

영상처리 기반 모의 사격 표적지 탄착점 추출

Extracting the Point of Impact from Simulated Shooting Target based on Image Processing

이 태 국* 임 창 균** 김 강 철*** 김 용 민****
Taeguk Lee Chang-Gyoon Lim Kang-Chul kim Young-Min Kim

요 약

소모적이고 안전사고에 노출된 실탄 사격을 대체할 수 있는 사격 시뮬레이션 시스템과 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 기존의 센서 기반 기술을 이용한 인식 방법을 사용하지 않고 영상처리기반 기술을 이용하여 탄착점을 추출하는 과정을 제시하였다. 이를 위해 모의총기의 총구에 부착된 카메라로부터 획득한 영상 분석을 통해 탄착점 위치를 찾아내고, 그 탄착점의 좌표 값과 과녁과의 매핑을 통한 최종 사격결과를 계산하여 제공할 수 있도록 한다.

이 시스템은 전송된 영상에서 영상영역을 구분하는 단계, 영상영역 내에서 탄착점 위치를 추출하는 단계, 탄착점 위치에 따른 사격결과를 계산하여 사용자에게 제공하는 단계로 나누어진다. 전송된 영상을 이진 영상으로 변환 후 영상영역의 꼭짓점의 위치를 찾고 그 안에 존재하는 탄착점을 추출한다. 구현된 탄착점 추출과정을 단계별로 제시하였으며 모의 사격 시스템을 위한 인터페이스에서 결과를 확인 할 수 있도록 하였다. 실험을 통해 영상영역의 꼭짓점 위치의 정확성을 확인하였으며 탄착점 추출 및 그에 따른 점수 환산결과를 확인할 수 있도록 하였다.

ABSTRACT

There are many researches related to a simulated shooting training system for replacing the real military and police shooting training. In this paper, we propose the point of impact from a simulated shooting target based on image processing instead of using a sensor based approach. The point of impact is extracted by analyzing the image extracted from the camera on the muzzle of a gun. The final shooting result is calculated by mapping the target and the coordinates of the point of impact.

The recognition system is divided into recognizing the projection zone, extracting the point of impact on the projection zone, and calculating the shooting result from the point of impact. We find the vertices of the projection zone after converting the captured image to the binary image and extract the point of impact in it. We present the extracting process step by step and provide experiments to validate the results. The experiments show that exact vertices of the projection area and the point of impact are found and a conversion result for the final result is shown on the interface.

☞ KeyWords : point of impact, shooting target, simulated shooting training system, image processing, 탄착점, 사격 표적지, 모의 사격 훈련시스템, 영상처리

1. 서 론

국방과 치안을 유지하고 사격능력 향상 및 평가를 위하여 군경은 실탄을 이용한 사격훈련을 실시하고 있다. 그러나 이러한 실탄 사격 훈련은 막대한 예산이 소요될 뿐 아니라 훈련과정에서 군부지역 민간인들에게 피해를 입히는 사례들이 보고되고 있다[1]. 이렇듯 실탄을 이용한 사격훈련은 다음과 같은 피해들이 예상된다.

* 정 회 원 : 롯데정보통신

penny_no1kr@msn.com

** 중신회원 : 전남대학교 컴퓨터공학전공 교수

cglim@chonnam.ac.kr(교신저자)

*** 정 회 원 : 전남대학교 컴퓨터공학전공 교수

kkc@chonnam.ac.kr

**** 중신회원 : 전남대학교 전자상거래전공 조교수

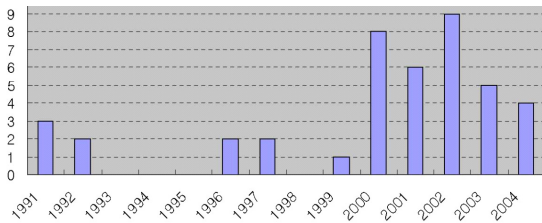
ymkim@chonnam.ac.kr

[2009/04/14 투고 - 2009/04/21 심사(2009/09/17 2차)

- 2009/10/28 심사완료]

- 소음공해
- 막대한 국가 예산 소모
- 예산부족으로 인한 훈련기회 부족
- 사격장내 버려진 탄두로 인해 자연환경 오염
- 사격장 주변 통제로 인한 국가 토지 비효율적 활용
- 사격 훈련 도중 군 자살 및 오발 사고 발생 가능성

소모적이고 안전사고에 노출된 실탄 사격을 대체 할 수 있는 사격 시뮬레이션 시스템 개발이 활발히 진행하고 있다. 그림 1에서는 사격 시뮬레이션 장비의 연도별 출원 현황을 보여주고 있다[2]. 이는 매년 사격시뮬레이션에 관한 연구가 꾸준히 이루어지고 있음을 보여주고 있다.



(그림 1) 사격 시뮬레이션 장비의 연도별 출원 현황

모의 사격 시스템을 통해 사격 훈련에 소비되는 시간과 비용을 많이 줄일 수 있다. 표 1에서 보는바와 같이 국방 장비의 해외 의존도가 60%가 되는데 이를 줄임으로써 해외로 유출된 국방예산을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 국내기술을 해외에 수출을 통한 이익을 창출해 낼 수 있을 것이다.

(표 1) 국방장비 해외 의존도(2001년 기준) (3)

장비	국내 생산 60%		해외도입 40%
부품	국산 60%	수입 40%	수입 100%
해외 의존도 60%			

모의 사격 시스템의 핵심은 사용자가 사격을 했을 때 탄착점의 위치를 정확히 판단할 수 있는

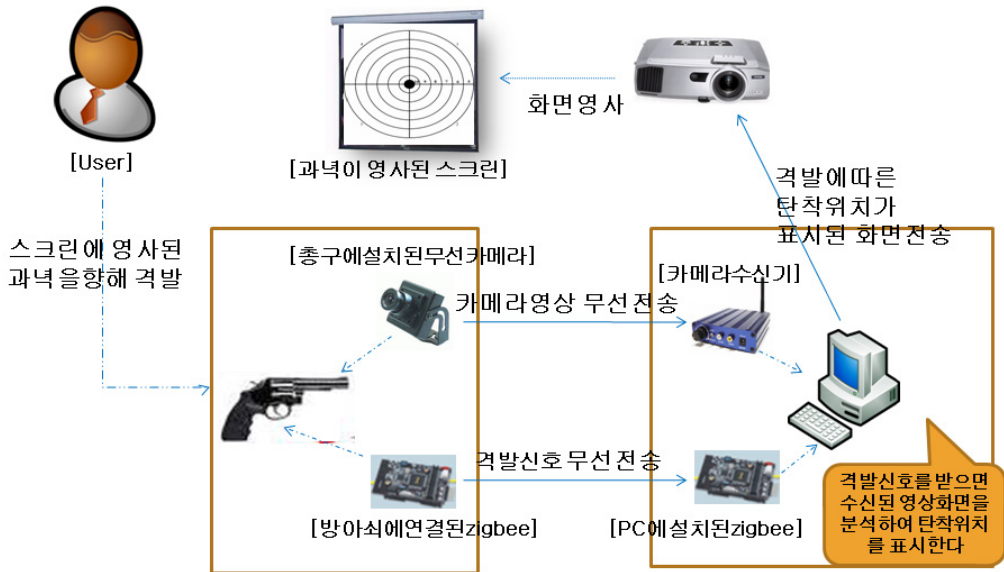
탄착점 추출 기술이다[4,5,6,7,8]. 조사에 따르면 지금까지 제안된 모의 사격 시스템의 탄착점 추출 기술은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 센서기반으로 한 기술이고, 두 번째는 영상처리를 기반으로 한 기술이다.

센서기반 기술은 표적지에 장착된 음파감지센서, 압력감지 센서, 빛 감지 센서 등을 통해 사격 시에 총기에서 나오는 탄환이나 레이저에서 의해 발생하는 음파, 빛, 압력 등을 측정하여 탄착점 위치를 파악하는 방법을 주로 사용한다. 하지만 이 기술은 훈련도중 탄환에 의해 센서 파손이나 다수의 센서 사용에 따른 비용, 정확성 등과 같은 문제점을 안고 있다.

영상처리기반 기술은 표적지를 원거리에서 카메라로 촬영하여 탄환이나 레이저 포인터 등에 의해 변형된 과녁 표적지 영상을 영상기법을 이용하여 탄착점을 찾아내는 방법이 대표적이다. 하지만 탄환에 의해 변형된 표적지를 분석하는 방법은 실탄을 활용하는 기술이기 때문에 본 연구에서 의도한 모의 사격의 목표인 탄환에 소비되는 예산절감효과, 오발에 따른 인명피해 위험 제거 등을 해결해내지 못한다는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 레이저 포인터를 사용하고 있지만 이 방법 역시 표적지가 충격이나 바람에 의해 변형될 수 있고, 탄착점이 겹칠 경우 영상처리가 쉽지 않다는 단점을 안고 있다. 본 연구에서는 영상처리를 기반으로 한 모의 사격훈련 시스템에서의 탄착점 추출 기술에 관한 연구를 수행하였다.

2. 시나리오 및 탄착점 추출 과정

탄착점 추출을 위해 구성된 모의 사격 시스템은 모의 총기와 프로젝터, 감지 카메라, 제어용 PC장비로 구성된 하드웨어 부분과 탄착점 추출, 채점, 인사 등록과 같은 정보를 관리할 수 있도록 하는 소프트웨어 부분으로 구성된다. 모의사격 시스템의 설계를 감안한 효율적인 탄착점 추출법을



(그림 2) 모의 사격 시스템 구성도

위해 사격훈련 시 고려해야할 사항을 미리 숙지하고 이것을 사전에 고려하였다.

기존의 레이저를 사용하는 경우는 채점을 위한 평가 시스템의 구현이 쉽지 않아 신뢰도에 문제가 발생할 수 있다. 또한 특허권 제약 문제에서 유리한 순수 영상처리 기법만을 활용하는 방법을 사용하여 탄착점을 추출한다.

2.1 시나리오

모의 사격 시스템은 실제상황과 유사하도록 사격 시 발생하는 총성 및 배경음과 같은 음향효과를 통해 실제 상황과 같은 분위기를 느낄 수 있도록 설계하여 이런 환경 속에서 반복적인 훈련을 행할 수 있도록 해야 한다. 사격도구(총)의 반발력, 무게, 질감 등과 같은 도구적인 부분도 고려하여야 한다. 모의 총기의 반발력은 실제 사격용 총기의 반발력과 유사하도록 하고, 모의 총기의 재질 역시 실제 총기 같은 재질, 같은 무게를 갖도록 구현함으로써 해결 될 것이라고 판단된다. 실제로 모의 총기의 반발력에 관한 연구는 많은 연구가 이루어지고 있다[9].

영상처리 기반의 탄착점 추출방법을 연구 및 테스트하기 위해 무선카메라, 무선카메라 수신기, 무선 통신을 위한 Zigbee 2개, 모의사격용 총, 퍼스널 컴퓨터와, 빔 프로젝트, 화이트 스크린을 사용하였다. 그림2는 우리가 설정한 시나리오를 바탕으로 이루어진 탄착점 추출을 위한 시스템의 구성도를 보여주고 있다.

먼저 빔 프로젝트를 통해 스크린에 과녁이미지를 영사한다. 사용자는 무선카메라와 Zigbee가 설치된 모의사격용 총을 이용해 과녁 영사된 스크린을 향해 격발한다. 이때 사용된 모의사격용 총은 실제 총과 유사하게 디자인 되어져 무게감과 격발 시 발생하는 반발력이 유사하도록 설계되어야 한다. 모의사격용 총이 격발됨과 동시에 모의사격용 총에 설치된 Zigbee는 수신측 Zigbee로 격발신호를 무선으로 전송한다. 수신측 Zigbee는 시리얼 포트를 통해 PC에 격발 이벤트를 알린다.

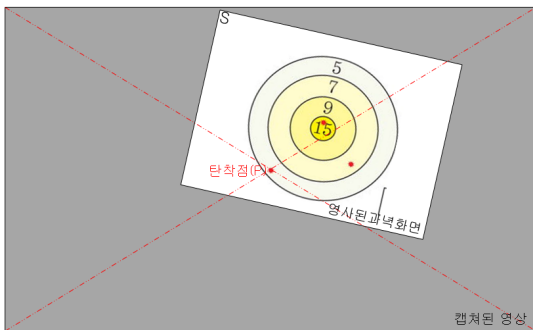
이벤트를 수신한 PC는 모의사격용총의 총구에 설치된 무선카메라에서 PC의 USB포트에 연결된 무선카메라 수신기를 통해 과녁이 영사된 스크린이 포함된 영상을 획득한다. 이때 격발신호 전송

가운뎃점(P)이 없다면 탄착점이 영사영역을 벗어났음을 의미한다. 영사영역 내에 가운뎃점(P)이 있다면 영사영역이 기울어진 만큼 다시 회전시켜 영사영역 내에서의 가운뎃점(P)의 위치를 파악하는데 용이하도록 한다. 이때 가운뎃점(P)의 위치도 함께 회전시켜 그 위치(P')를 회전된 영사영역 내 어디에 있는지 파악한 후 실제 과녁이미지와 매핑 하여 과녁이미지 내의 과녁 어디를 맞추었는지 파악하고 그에 따른 점수를 계산한다.

3. 영상처리 기반 탄착점 추출

3.1 탄착점 추출 모델

영상처리를 기반으로 한 탄착점 추출은 과녁이 영사된 스크린을 향해 격발된 신호 이벤트를 받아, 총구에 설치된 카메라를 통해 영상을 캡처한 후 캡처된 영상을 분석하여 탄착점 위치를 추출해 낸다. 그림 4는 총구에 설치된 카메라에서 캡처된 영상을 보여주고 있다. 그림 전체는 카메라를 통해 캡처된 전체 이미지이고, 내부 사각형 부분은 영사된 과녁화면이다.



(그림 4) 카메라에 촬영된 영상 모델

그림 4의 중앙에 있는 P점이 우리가 추출하고자 하는 영사영역의 탄착점이 된다. 이 단계에서 캡처된 영상 내에서 점수나 원과 같은 내용은 탄착점을 추출하는데 필요한 정보는 아니다. 왜냐하면 캡처된 영상의 가운데 점 P와 빔 프로젝트에

의해 영사된 영역의 위치관계만 필요하기 때문이다.

영사영역을 인식하기 위해서 초기에는 캡처 영상으로부터 예지를 먼저 추출하여 캡처 영상으로부터 과녁영역을 추출해내는 방법으로 접근하였다[10]. 그러나 예지화면으로 변환하면서 생기는 계산시간이 비교적 많이 소요된다는 단점과 잡음 등에 의해 예지 변환된 캡처 영상에서 영사영역 부분으로 일반화 할 수 있는 알고리즘을 구현하는데 어려움이 있어 캡처 영상을 이진영상으로 변환하여 영사영역 추출하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 이진영상으로 변환된 캡처 화면에서 영사영역부분의 네 꼭짓점을 이용하는 방법으로 비교적 변환과정이 단조롭고 빠르며 미세 잡음 등에는 민감하지 않다.

3.2 획득한 화면에서 영사영역 인식

캡처 화면 내부에서 영사영역을 인식하기 위해서 캡처 화면을 이진영상으로 변환한 후 사각형의 네 꼭짓점의 위치를 찾는다. 이때 이 사각형은 영사영역을 의미한다. 추출된 사각형의 꼭짓점은 반시계방향으로 찾는다. 4개의 꼭짓점을 잇는 직선은 폐사각형을 이루게 된다. 이때 폐사각형의 가로와 세로의 비율이 5:4를 이룰 때 그 부분을 영사영역으로 인식한다.

3.3 이진 영상 변환을 이용한 영사영역의 꼭짓점 추출

이진영상 변환 후 과녁이 포함된 영사영역부분의 각 꼭짓점을 추출하는데 빔 프로젝트에 의해 영사된 부분이 주변 부위보다 밝다는 점을 활용하였다. 과녁에 영사된 부분이 직사각형을 이룬다는 점과 사격 시 사용된 총을 좌우로 약간 기울여 격발했을 상황을 고려하였다. 왜냐하면 실제로 사람이 사격 시 총구와 지면이 완전한 평행을 이루고 사격하기란 거의 불가능하기 때문이다.

그림 5는 영사된 화면을 캡처한 이미지(a)와 이

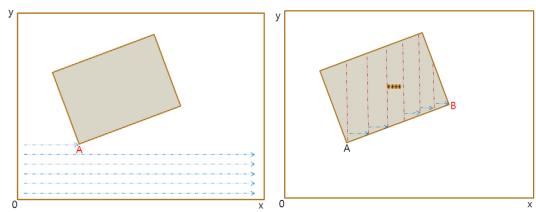
를 이진화 시킨 이미지(b)를 보여주고 있다. 이진화를 통해 주변배경과 영사된 영역을 뚜렷이 구별할 수 있음을 볼 수 있다. 영상 변환 및 분석의 편이성과 처리속도를 증가시킬 수 있도록 캡처한 이미지를 이진 이미지로 변환한다.



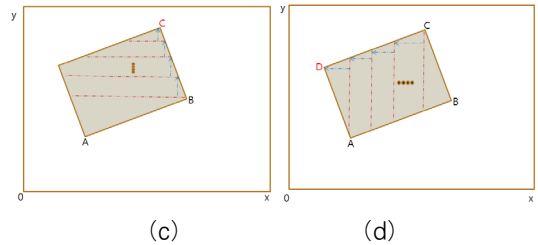
(a) (b)
(그림 5) 영사된 화면 캡처(a)와 이진화 시킨 이미지(b)

이진화 과정에서는 흑백을 구분 짓는 기준 밝기에 따라 이진화 기준을 조절한다. 따라서 주변 환경에 빛을 반사하거나 영사영역이상의 밝은 물체가 있음으로 인해 영사영역 외에 이진화 기준치보다 밝은 영역이 있다면 이진화 과정 중에 그 물체에 의해 잡음이나 오차가 생길 수 있다. 따라서 이진화 처리의 흑백을 구분 짓는 기준 밝기 값의 적절한 설정 그리고 주변 환경 조성이 필요하다.

그림 5(b)를 보면 영사영역 부분이 기울어졌음을 볼 수 있다. 이는 총기에 카메라가 설치되어 있기 때문에 총기를 좌우로 기울여서 격발하였을 시 캡처된 영상내의 영사영역도 기울어진 것이다. 실제로 사람은 기계처럼 완전히 총기를 지면과 평행한 상태에서 격발하기는 매우 힘들 것이다. 때문에 본 연구에서는 약간의 기울어짐을 고려하여 실험을 행하였다.



(a) (b)



(c) (d)
(그림 6) 영사영역의 이미지에서 꼭짓점 구하기

4개의 꼭짓점을 찾기 위하여 그림 6(a)에서와 같이 이진화된 영상의 각 픽셀들을 하나씩 검사한 후 검은색 픽셀을 찾고 그것을 첫 번째 꼭짓점(A)으로 가정한다. 두 번째 꼭짓점은 그림 6(b)에서 보듯이 첫 번째 꼭짓점(A)을 추출한 후 함수 그래프 $x = x_1$ 을 축으로 오른쪽 영상 중 검은색에서 흰색으로 반전된 부분 중 x 값이 최대인 값의 좌표를 찾는다. 꼭짓점을 시작으로 축을 변경해가면서 영사영역의 모서리부분만 계단형식으로 검색함으로써 영사영역 내부의 이미지 때문에 발생하는 오차를 해결한다. 세 번째 꼭짓점은 두 번째 꼭짓점(B)의 $y = y_2$ 를 축으로 위쪽 영상 중 검은색에서 흰색으로 반전된 부분 중 y 값이 최대값을 갖는 좌표를 찾는다. 그림 6(b)에서와 같이 기준 축을 변경해가면서 그림 6(c)와 같이 계단형식으로 영사영역의 모서리를 따라서 추출해낸다. 마지막 꼭짓점도 세 번째 꼭짓점(C)의 $x = x_3$ 을 축으로 왼쪽 영상 중 검은색에서 흰색으로 반전된 부분 중 x 값이 최소값인 곳의 좌표를 찾기 위해 축을 변경해가면서 그림 6(d)에서와 같이 계단형식으로 영사영역의 모서리를 따라서 추출한다.

영사영역이 왼쪽으로 기울어진 이미지에서는 그림 6에서와 같이 아래에서 위로, 왼쪽에서오른쪽으로 검사를 하기 때문에 첫 번째 꼭짓점 A는 왼쪽 하단 꼭짓점이 될 것이고 반대로 그림 5에서와 같이 영사영역이 오른쪽으로 기울어진 이미지에서는 첫 번째 꼭짓점 A는 오른쪽 하단 꼭짓점이 될 것이다. 따라서 영사영역이 왼쪽으로 기울어졌을 경우 첫 번째 꼭짓점 A와 두 번째 꼭짓점 B가 이루는 선분의 길이와 두 번째 꼭짓점 B와

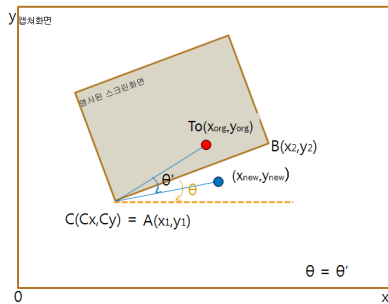
세 번째 꼭짓점 C가 이루는 선분의 길이의 비가 5:4가 될 것이고 반대로 영사영역이 오른쪽으로 기울어졌을 경우 4:5가 될 것이다. 따라서 첫 번째 꼭짓점 A와 두 번째 꼭짓점 B가 이루는 선분의 길이와 두 번째 꼭짓점 B와 세 번째 꼭짓점 C가 이루는 선분의 길이의 비를 통해 영사영역이 어느 쪽으로 기울어졌는지를 판단하였다.

3.4 캡처화면에서의 영사영역 선택

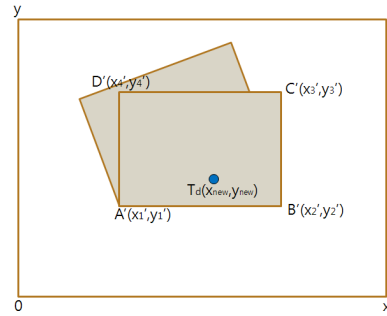
과녁영역으로 예상된 꼭짓점을 찾은 후 4개의 꼭짓점들을 잇는 4개의 선분들이 직선이 폐사각형을 이루고 직사각형이면서 가로와 세로 선분의 비율이 5:4로 되어 있는 부분을 과녁영역으로 판단한다. 만약 조건을 만족시키지 않을 경우는 잡음에 의한 결과로 판단하고 첫 번째 꼭짓점으로 추측한 위치 이후 픽셀부터 다시 4개의 꼭짓점을 찾는 과정을 거쳐서 영사영역을 추출해낸다.

3.5 영사영역 회전

그림 7에서는 캡처화면(a) 및 과녁이 포함된 영사영역의 회전(b)을 보여주고 있다. 캡처화면 내에 과녁영역이라고 판단된 영역의 네 꼭짓점 중 첫 번째 꼭짓점(A)을 기준으로 각도(Θ)만큼 점 T₀와 함께 회전 시킨다.



(a)



(b)

(그림 7) 캡처화면 및 영사영역의 회전

그림 7(a)에서는 탄착점이 되는 중심점의 위치를 영사된 화면을 첫 번째 꼭짓점을 기준으로 Θ 만큼 회전한 모양을 보여주고 있다. 이를 회전을 시킴으로써 과녁영역내의 목표점 위치(T₀)를 파악하기 쉬어진다. 이때 영사영역의 기울어진 각도 Θ 를 식(1)을 이용하여 구한다. 이를 식(2)와 (3)에 대입하면 탄착점이 Θ 만큼 회전시킨 새로운 x, y 좌표 값을 구할 수 있다. 만일 그림7과 같이 첫 번째 꼭짓점과 두 번째 꼭짓점이 이루는 선분의 길이와 두 번째 꼭짓점과 세 번째 꼭짓점이 이루는 선분의 길이 비가 5:4 일 때에는 시계방향으로 회전이 이루어져야 될 경우 식(2)를 이용한다. 반대로 첫 번째 꼭짓점과 두 번째 꼭짓점이 이루는 선분의 길이와 두 번째 꼭짓점과 세 번째 꼭짓점이 이루는 선분의 길이 비가 4:5 일 때에는 반시계방향으로 Θ 만큼 회전 시켜야 하므로 식(3)을 이용한다.

$$\Theta = \tan\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)^{-1} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x_{new} &= (x_{org} - C_x) \cos(2\pi - \theta) - (y_{org} - C_y) \sin(2\pi - \theta) \\ y_{new} &= (x_{org} - C_x) \sin(2\pi - \theta) + (y_{org} - C_y) \cos(2\pi - \theta) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} x_{new} &= (x_{org} - C_x) \cos\theta - (y_{org} - C_y) \sin\theta \\ y_{new} &= (x_{org} - C_x) \sin\theta + (y_{org} - C_y) \cos\theta \end{aligned} \quad (3)$$

그림 7(b)에서는 영사영역에서 기울어진 각도 Θ 만큼 영사영역 전체를 회전시키는 과정을 보여주고 있다. 영사영역의 실제 위치를 계산하기 위해서 영사영역의 네 꼭짓점들을 회전한 후의 위치를 그림 7(a)에서 T_0 의 위치를 구하는 방법과 같은 방법으로 구할 수 있다.

3.6 영사영역 내에서 점 P의 위치 추출

3.5절에서는 꼭짓점 A를 기준으로 Θ 만큼 영사영역을 회전시키는 방법을 보여주었다. 따라서 우리가 추출하려고 하는 탄착점 T_0 가 T_d 로 이동되었음을 볼 수 있다. 회전된 후의 점 T_d 의 좌표 값은 계속 보존된다. 그러나 우리가 원하는 값은 과녁 내의 탄착점 위치이다. 따라서 추출 하려고 하는 탄착점 위치의 값은 실제 영사될 과녁 화면과 캡처 이미지 분석으로 구한 영사영역과의 비율을 구한 후 영사영역 내의 T_d 위치를 실제 영사될 과녁 화면과 매핑 하여 구한다. 과녁화면 내에서 점 T_d 의 위치를 구하기 위해서는 점 A'를 기준점으로 하여, 영사영역의 가로와 세로의 길이, A'의 좌표, 그리고 T_d 의 좌표를 이용하여 구할 수 있다.

그림 7(b)와 같이 점 A'를 기준으로 영사영역이 회전된 후 점 A'의 좌표를 x'_1, y'_1 이라 하자. 탄착점 T_d 의 좌표를 x_{new}, y_{new} 라 할 때 영사영역의 가로와 세로의 길이 및 영사영역내의 탄착점 위치의 x, y 좌표를 구할 수 있다.

영사영역의 가로길이는

$$\sqrt{(x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2} \text{ 나 } \sqrt{(x'_4 - x'_3)^2 + (y'_4 - y'_3)^2} \text{로 구할 수 있다.}$$

그러나 $y'_2 = y'_1$ 이고 $y'_4 = y'_3$ 이므로 $x'_2 = x'_1$ 이거나 $x'_4 = x'_3$ 이다.

영사영역의 세로길이는

$$\sqrt{(x'_3 - x'_2)^2 + (y'_3 - y'_2)^2} \text{ 나 } \sqrt{(x'_4 - x'_1)^2 + (y'_4 - y'_1)^2} \text{로 구할 수 있다.}$$

그러나 $x'_3 = x'_2$ 이고 $x'_4 = x'_1$ 이므로 $y'_3 = y'_2$ 이거나 $y'_4 = y'_1$ 이다.

이를 이용해 영사영역내 탄착점의 x 와 y 좌표는 $x_{new} - x'_1$ 와 $y_{new} - y'_1$ 로 각각 구할 수 있을 것이다.

실제 영사될 과녁화면 가로길이(R_w)와 실제 영사될 과녁화면 세로길이(R_h)라 하자. 영사영역의 가로와 세로의 길이 및 영사영역내 탄착점 위치의 x, y 좌표가 구해지면 실제 영사될 과녁화면 내에서의 점 P의 위치를 추출하기 위해서 식(4)를 이용한다. 여기에서 T_x 와 T_y 는 우리가 구하려고 하는 점 P의 x 와 y 의 좌표 값이다.

$$T_x = \frac{\{(x_{new} - x'_1) * R_w\}}{(x'_2 - x'_1)}, T_y = \frac{\{(y_{new} - y'_1) * R_h\}}{(y'_3 - y'_2)} \tag{4}$$

식(4)는 다음과 같은 원리에 의해 나온 식으로 영사영역의 길이를 계산하는 방법이다. 실제 과녁 영상의 길이는 다음과 같이 구한다.

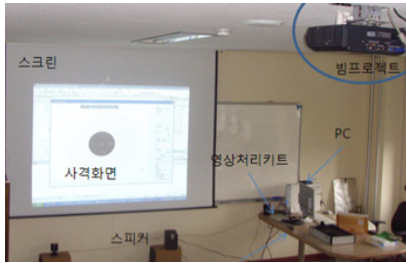
- 영사영역의 가로길이 : 실제 과녁영상의 가로길이 = 영사영역 내 탄착점 x좌표 : 실제 과녁영상내 탄착점의 x좌표(T_x)
- 영사영역의 세로길이 : 실제 과녁영상의 세로길이 = 영사영역 내 탄착점 y좌표 : 실제 과녁영상내 탄착점의 y좌표(T_y)

4. 구현 및 실험 결과

4.1 구현

모의 사격 시뮬레이션에서 탄착점 추출 및 점수 환산을 실험하기 위해서 그림 8과 같이 환경을 구성하였다. 천장형 빔 프로젝트를 설치하여 PC에서 출력한 과녁영상을 벽면 화이트 스크린에 영사한다. 무선카메라로 촬영한 영상을 캡처하여

탄착점을 추출 할 수 있도록 개발한 알고리즘을 이용하여 탄착점의 위치를 구한 후 그 탄착점이 속하는 점수를 할당할 수 있도록 구현하였다.



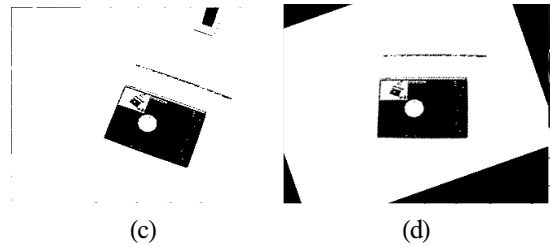
(그림 8) 사격 시뮬레이션 구현 및 테스트 환경

그림 9에서는 우리가 구현한 탄착점 추출을 위한 처리과정을 차례로 보여주고 있다. 그림 9(a)는 총구에 설치된 무선카메라로 캡처한 이미지를 보여주고 있다. 캡처된 이미지에는 빔프로젝트에 의해 영사된 영사영역이 포함되어 있음을 볼 수 있다. 그림 9(b)는 그림 9(a)의 이미지를 그레이 이미지로 변환한 결과를 보여주고 있다. 이 변환을 통해 그림 9(c)의 이진화 이미지로 변환이 가능하도록 한다. 그림 9(c)는 그림 9(b)의 0에서 255까지의 밝기를 가진 그레이 이미지를 밝기 180을 기준으로 0과 255 즉, 흑과 백 두 가지 색으로 구성된 이진화 이미지로 변환한 것이다. 이진화를 통해 밝기 영사영역과 그 외의 부분을 명확하게 구별할 수 있게 된다. 그림 9(d)는 이진화된 이미지 그림 9(c)를 분석하여 영사영역의 꼭짓점의 위치를 찾고 기울어진 만큼을 회전시켜놓은 이미지이다. 이 과정에서 영사영역의 사이즈와 영사영역내의 탄착점의 위치를 구할 수 있게 된다.



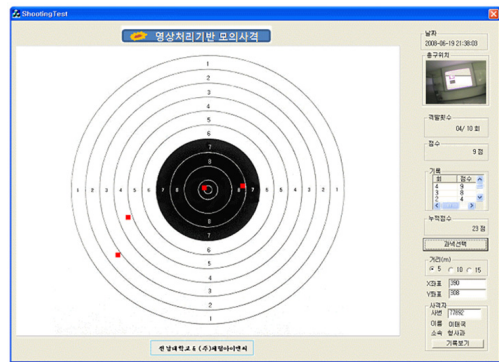
(a)

(b)



(그림 9) 영사 영역내 탄착점 추출과정 구현

그림 10은 영상처리를 기반으로 한 탄착점 추출 결과를 테스트하기 위한 인터페이스를 보여주고 있다. 그림 8에서 보여주었던 영사 영역 내에서 탄착점의 위치를 파악한 후에 그림 10의 좌측 부분의 과녁화면과 매핑 하여 과녁에 탄착점의 위치를 표시해주고, 과녁내의 여러 점수 영역 중 탄착점이 위치한 영역의 점수를 판단하여 유저에 따른 사격 훈련결과를 기록하고 화면 우측에 결과를 보여 줄 수 있다.



(그림 10) 모의 사격 시스템 인터페이스

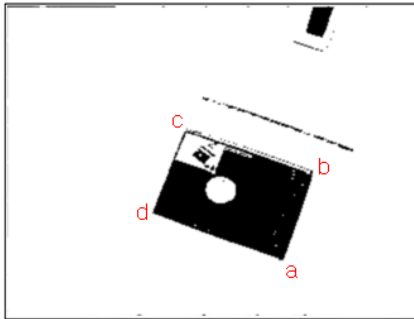
4.2 실험결과

영사영역을 정확하게 추출하였는지를 확인하기 위해 추출된 각 꼭짓점의 위치를 실제 좌표와 비교 하였다. 이를 위해 카메라를 고정시킨 상태에서 100회에 걸쳐 꼭짓점 추출을 시행하였다. 같은 위치에서 같은 영상을 캡처하여 일관성을 유지하여 신뢰성 있는 실험을 행할 수 있도록 하였다. 그 결과 매회 실행시 각 꼭짓점의 위치가 최

대17픽셀에서 최소 0픽셀의 차이를 보였지만 표 3에서 볼 수 있듯이 평균적으로는 매우 작은 오차를 가져 왔다. 여기에서 320*240 사이즈의 이미지에서 1이란 수치는 0.4%미만의 수치를 의미한다.

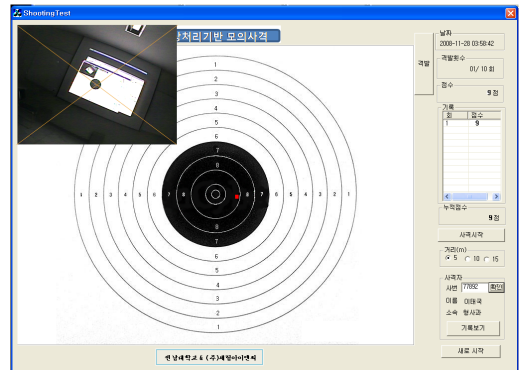
(표 3) 영사영역 추출 결과
(이미지 size 320*240 기준, 단위:픽셀)

	꼭짓점a	꼭짓점b	꼭짓점c	꼭짓점d
x좌표	0.21	0.8	1.34	0.48
y좌표	0.49	1.04	0.98	0.55



(그림 11) 영사영역의 꼭짓점 추출

그림 11에서와 같이 영상처리를 이용하여 추출한 영사영역의 꼭짓점 위치를 점으로 표현하였을 때 육안으로 오차를 분별하기가 쉽지 않을 만큼의 높은 신뢰성을 보여주고 있다. 이러한 실험을 100회를 실험한 결과 캡처 상황에서 전반사 되지 않은 상태에서는 98회를 행하였는데 그림 11과 유사한 결과를 가져왔다. 본 연구의 결과를 확인하기 위해 카메라 캡처영역의 가운데 점의 위치가 영사 영역내 과녁이미지의 가운데를 촬영하도록 고정시키고 테스트 프로그램을 이용하여 200회를 반복 수행을 통해 원하는 결과가 나오는지 확인해보았다.



(그림 12) 탄착점 추출 및 점수 환산 결과

탄착점 추출이 제대로 이루어 졌는지 확인하기 위해 그림 12와 같이 과녁이미지의 각 점수 영역에 추출될 탄착점위치가 포함되도록 인위적으로 카메라 위치를 조작하여 그 결과를 확인하였다. 영사영역 내에서의 탄착점 위치와 실제 영사될 이미지와의 매핑 처리시 소수점 처리를 반올림하여 처리하였기 때문에 약간의 오차가 있을 것으로 예상 했으나 100회의 테스트 결과 100회 모두 정확한 값을 추출해냈다.

5. 결론

본 연구에서는 시간과 비용뿐 아니라 사고의 위험을 줄이고 현장감 있는 모의 사격환경을 제공할 수 있는 시스템을 개발하기 위해 탄착점 추출을 영상처리 기반으로 수행하였다. 총구에 장착된 카메라를 이용하여 빔 프로젝트에 의해 영사된 과녁이 포함된 영상을 이용하여 탄착점을 추출 및 탄착점이 갖는 점수 판단하는 방법을 소개하였다. 모의 사격 시스템의 핵심 기술인 탄착점 추출에 관한 좀 더 높은 인식률과 정확성 및 활용성이라는 요구를 감안함은 물론 외자 기술에서 벗어난 영상처리를 기반으로 한 기술을 통해 탄착점을 추출할 수 있음을 확인하였으며 이를 구현 및 실험을 통해 이를 검증하였다. 탄착점 추출을 위한 영사영역 인식은 빔 프로젝트에 의해 영사된 영사영역의 밝기가 주변 밝기보다 밝음을

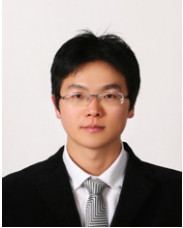
이용하여 이진영상처리와 꼭짓점 추출 방법을 이용하여 구현하였다. 그리고 탄착점 위치 좌표 추출은 영사영역과 과녁이미지와 매핑처리를 활용하였고 탄착점 위치에 따른 점수를 계산하여 사용자에게 보여주는 프로그램을 개발하였다.

향후 카메라의 조리개의 운용방법을 자동화 할 수 있는 방법 접목하여 전반사현상 처리기술까지 포함한 보다 정확하고 신뢰성 높은 탄착점 추출 방법이 가능하도록 하면, 이를 통해 외자 기술에 지출되고 있는 국방비를 줄이고 저비용으로 사격 능력 향상을 꾀할 수 있는 실감형 모의 사격 훈련 시스템을 완성되고 더 나아가 영상처리 기반의 게임 산업이나 유비쿼터스 시스템에 응용에 활용될 수 있을 것이라고 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] chosun.com
http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2008/09/17/2008091701669.html, 2008. 9.
- [2] 서울신문
<http://newswire.seoul.co.kr/newsRead.php?md=A01&tm=3&no=69868&cat=1100&cat1=1104>, 2005, 8.
- [3] 최성빈,한철희, “국방벤처 활성화 대책”. 『국방정책연구』, 한국국방연구원, 2001년 겨울호. pp268. 2001.
- [4] 오세창, 정화영, “모의 사격 시스템을 위한 레이저 빔의 인식” 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 제8권 제1호, pp. 537~542, 2007. 6.
- [5] 오민희, “레이저 발사기를 사용한 신속 대응 사격 훈련 시스템 및 그 방법”, 출원번호 10-2007-0089712 : 2007.09.05
- [6] 이창훈, “레이저광 감지구조의 사격연습 표적장치”, 등록번호 20-034-4496 : 2004. 03. 02
- [7] 김재흠, “표적지의 탄착점 명증을 분석방법 및 그 시스템”, 특허번호 10-046-0522 : 2004. 11. 29.
- [8] 김맹수, “레이저 사격 훈련 시스템”, KR Patent 20-0206981-0000, 2000. 10. 05
- [9] (주)디지털실크로드, “반발력 제시형 3D VR 건(Gun) 슈팅게임시스템 개발”, 정보통신산업 기술개발 보고사업 연구개발 결과 보고서, 2002. 10. 25.
- [10] 임창균, 이태국, 서효방, “영상처리기반 탄착점 추출에 관한 연구”, 한국인터넷정보학회 춘계학술발표대회 제9권 제1호, pp. 411~414, 2008. 5.

● 저 자 소 개 ●



이 태 국

2007년 전남대학교 컴퓨터공학과(공학사)
2009년 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
2009~현재 롯데정보통신 사원
관심분야 : 인공지능, 유비쿼터스응용.
E-mail : penny_nolkr@msn.com



임 창 균

1985년 조선대학교 전산통계학과 (이학사)
1990년 조선대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)
1997년 Wayne State Univ. 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1997~현재 전남대학교 공학대학 컴퓨터공학전공 교수
관심분야 : 인공지능, 유비쿼터스, 영상응용
E-mail : cglim@chonnam.ac.kr



김 강 철

1981년 서강대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 서강대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1996년 경상대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1997~현재 전남대학교 공학대학 컴퓨터공학전공 교수
관심분야 : VLSI 및 임베디드시스템 설계
E-mail : kkc@chonnam.ac.kr



김 용 민

2002년 전남대학교 전산통계학과(이학박사)
2003년 전남대학교 시스템보안연구센터 Post-doc.
2004년 여수대학교 정보기술학부 전임강사
2006년~현재 전남대학교 문화콘텐츠학부 조교수
관심분야 : 정보보안, 전자상거래보안, 시스템융합, 수치모델링 등
E-mail : ymkim@chonnam.ac.kr