

최근접 각도를 이용한 복수 레이저 영상 추적 방법 연구

조진표^{1*}, 고호정², 김정호³

¹한밭대학교 컴퓨터공학과 대학원생

²한국폴리텍대학교 정보통신시스템과 교수

³한밭대학교 컴퓨터공학과 교수

A Study on the Multi-Laser Image Tracking Method using the Latest Approach Angle

Jin-Pyo Jo^{1*}, Ho-Jeong Ko², Jeong-Ho Kim³

¹Graduate Student, Dept of Computer Engineering, Hanbat University

²Professor, Dept of Information and Communication System, Korea Polytechnics

³Professor, Dept of Computer Engineering, Hanbat University

요약 본 논문은 스크린과 레이저 발사장치의 이격거리 변화에도 복수 개의 레이저 영상을 안정적으로 인식할 수 있는 최근접 각도 계산 방법을 제안하였다. 이 방법은 레이저 패턴 각도의 거리를 이용하여 사물을 인식하는 방법으로 레이저의 각도 추출은 레이블링 알고리즘을 이용하여 획득된 영상으로부터 레이저 영상을 검출하고, 허프 변환을 수행하여 직선의 각도를 추출한다. 유사성 척도 중 유클리드 거리를 이용하여 추출한 레이저 영상의 각도와 기준 각도의 거리를 계산하고, 계산된 거리 결과값을 이용하여 사물을 인식한다. 이격 거리를 "200cm~400cm"로 변경하면서 실험한 결과, 모든 이격 거리에서 개별 사물을 100% 인식했다. 실험을 통해 제안한 방법의 신뢰성을 확인하였다.

주제어 : 사물인터넷, 머신비전시스템, 모의사격 시스템, 스크린 사격 시스템, 레이저 영상 처리

Abstract The paper proposed the method of calculating the latest approach angle that can reliably recognize multiple laser images even with the change in separation distance between screen and laser launch device. This method recognizes the angle of the laser pattern angle by using the distance of the laser pattern angle, and the angle extraction of the laser detects the laser image from the acquired image using the labeling algorithm, and performs the huff conversion to extract the angle of the straight line. The distance of the reference angle and angle of the laser image extracted using Euclidean distance among similarity scales is calculated, and the furnace is recognized using the calculated distance result value. Experiments with changing the separation distance to "200 cm to 400 cm" showed 100% recognition of individual strands at all separation distances. The experiment confirmed the reliability of the proposed method.

Key Words : IoT, MVS, Simulated shooting system, screen shooting system, laser image processing

1. 서론

사물 인터넷과 관련한 머신비전시스템(Machine Vision Sys, MVS)은 제조 현장에서 생산 제품의 불량 판정 위해 이용되는 시스템으로 다양한 분야에 적용되고 있다.

1.1 연구 배경 및 목적

*교신저자 : 조진표(jjich@hanmail.net)

접수일 2020년 5월 2일 수정일 2020년 6월 14일 심사완료일 2020년 6월 18일

MVS는 공장 자동화의 중심인 PLC (Programmable Logic Controller)를 통해 제어되고 제품의 양불 판단 결과나 검사 결과 데이터를 전송한다[1]. MVS는 제조산업 분야의 산업용 검사장비 무인자동화에 반드시 필요한 핵심 기술 중 하나로 영상 처리 방법의 연구와 발전은 생산 단계별로 제품의 불량 정보를 효과적으로 처리할 수 있다[2].

또한 레이저 인식 결과를 클라우드 기반으로 관리하면 다양한 지역에서 레이저 영상 처리 데이터를 분석하고 관리할 수 있다[3].

본 논문은 MVS의 측정 방법 중 2차원의 각도 및 형상 인식을 응용하여 레이저 영상 투사 위치와 레이저 발사 장치와의 이격 거리에 관계없이 동시에 발사되는 복수의 적외선 레이저 영상을 분석하여 단일 레이저로 구분하고 각각의 레이저 발사장치의 영상을 정확히 인식할 수 있는 방법을 기술한다[4].

방법 연구를 위해 적외선 패턴 레이저를 사용하는 스크린 사격 시스템을 응용한다. 이 방법을 사물인터넷에 응용하면 MVS를 이용한 FA (Factory Automation) 시스템에 적용할 수 있을 것이다. 레이저 영상을 이용한 스크린 사격 시스템은 훈련용 총기에 부착 또는 내장된 레이저 발사장치에서 발사된 레이저 영상의 위치와 스크린에 발사된 표적의 좌표를 동기화하여 명중 여부를 판단한다[5,6,7].

복수의 사용자가 동시에 사용할 수 있도록 개발된 레이저 영상 처리 방식에는 시분할 다중화 방법(Time Division Multiplexer method), 레이저 도트 방법(Laser Dot method) 및 레이저 패턴 방법(Laser Pattern method)이 있다.

<Table 1> Laser image processing method applied to screen shooting

category	explanation
TDM	It divides the time slice by the required length of the laser transmission time, and allocates a small time divided into individual paths to recognize the impact point.
LDM	Laser is projection as a dot shape, and the laser image is processed to recognize the impact point
LPM	Attaching a lens to an existing laser, the laser image is transformed from a dot shape to a bar shape so that the laser pattern can be projection to recognize the impact point

<Table 1>의 다양한 레이저 영상 처리방법은 권총 모의 사격 훈련부터 기관총 모의 사격 훈련까지 다양한 분야에 적용된다.

1.2 레이저 영상 처리 방법 연구 필요성

스크린 사격 시스템은 동시 사용자의 숫자와 총기 성능(분당 발사량) 등을 고려하여 레이저 영상 처리 방법을 적용하는데 <Table 1>에서 언급한 바와 같이 시분할 방법은 사로별로 할당된 시간에 발사된 레이저 영상을 해당 사로로 인식하는 방법으로 “개별 표적-개별 사격”에는 유리하나 “동일 표적-동시 사격”일 경우 레이저 영상이 중첩되어 레이저 영상을 구분하지 못하고 영상을 촬영하는 카메라의 성능(Frame/s)에 따라 M60 기관총 사격에서 요구하는 고속 연발 사격이 제한적이다. 시분할 방법의 문제점을 해결하기 위해 LDM 방법이 개발되어 사용되다가 2018년 “레이저 패턴 영상을 적용한 모의사격 시스템” 이 연구되어 레이저 패턴 방법이 사용되었다. 이 방법은 Dot 형상의 레이저를 Bar 형상으로 변화시킨 후 일정 각도(045°)의 패턴으로 각도를 할당하여 사로를 인식하는 방법으로 할당된 레이저 영상의 패턴 각도로 사로를 구분하기 때문에 시간을 나눌 필요가 없고 30fps/s 이상의 카메라 성능이면 초당 10~13발의 고속 연발 사격도 안정적으로 인식한다[8,9]. 그러나 LPM은 스크린과 레이저 발사장치 간 이격거리 변화에 따라 레이저 패턴의 각도가 변하였고, 이격 거리 300cm 이내일 경우 045°와 135°의 패턴 각도가 인식 허용오차범위 ±10°를 초과하여 해당 사로에 발사된 레이저 영상을 모두 인식하지 못한다.

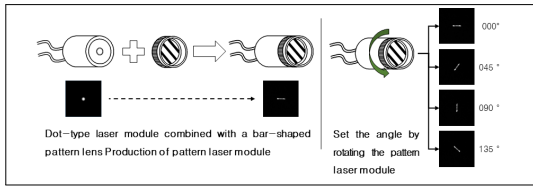
본 논문은 LPM의 문제점을 해결하기 위해 이격 거리 변화에도 안정적으로 복수 개의 레이저 영상을 인식하는 방법을 연구한다.

<Table 2> Features by laser image processing method

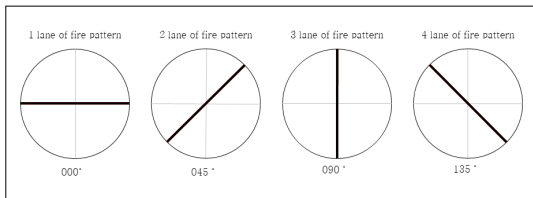
category	characteristic
TDM	<ul style="list-style-type: none"> · Mainly used for shooting system within 100 shots per minute · In case of high-speed continuous firing (over 600 shots per minute), laser processing is missed when there are 4 or more kills.
LDM	<ul style="list-style-type: none"> · When simultaneously firing a target, if the lasers overlap at the same position, they cannot be recognized as a target. · Laser image processing is limited for high-speed continuous firing (over 600 shots per minute)
LPM	<ul style="list-style-type: none"> · Because it is not time-limited, it can be fired. · There is no overlapping of laser images between the paths, so it can process more than 600 shots per minute.

<Table 2>는 레이저 영상 처리 방법별 특징이며 LPM은 [Fig. 1]과 같이 레이저 형상을 Dot에서 Bar 형상으

로 변형하고 45도 간격의 4개 각도로 사로를 구분하는 방법이다.



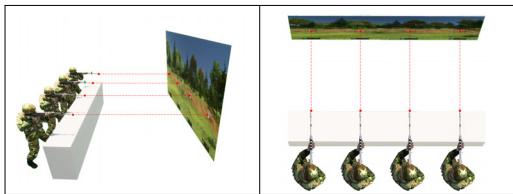
[Fig. 1] Pattern Laser Module Fabrication of LPM



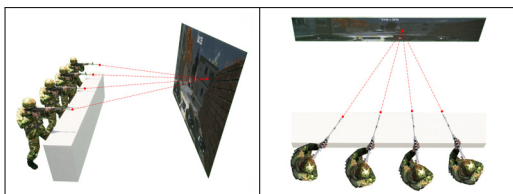
[Fig. 2] Assigning Angle by Sarrow of LPM

1.3 LPM 연구의 문제점 해석

4명이 사격할 수 있는 스크린 사격 시스템의 구성에서 사격 방법은 <Fig. 3>과 같이 개별 사로별로 할당된 표적을 사격하는 방법(영점 사격, 실거리 사격 등)과 <Fig. 4>과 같이 동일 표적을 사격하는 방법(상황 사격)으로 나뉜다.



[Fig. 3] Individual target firing(real-range shooting)



[Fig. 4] Equal target firing(situational shooting)

LPM 방식은 스크린과 레이저 발사장치 위치 간 이격 거리 변화에 따라 허용오차 범위를 초과하여 해당 사로를 모두 인식하지 못한다. 이는 레이저 패턴 형상을 4개

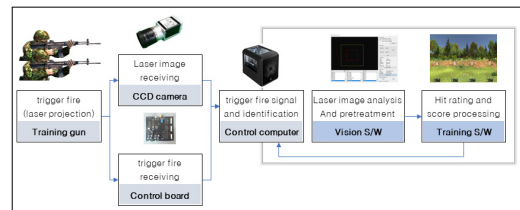
로 확정하고 각 45도 간격으로 사로를 구분했기 때문이다. 이는 스크린 사격 시스템 설치 환경<Table 3> 및 사수 사격 동작 등에 의한 패턴 각도 변화가 발생하기 때문이다.

<Table 3> Screen Shooting System Installation Environment

category	screen distance	line space
OO university	450cm	100cm
OO forest lodge	350cm	105cm
NAVY(Jinhae)	200cm	250cm
ARMY(Yanggu)	150cm	250cm

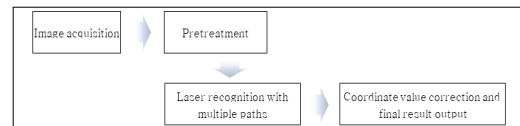
2. 복수 레이저 영상 추적 방법

패턴 레이저 영상 처리 방식을 이용하는 스크린 사격 시스템은 레이저 영상 획득 후 전처리를 완료하고 콘텐츠 영상 좌표와 탄착점의 좌표를 동기화하여 사격 결과 도출한다.



[Fig. 5] Laser image processing flow

레이저 패턴 영상을 기반으로 한 복수 레이저 영상 추적 방법은 [Fig. 6]과 같은 과정을 거치며 구체화 된다.

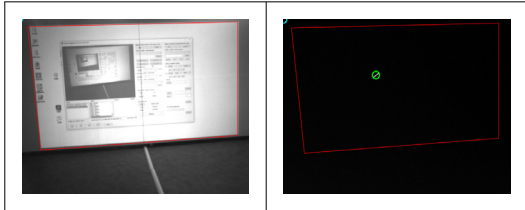


[Fig. 6] Multiple laser image processing procedure

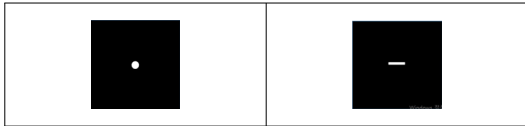
2.1 영상 획득

카메라를 통하여 획득된 영상에는 [Fig. 7]과 같이 배경과 레이저 영상이 혼재되어 있다. 레이저 영상 검출에 있어서 배경은 잡음이기 때문에 제거가 필요하다. 785

적외선 필터를 렌즈부에 장착하여 획득한 영상에서는 [Fig. 7]과 같이 혼재된 영상으로부터 적외선 레이저 영상만 보이는 것을 확인할 수 있다. 사용한 레이저 모듈은 특정하게 가공된 렌즈를 장착하여 [Fig. 8]과 같이 dot 형상의 레이저를 bar 형상으로 변형한다.



[Fig. 7] Screen area(L) and camera area(R)



[Fig. 8] Dot Shape Laser(L) and Bar Shape Laser Comparison(R)

2.2 전처리

레이저가 발생되어 스크린에 투사되면 카메라에 의해 레이저 광의 형상이 인식되는데 레이저 광의 형상은 주변 환경 즉, 레이저 발사 위치, 스크린 사이 거리와 주변 밝기 등에 의해서 다양한 잡음이 발생한다. 레이저 광 발사 후 최초로 탄착 위치에 전시되는 레이저 영상은 가공되지 않은 원시 영상 상태로서, 레이저 영상을 분석하는데 한계가 있다.

이 문제를 해결하기 위해 먼저, 획득한 레이저 영상은 연산 효율과 작업의 편의성을 고려하여 영상의 특성별로 전처리 과정을 수행 후 레이저 각도 및 좌표를 추출한다. 전처리 과정은 3단계 과정으로 수행한다.

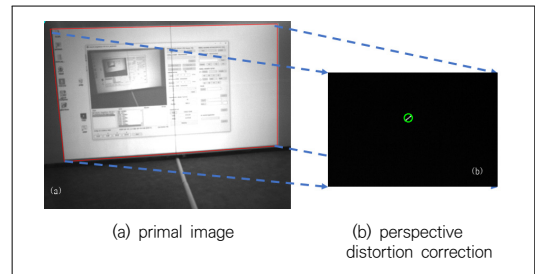
2.2.1 정규화

카메라로 획득한 영상으로부터 스크린 영역의 좌표를 추출하기 위해, 스크린 상의 4개의 좌표와 카메라 상의 4개의 좌표 위치를 확인하고 원근 변환 행렬을 이용하여 0~1로 정규화 한다. 그 수식은 식(1)과 같은 Homography 원근 변환 행렬을 이용하여 스크린 영역의 좌측상단 모서리(0,0)에서 우측하단(1,1)로 좌표 변환을 한다[10].

$$W \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2.2 이진화

이진화 영상은 0(검은색) 또는 255(흰색)으로 이루어진 영상이다. 0과 255의 2개 논리 값을 가지고 변환하는 작업으로써 불필요한 부분을 T(임계값)을 기준으로 분리 및 제거하고, 가공하고자 하는 부분을 획득할 수 있다.



[Fig. 9] Perspective distortion correction and binary process

본 연구에서는 레이저의 밝기가 주변 환경의 밝기보다 밝은 특성을 이용하여 식(2)와 같이 임계값 T를 이용하여 T 이하 이면 0, 그렇지 않으면 1로 지정하여 이진 영상으로 변환한다. 즉, T 이하의 밝기 값은 잡음으로 판단한다. 본 연구에서는 T를 20으로 설정한다[11].

$$\text{Binary_image}[x][y] \begin{cases} 1, & \text{if Gray_image}[x][y] \geq T \\ 0, & \text{else if Gray_image}[x][y] < T \end{cases} \quad (2)$$

이진 영상 처리를 통해 선명한 레이저 영상을 획득할 수 있어 각도 인식이 증가한다[12].

2.2.3 모폴로지

이진화 영상 처리 기법을 사용할 경우 흰색 영역이나 검은색 영역이 필요한 영역보다 넓거나 좁을 수 있다. 본 연구에서는 레이저의 굵기와 배경의 잡음 제거들을 제거하기 위해서 열림 연산 및 닫힘 연산을 수행한다[12].

2.3 복수 레이저 영상 사로 추적

복수 레이저 영상 사로 추적은 bar 패턴의 레이저 각도를 이용하여 사로 구분한다. 복수개의 레이저영상을 구

분하기 위해서 LPM과 동일하게 레이저 모듈을 사로별 0°, 45°, 90°, 135° 설정한다.

레이저의 각도를 추출하기 위해서 먼저, 레이블링 알고리즘을 이용하여 레이저를 검출한다. 요구하는 레이저 영역들을 검출하기 위해서 전처리 영상에 대하여 레이블링을 수행하여 후보 레이저 영역들을 검출한다. 식(3)과 같이 허프 변환을 수행하여 직선의 각도를 구한다[13,14].

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$\text{where, } 0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ \quad (3)$$

$$0 \leq \rho \leq 1$$

여기서, ρ 는 중심점에서 직선까지의 거리이며, θ 는 직선의 각도이다. 허프 변환을 수행하여 누적 값이 가장 큰 하나의 허프 좌표 (ρ, θ)를 산출한다. 추출한 레이저의 각도가 미리 설정한 사로별 기준 각도 중 하나로 분류시키기 위해서 유사성 척도 중 하나인 유클리드 거리 (Euclidean distance)를 이용한다. 추출한 레이저의 각도와 기준 각도에 기반하여 (식4)의 유클리드 거리를 계산한다[15].

$$D_{U_{ij}} = \sqrt{B_j^2 - A_i^2}$$

$$\text{where, } B_j = \begin{cases} B_j - 180, & i = 0 \\ B_j, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기서, A_i 는 i 번째 기준 각도를 의미하며, B_j 는 j 번째 추출한 레이저의 각도 값을 의미한다. 기준 각도 A 는 미리 설정한 기준 각도로 <Table 4>과 같다.

<Table 4> Laser Pattern Angle Reference Identification ID

category	1 line (A_1)	2 ine (A_2)	3 line (A_3)	4 line (A_4)
Pattern angle	000°	045°	090°	135°

[Table 4]와 같이 1사로~4사로의 기준 각도와 추출한 최대 4개의 레이저의 각도에서의 유클리드 거리를 구한다. D_U 의 각 행(col)에서 $D_{U_{ij}}$ 가 가장 낮은 값을 선택한다. 선택된 $D_{U_{ij}}$ 값의 i 번째의 사로, j 번째 추출한 레이저의 각도가 서로 유사하다고 말할 수 있다.

<Table 5> Matrix with Euclidean distance calculation method

		Extracted laser angle				
		B_1	B_2	B_3	B_4	
Reference angle	A_1	000°	010°	045°	140°	100°
	A_2	045°	125°	090°	005°	035°
	A_3	090°	080°	045°	050°	010°
	A_4	135°	035°	000°	095°	055°
			000°	090°	030°	120°

따라서, D_U 의 각 행(col)에서 행에서 가장 낮은 $D_{U_{ij}}$ 의 값을 가진 i 번째의 사로로 분류할 수 있다. 즉, 추출된 레이저 각도 $B_1(170)$ 은 $A_1(1사로)$, $B_2(135)$ 은 $A_4(4사로)$, $B_3(40)$ 은 $A_2(2사로)$, $B_4(80)$ 은 $A_3(3사로)$ 로 그 행에서 가장 낮은 $D_{U_{ij}}$ 를 가진 거리로 분류할 수 있다.

2.4 좌표 값 보정 및 최종 결과 출력

카메라가 검출한 좌표는 실제 훈련자가 훈련용총기의 가능최와 가능최의 조준점을 통한 좌표이다. 훈련자가 조준한 좌표와 레이저가 조준된 좌표가 다르기 때문에 좌표 보정이 필요하다. 훈련자 조준점과 레이저 조준점의 이격 거리만큼 보정 하기 위해 식(5)와 같이 훈련자 조준점을 스크린의 중심에 위치시키고 그 훈련자의 조준점에 기반해서 이격 보정 계산을 하여 보정 좌표 P를 구한다.

$$P(x,y) = s(x,y) + d(x,y)$$

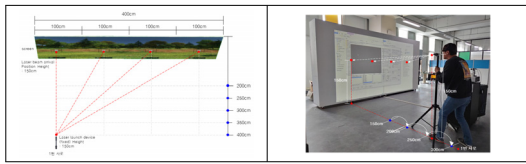
$$\text{where, } d(x,y) = s(x,y) - p(x,y) \quad (5)$$

여기서, d 는 훈련자가 스크린 중심에 조준한 좌표 값을 의미하고, s 는 스크린의 중심 좌표 값으로 $s(0.5,0.5)$ 로 설정하였다.

3. 구현 및 실험

3.1 제안 시스템 구현

스크린, 빔프로젝터, 카메라, 레이저 발사장치(785nm) 등으로 [Fig. 10]과 같이 구성한다. 영상처리 알고리즘은 Window10이 설치된 컴퓨터에서 Visual Studio C++ 2012 언어와 Open API인 OpenCV Library를 사용하였다.



[Fig. 10] Implementation of Proposal System

방법 구현은 식별 데이터와 레이저 패턴 각도의 거리를 이용하여 사로를 인식하는 방법으로 ① 레이저의 각도 추출은 레이블링 알고리즘을 이용하여 획득된 영상으로부터 레이저 영상을 검출하였고 ② 허프 변환을 수행하여 직선의 각도를 추출하였다. ③ 유사성 척도 중 유클리드 거리를 이용하여 추출한 레이저 영상의 각도와 기준 각도의 거리를 계산하고 ④ 계산된 거리 결과값을 이용하여 사로를 인식하고 해당 사로별 식별 데이터를 적용하였다.

3.2 실험 결과

기존 방법들과 본 연구 방법의 인식을 실험을 위해 4명이 동시에 사격하는 상황을 고려하였고, 스크린과 고정된 레이저 발사장치와의 이격 거리를 200cm ~ 400cm로 한정하고 각 50cm 간격으로 레이저 영상 인식 정도를 실험하였다.

<Table 6> Image recognition by laser image processing method(Equal Position Projection)

category	TDM	LDM	LPM	research method
200cm	86%	13%	83%	100%
250cm	89%	16%	85%	100%
300cm	85%	18%	88%	100%
350cm	89%	15%	93%	100%
400cm	91%	18%	100%	100%

비교 실험 결과, 개별 표적을 사격할 경우 모든 방법이 레이저 영상의 겹침이 발생하지 않아 레이저 영상을 모두 인식하였다. 그러나 동일 표적을 사격할 경우 기존 방법들은 스크린과 레이저 발사장치의 이격 거리에 따라 인식율이 변화하였다. 특히 LDM 방법은 동일 표적에 사격할 경우 레이저 영상의 겹침으로 인해 인식율이 매우 떨어져 1인용 사격 시스템에만 적용해야 하는 한계를 확인했다. 그리고 본 연구의 비교군인 LPM 방법은 이격 거리가 가까울수록 레이저 패턴 각도의 허용오차 범위 $\pm 10^\circ$ 에 영향을 많이 받아 인식율이 떨어졌다. 본 논문에서 기

술한 방법은 이격 거리와 관계없이 4개 사로의 레이저 영상을 100% 인식했다.

4. 결론

본 논문은 스크린 사격 시스템을 기준으로 설치 환경을 고려하여 스크린과 레이저 발사장치의 이격 거리 변화에도 고속 연속 발사되는 복수 개의 레이저 영상을 안정적으로 인식하는 방법을 연구하였다. 이 방법을 이용하여 복수 개의 레이저 패턴 영상을 안정적으로 처리할 수 있으며 향후 사물 인터넷 FA 시스템 응용분야에 적용이 기대된다.

REFERENCES

- [1] K.T.Kim, "Development of improved door feed hanger clamping check systems using laser illumination pattern", Master's Thesis of Ulsan University, Korea, pp.1-5, 2012.
- [2] Y.E.Kim, "User Interface Research of Computer Vision Industrial Inspection Software ", Master's Thesis of Yonsei University, Korea, pp.1-5, 2018.
- [3] C.H.Cho, "Detecting shooting result of image processing based and Cloud base management system", Doctor's Thesis of Chonnam National University, Korea, pp.49-61, 2016.
- [4] S.W.Namgung, "Study on the Single Target Shooting System using a Laser Beam", Master's Thesis of Kwangwoon University, Korea, pp.3-28, 2002.
- [5] T.G.Lee, "Picking Out the Point of Impact for Shooting Simulation Using Image Processing", Master's Thesis of Chonnam National University, Korea, pp.11-28, 2009.
- [6] J.H.Kim, "Image Fire Training System Using a Laser Beam and Method for Processing the Information of the Same", KR Patent 10-1115873, Korea, 2012.
- [7] S.J.Kang, J.H.Kim and S.W.Chung, "Development of Screen Shot System using Infrared Laser", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.3, pp.1325-1329, 2012.
- [8] H.C.Jeong and S.H.Jung, "Laser Pattern Based Simulated Shooting System and Its Implementation", Journal of Korea Multimedia Society, Vol.21, No.10, pp.1171-1181, 2018.
- [9] H.C.Jeong, "Simulated Firing System Based on Laser Pattern and Image Analysis", Master's Thesis of Chanwon National University, Korea, pp.16-40, 2018.
- [10] Elan Dubrofsky, "Homography Estimation", 2009.

[11] S.J.Young, "Image Interpolation Methods using Edges Detected from the Expanded Binary Image", Master's Thesis of Hanyang University, Korea, pp.8-36, 2009.

[12] T.W.Kim, "A vehicle license plate recognition system using morphological ROI(region of interest) map generated from morphology operation", Master's Thesis of Graduate School Korea Polytechnic University, Korea, pp.14-19, 2017.

[13] J.D.Park, C.H.Park, B.H.Park and H.K.Seong, "A Study on Labeling for License Plate Recognition", Journal of Korean society of computer and information, Vol.22, No.1, pp.55-57, 2014.

[14] B.H.Cho and S.H.Jung, "Fast Hough Transform Using Multi-statistical Methods", Journal of Korea Multimedia Society, Vol.19, No.10, pp.1747-1758, 2016.

[15] S.H.Kim, "A Technique of Calculating a Weighted Euclidean Distance with a Personalized Feature Set in Parametric Signature Verification", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.14, No.3, pp.137-146, 2005.

김 정 호(Jeong-Ho Kim)

[정회원]



- 1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1983년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 1994년 2월 : 단국대학교 컴퓨터공학과 박사
- 정보처리기술사(81회)
- 1998년 정보처리기술사
- 1996년 ~ 현재 : 한밭대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야>

사물인터넷, 데이터통신, 정보보안, 데이터 시각화 등

조 진 표(Jin-Pyo Jo)

[준회원]



- 2009년3월 ~ 2015년9월 : 콤스텍(주) 책임연구원
- 2015년10월 ~ 현재 : (주)일렉콤 국방사업팀 이사
- 2020년8월 : 한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터 공학과(석사과정)

<관심분야>

사물인터넷, 데이터통신, 레이저영상, 데이터 시각화 등

고 호 정(Ho-Jeong Ko)

[종신회원]



- 1999년 2월 : 경희대학교 전파공학과 학사
- 2001년 2월 : 경희대학교 전파공학과 석사
- 2006년 2월 : 서울과기대 정보통신융합공학과 박사
- 기술사 (정보통신, 81회)
- 2003년3월 ~ 2006년10월 : SK텔레텍 전임연구원
- 2006년11월 ~ 2010년9월 : 금호아시아나 선임연구원
- 2010년10월 ~ 2016년7월 : 삼성SDS 수석연구원
- 2016년8월 ~ 현재 : 한국폴리텍대학 정보통신시스템과 교수

<관심분야>

ICT융복합, 사물인터넷, 전파공학, 이동통신, RFIC, OCC 카메라통신