시스템은 스포츠, 군사, 경찰 및 다양한 분야에 적용하여 사용할 수 있으며, 자동 표적 확인, 데이터 전송, 결과 표시 등의 기능을 가지고 있다. 본 논문에서는 오픈 소스인 OpenCV, CL-Eye Multicam 및 오픈소스 플랫폼 Arduino를 이용한 이미지 프로세싱을 기반으로 연구하였다. 이 시스템은 현장 및 군사 훈련 뿐만 아니라 실내/외 고정 표적 콘테스트 및 교육훈련에서 사용이 가능하다. 이 시스템을 적용함으로써 사격 훈련 수준을 향상시키며, 사격 훈련에 따른 데이터 관리를 쉽게 할 수 있다.

본 시스템은 보편적인 카메라와 하드웨어 부품, 오픈소스 소프트웨어를 사용함으로써, 구축 비용을 낮추었으며 설치 및 이동이 편리하다. 타겟의 사격결과를 감지하기 위해서 적외선 카메라와 광 트랜지스터 그리고 진동 센서를 이용하기 때문에 기존 시스템들과 다르게 저비용으로 누구나 쉽게 습득할 수 있다. 본 논문은 실내뿐만 아니라 실외에서도 사용할 수 있도록 개발을 진행하였으며, 발사체로부터 생성된 사격결과는 웹 또는 모바일 태블릿을 이용하여 확인 가능하다.

References

- [1] L. Lee, R. Romano, and G. Stein, *Introduction to the special section on video surveillance*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, pp. 740-745, 2000.
- [2] R. Pless, T. Brodsky, and Y. Aloimonos, *Detecting independent motion: The statistics of temporal continuity*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 8, pp. 768-773, 2000.
- [3] H. Kim, C. Cho, J. Kim, S. Park, J. Kim, and K. J. Kim, *Localizing a flying object on target place using heterogeneous binary sensors*, Mobile and Wireless Technology, Springer, pp. 193-197, 2015.
- [4] C. Cho, J. Kim, J. Kim, S-J. Lee, and K. J. Kim, *Detecting for high speed flying object using image processing on target place*, Cluster Computing, Vol. 16, No. 1, pp. 285-292, 2016.
- [5] X. Kan, *Automatic Scoring System*, https://www.altera.com/content/dam/altera-www/global/en_US/pdfs/literature/dc/_2006/c3a.pdf, Oct. 2016.
- [6] C. Beyan, and A. Temizel, *Adaptive mean-shift for automated multi object tracking*, IET Computer Vision, Vol. 6, No. 1, pp. 1-12, 2012.
- [7] W. Zhu, F. Liu, Z. Li, X. Wang, and S. Zhang, *A vision based lane detection and tracking algorithm in automatic drive*, Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application, 2008.
- [8] L. Xia, C. C. Chen, and J. K. Aggarwal. *Human detection using depth information by kinect*, 2011 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops(CVPRW), 2011.
- [9] S. Ikemura, H. Fujiyoshi, *Real-time human detection using relational depth similarity features*, Asian Conference on Computer

- Vision, Springer Berlin Heidelberg, pp. 25-38, 2010.
- [10] Y.-L. Chen, B.-F. Wu, H.-Y. Huang, and C.-J. Fan, *A real-time vision system for nighttime vehicle detection and traffic surveillance*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 5, pp. 2030-2044, 2011.
- [11] M. Bertozzi, A. Broggi, G. Boccia, and L. Mazzei, *Fast vision-based road tunnel detection*, International Conference on Image Analysis and Processing, Springer Berlin Heidelberg, pp. 424-433, 2011.
- [12] G. S. Prakash and S. Sharma, *Computer vision & fuzzy logic based offline signature verification and forgery detection*, 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), 2014.
- [13] P. Prasanna, K. Dana, N. Gucunski, and B. Basily, *Computer-vision based crack detection and analysis*, SPIE Smart Structures and Materials+ Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, International Society for Optics and Photonics, 2012.
- [14] M. Gerschuni and A. Pardo, *Bus detection for intelligent transport systems using computer vision*, Iberoamerican Congress on Pattern Recognition. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [15] S. S. Rautaray and A. Agrawal, *Vision based hand gesture recognition for human computer interaction: a survey*, Artificial Intelligence Review, Vol. 43, No. 1, pp. 1-54, 2015.
- [16] H. Sun, C. Wang, and B. Wang, *Night vision pedestrian detection using a forward-looking infrared camera*, International Workshop on Multi-Platform/Multi-Sensor Remote Sensing and Mapping (M2RSM), 2011.
- [17] T. W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff, *Extraordinary optical transmission through sub-wavelength hole arrays*, Nature, Vol. 391, pp. 667-669, 1998.
- [18] T. W. Bae, *Small target detection using bilateral filter and temporal cross product in infrared images*, Infrared Physics Technology, Vol. 54, No. 5, pp. 403-411, 2011.
- [19] T. L. Weng, Y.-Y. Wang, Z.-Y. Hob, and Y.-N. Sun, *Weather-adaptive flying target detection and tracking from infrared video sequences*, Expert Systems with Applications, Vol. 37, No. 2, pp. 1666-1675, 2010.
- [20] W. Kim, K. Mechtov, J.-Y. Choi, and S. Ham, *On target tracking with binary proximity sensors*, Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, IEEE, 2005.
- [21] N. Shrivastava, R. Madhow, and S. Suri, *Target tracking with binary proximity sensors*, Proceedings of the 4th international conference on embedded networked sensor systems, 2006.
- [22] J. Zizka, A. Olwal, and R. Raskar, *SpeckleSense: fast, precise, low-cost and compact motion sensing using laser speckle*, Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2011.
- [23] Y. Shan, J. E. Speich, and K.K. Leang, *Low-cost IR reflective sensors for submicrolevel position measurement and control*, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 13, No. 6, pp. 700-709, 2008.

[24] P. Eisenhardt, D. Stern, M. Brodwin, G. G. Fazio, G. H. Rieke, M. J. Rieke, M. W. Werner, E. L. Wright, L. E. Allen, R. G. Arendt, M. L. N. Ashby, P. Barmby, W. J. Forrest, J. L. Hora, J.-S. Huang, J. Huchra, M. A. Pahre, J. L. Pipher, W. T. Reach, H. A. Smith, J. R. Stauffer, Z. Wang, S. P. Willner, M. J. I. Brown, A. Dey, B. T. Jannuzi, and G. P. Tiede, *The infrared array camera (IRAC) shallow survey*, The Astrophysical Journal Supplement Series, Vol. 154, No. 1, pp. 48, 2004.

[25] G. Bradski, *OpenCV*, Dr. Dobby's Journal of Software Tools, 2000.

[26] G. Bradski and A. Kaehler, *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*, O'Reilly Media Inc., 2008.

[27] J. Li, Y. K. Li, X. Chen, P. P. C. Lee, and W. Lou, *A hybrid cloud approach for secure authorized deduplication*, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 26, No. 5, pp. 1206-1216, 2015.

[28] Y. Yang, G. Li, X. Yang, B. Qi, and B. Wang, *A cloud server based on I/O virtualization in hardware computer engineering and technology*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 133-144, 2015.

탄흔 검출을 위한 이미지 처리와 클라우드 기반 데이터 관리 시스템

조창희¹, 김진술², 이상준³

¹(주)자이솜

²전남대학교 전자컴퓨터공학부

³전남대학교 경영학부

요 약

정보기술은 국방 분야에서 사격 훈련과 같은 군인들의 직무 능력을 배양하는데 중요한 역할을 하고 있다. 자동 표적 평가 및 관리시스템을 개발하기 위하여, 본 논문에서는 저비용 이미지 처리 시스템과 클라우드 컴퓨팅 기반의 탄흔 관리시스템을 제안한다. 이미지 프로세싱 시스템은 범용 하드웨어와 Open CV라는 오픈소스를 이용하여 개발하였고, 이는 적외선 카메라와 적외선 광원을 이용하여 입력 처리에서의 노이즈를 제거할 수 있었다. 발사체와 타겟 표적 간의 충돌시간을 계산하기 위해 Arduino 오픈소스 하드웨어와 소프트웨어를 활용하였다. 클라우드 기반 웹 시스템을 이용하여 개별 사격 기술 데이터를 위한 타겟 데이터 관리 시스템을 개발, 분석, 테스트하였다. 제안된 시스템은 측정정확도, 측정소요시간, 검색시간, 다른 시스템과의 비교를 통해 우수성을 증명하였다. 본 시스템은 국방 IT 연구 분야로서 많은 분야에 활용이 가능할 것으로 예상된다. 또한 범용 하드웨어와 오픈소스 소프트웨어를 사용했기에, 적은 비용으로 국방 IT 시스템의 개선이 가능할 것이다.



Chang-Hee Cho received the M.S. and Ph.D. degrees in Chonnam National University 2009 and 2016 respectively. He is a CEO in Xisom company. Currently, he works

as a CEO in XiSom Company. His research interests include E-commerce, Automation Systems, Mobile Interface Devices, Cloud Computing and Army IT.

E-mail : xisom@xisom.com

Jin-Sul Kim received the B.S. Degree in computer science from University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, in 2001, and the M.S. and Ph.D. degrees in digital media engineering, department of information and communications



from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon, South Korea, in 2005 and 2008. He worked as a researcher in IPTV

Infrastructure Technology Research Laboratory, Broadcasting/Telecommunications Convergence Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Daejeon, Korea from 2005 to 2008. He worked as a professor in Korea Nazarene University, Korea from 2009 to 2011. Currently, he is a professor in Chonnam National University, Gwangju, Korea. He has been invited reviewer for IEEE Trans. Multimedia since 2008. He was General Chair of IWICT2013/2014/2015, ICITCS2014, ICISA2015, ICMWT2015, ICISS2015 and ICISA2015. His research interests include QoS/QoE, Measurement/Management, IPTV, Mobile IPTV, Smart TV, Cloud Computing and Smart Space/Works.

E-mail : jsworld@chonnam.ac.kr



Sang-Joon Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Statistics from Chonnam National University in 1991, 1993 and 1999, respectively.

From 1995 to 2006, he was in Seonam Univ. and Shingyeong Univ. as assistant professor. Since 2007, He has been with Chonnam National Univ. as an professor in the school of business administration. His current research interests include Management Information Systems, Software Engineering, IT Service and Ubiquitous Business. He is a life member of the KKITS.

E-mail : s-lee@chonnam.ac.kr