

비전 기반 움직임 영역 탐지를 이용한 전차 승무원 보호 시스템 개발

Development of a Tank Crew Protection System Using
Moving Object Area Detection from Vision based

최 광 모* **장 동 식***
Choi, Kwang-Mo Jang, Dong-Sik

ABSTRACT

This paper describes the system for detecting the tank crew's(loader's) hand, arm, head and the upper half of the body in a danger area between the turret ceiling and the upper breech mechanism by computer vision-based method. This system informs danger of pressed to death to gunner and commander for the safety of operating mission. The camera mounted on the top portion of the turret ceiling. The system sets search moving object from this image and detects by using change of image, laplacian operator and clustering algorithm in this area. It alarms the tank crews when it's judged that dangerous situation for operating mission. The result in this experiment shows that the detection rate maintains in 81~98 percents.

주요기술용어(주제어) : Motion Detection, Vision System, Accident Prevention, Difference image, Threshold, Normal Distribution, Laplacian Operator, Morphology. Clustering, Image CCD, DSP

1. 머리말

현재 육군은 전력화하여 운용중인 신형 K계열 전차를 다수 보유하고 있으며, 이를 운용하는 전차 승무원은 전차장, 포수, 조종수, 탄약수^[1,2]로 구성되어 있다. 승무원들은 각각 고유한 역할을 가지고 임무를 수행하는데, 이들 중 탄약수는 할당된 구역을 감시하고 전차포탄을 장전하며 기타 필요한 임무를 수행하

게 된다^[2]. 특히 탄약수는 전차포탄을 장전하는 임무 수행 시 안전사고에 가장 많이 노출되어 있다. 신형 K계열 전차에서는 탄약수가 안전수칙을 무시하고 고속으로 작동하는 전차포의 상하 작동 시 전투실 상단 천장과 전차포 폐쇄기 사이에서 부상을 당하거나 사망할 수 있는 위험성을 안고 있다. 따라서 본 논문에서는 생명과 직결되는 안전문제를 해결하기 위해 탄약수의 움직임을 탐지할 수 있는 비전 시스템을 구현하고자 한다.

이러한 비전 시스템을 이용하여 안전문제를 해결하는 연구는 주로 지능형 차량 개발과 관련하여 운전보조시스템인 측후방 차량 감지^[3] 및 버스 승객의 안전

† 2005년 5월 4일 접수~2005년 6월 7일 게재승인
* 고려대학교 산업시스템정보공학과(Korea University)
주저자 이메일 : kwangmos@hanmail.net

한 하차를 위해 출입문 후방 지역을 감시하고 경보해주는 시스템^[4] 등으로 발전 하고 있다. 이와 같이 특정한 위험을 주는 영역을 항상 감시하며 자동으로 경고해 준다면 안전사고를 사전에 방지하고 위험발생시 피해를 최소화할 수 있을 것이다.

탄약수는 협소한 전투실 내부에서 전차포탄을 장전하며 사격 중 불발 시 응급처치를 실시하게된다. 이때 포탑이나 전차포를 작동하거나 사격 시 전차장 및 포수는 차내 전화를 통하여 모든 승무원에게 경고를 하게 되어 있다^[2]. 사격 및 전차포 작동 시 전차포 주퇴운동 지역 및 폐쇄기 상단에 접근하는 것은 금지되어 있다. 만약 부주의로 인해 폐쇄기 상단 및 위험영역에 탄약수가 손, 머리 등의 신체 일부를 집어넣었을 때 이를 확인하지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 이런 상황에서 확인하지 않고 전차포를 작동하거나 사격 간 자동으로 작동하는 전차포 폐쇄기의 급격한 상승으로 인해 전투실 천장과 폐쇄기 사이에서 부상을 당하거나 사망할 수 있다.

이는 탄약수가 안전수칙을 무시한 인적 원인 및 상하 운동을 하는 폐쇄기의 동작운동과 움직임이 없는 전투실 천장부분 사이에 형성되는 협착점에 의한 기계안전사고이다^[5].

본 논문에서는 전차포 폐쇄기와 전투실 천장부분 사이에 협착점에 해당하는 영역을 위험영역으로 설정, 움직임을 탐지하여 승무원에게 경고하는 시스템을 구현함으로써 안전사고를 예방하고자 하는 것이다.

탄약수와 전차포를 작동하는 포수, 전차장은 안전사고에 대한 부담감이 감소하게 되며 사고예방 및 전투력 증가라는 효과를 얻게 된다.

본 논문의 구성은 2장에서는 전투실내 위험영역에 대해 3장에서는 위험영역에서 움직임을 탐지하기 위한 움직임 영역 탐지 과정을 4장에서는 실험 환경 및 실험 결과를 기술하였고, 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 위험영역에 대한 탐색영역 설정

전차 승무원은 전투실내의 제한된 공간에서 장비를

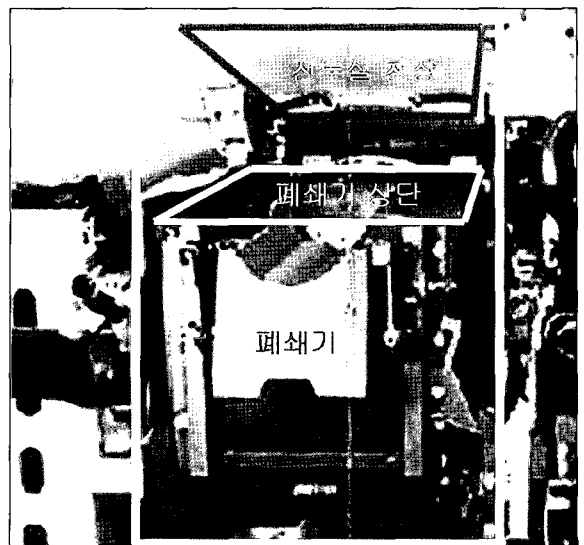
조작하게 되는데, 고속으로 동작하는 전차포의 상하 운동 시 탄약수는 항상 위험에 노출되어 있다.

탄약수가 안전수칙을 무시하고 그림 1과 같이 위치하여 행동하거나 장비를 조작하게 되면 전차포 하향 지향 시 폐쇄기는 상승하게 되므로 전투실 천장 사이에 손, 팔, 어깨, 머리 등 신체 일부분이 끼어 다치거나 사망할 수 있다.

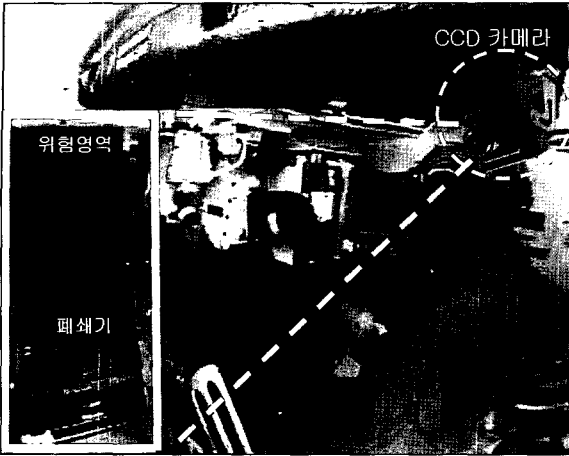
이러한 위험 상황에 대처하고자 전차포 상하 작동 시 이러한 안전사고를 유발하는 위험 지역을 그림 2와 같이 폐쇄기 외곽에 직사각형 영역으로 설정하여



[그림 1] 포 작동 시 안전수칙을 무시한 행동



[그림 2] 위험영역 설정



[그림 3] 전투실 내 카메라 설치

영역 내에 움직임을 탐지하도록 한다. 그림 2는 미 육군의 M1A1 전차의 전투실^[6]을 예로 들어 위험영역을 설정한 그림이다.

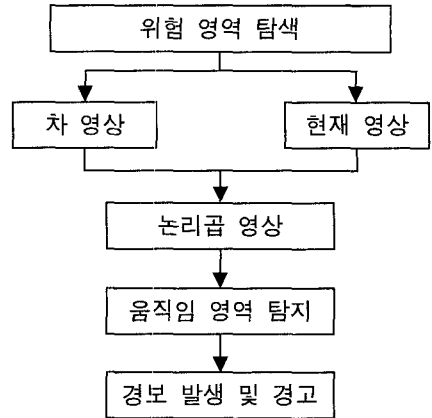
탄약수의 움직임을 탐지하기 위해서 입력영상의 모든 영역을 설정하지 않고 일부 영역만을 설정하였다. 전체 영역을 감시할 때 보다 연산량을 감소시켜 처리속도를 빠르게 할 수 있다.

설정된 영역은 전차포 상하 작동 및 사격 시 폐쇄기 주퇴 위험 지역 및 폐쇄기 상단의 위험 지역 모두를 포함하고 있고, 이 영역 안으로 진입하는 탄약수의 머리, 손 등 신체 일부 또는 몸 전체의 움직임을 감지하도록 한다.

그림 3과 같이 설정된 위험영역의 영상을 입력받을 수 있는 위치에 카메라를 설치한다. 그림 3은 미 육군의 M1A2 전차에 예를 들어 카메라를 설치된 그림^[7]이다. 카메라의 위치는 임무수행에 지장을 주지 않는 곳에 설치하고, 전투실 내부는 조명이 불충분하기 때문에 어두운 곳에서도 움직임을 잘 감지해야 한다.

3. 움직임 영역 탐지 과정

본 시스템에서는 환경의 변화가 없는 고정영역의 배경을 대상으로 하여 새로운 객체가 위험영역으로 입력되었을 때, 이를 탐지하고 객체의 움직임 영역을 추출^[8]하여 위험상황을 경보하고자 한다. 그림 4는 움



[그림 4] 움직임 탐지 과정

직임 영역을 탐지하는 과정을 간단히 표현한 그림이다. 위험영역 탐색을 통해 차 영상과 현재 영상으로부터 움직임 영역을 논리곱 연산을 이용하여 산출한다. 이 결과 영상에 후처리를 통해 최종 움직임 영역을 탐지하고 움직임영역 탐지 시 경고를 하게 된다.

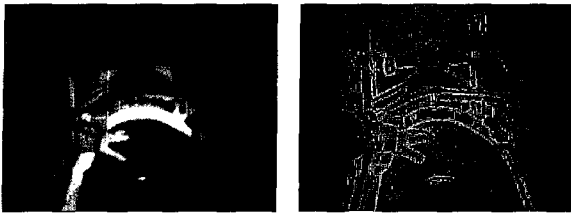
가. 움직임 탐지

움직임을 탐지하기 위한 영상 획득 방법은 단일 영상에서 연속된 영상을 이용하는 방법이 있는데 여기에는 상관 기반 기법, 광류 기반 기법, 움직임 기반 기법, 차 영상 분석 방법 등이 있다.

그 중 고정된 위험영역을 감시하는 연속된 영상 안에서 움직임이 발생한다면 인접한 영상과의 차를 이용하여 색상과 무관한 명암 변화에 따라 움직임이 발생한 부분만을 검출이 가능하며, 계산이 간단한 차 영상 분석 방법^[9]을 사용하여 시스템을 구축한다. 즉 움직임의 변화가 없는 영상에 대해서는 차이가 작고, 움직임의 변화가 있는 영상에 대해서는 차이가 크기 때문에 차 영상을 잘 얻을 수 있다는 전제 하에서 움직임 영역을 검출하는데 효과적인 방법이라고 할 수 있다^[10].

나. 차 영상 획득

차 영상 분석 방법은 움직임 탐지를 위해서 카메라로부터 입력된 영상에서 움직임의 영역이 있는가에 대한 판단 여부를 결정하기 위해 연속 연상의 차 영상을 이용한다. 즉 현재 영상에서 이전 영상을 뺀 영



1) 원 영상 2) 라플라시안 영상
(Ostu 방법)

[그림 7] 라플라시안 연산자를 이용한 처리결과

라플라시안 연산자를 이용하여 현재 영상을 처리 후, 이 영상을 이진화하기 위한 임계값을 설정하는 방법은 여러 가지가 있으나, Ostu^[15]에 의해서 임계값을 결정하고 이진화 하였다. 그림 7은 Ostu를 이용한 라플라시안 연산 후 Ostu에 의해 이진화한 결과 영상이다.

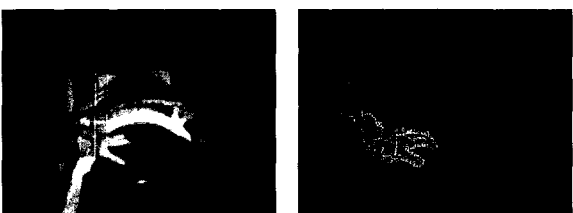
라플라시안 연산자는 모든 방향의 윤곽선을 검출할 수 있으며, 연산속도가 빠르다는 장점을 가지고 있다.

라. 논리곱을 이용한 노이즈 감소

차 영상과 라플라시안 연산자를 이용한 이진화된 영상에서 차 영상은 배경 속에서 대략적인 움직임 영역을 나타내고, 라플라시안 영상은 배경과 움직임을 포함한 윤곽선을 검출하게 되는데 이렇게 획득한 두 개의 영상에 논리곱 연산^[16]을 이용하여 최종 영상을 구한다. 식 (4)는 논리곱 연산을 나타내는 식이다.

$$N_{AND} = D_{Difference} \cdot C_{Laplacian} \quad (4)$$

논리곱 연산을 수행함으로써 움직이는 물체에 대한 윤곽선 영상을 좀 더 세밀하게 얻을 수 있으며 노이즈를 줄일 수 있다. 그림 8은 이러한 논리곱 연산의



1) 원 영상 2) 논리곱 연산 결과

[그림 8] 논리곱 연산을 이용한 영상

결과를 나타낸 것이며 차 영상 또는 라플라시안 영상만을 사용하여 움직임을 찾을 때보다 노이즈가 감소한 것을 확인할 수 있다.

이와 같이 논리곱 연산을 이용하여 움직임 물체의 영역을 찾을 수 있으며 움직임 물체 영역의 추적을 비교적 쉽게 구현할 수 있다.

마. 움직임 물체 영역 검출

위험영역 내에 물체가 탐지되고 앞에서 설명한 방법들을 이용하여 물체의 움직임 영역을 찾게 되면, 결과 영상인 그림 9와 같이 나타낼 수 있다. 움직임 영역으로 검출된 픽셀들 중 가장 위쪽, 아래쪽, 좌측 및 우측의 픽셀을 이용하여 움직임 영역을 간단히 검출한다.

그러나 입력 영상에서 밝기값의 미세한 변화량으로 인해 잡음을 완전히 제거할 수는 없었다. 즉 움직임 물체 영역을 최적화 시킬 수 없게 되어 움직임 영역이 필요 이상으로 커지게 되었다.

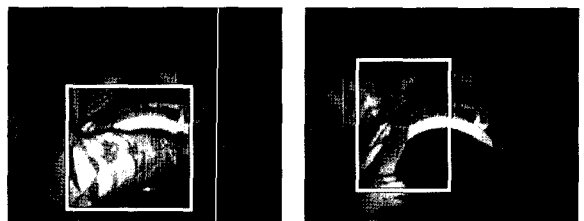
그림 10은 노이즈로 인해 잘못된 움직임 영역을 찾은 모습이다.

이러한 오작동을 방지하기 위해 여러 가지 노이즈 제거 필터와 완전한 움직임을 추출하기 위해서 모폴



1) 손 부분 탐지 2) 팔 부분 탐지

[그림 9] 움직임 영역 탐지



1) 팔 부분 탐지 2) 상반신 부분 탐지

[그림 10] 잘못된 움직임 영역 탐지

로지 연산 알고리즘이 많이 사용된다. 모폴로지는 외각 검출 후 열기 및 닫기 연산을 수행하여 외각 검출에서 발생한 빈 영역을 채우거나 없애는 연산을 완전히 수행 후 물체를 추출한다. 그러나, 본 논문에서는 움직임 영역 중에서 가장 두드러진 영역을 다시 한번 찾아서 나타내는 방법을 사용한다.

이러한 방법을 위해 움직임 영역 안에 탐지된 픽셀의 좌표점 n 개 중 $\frac{n}{2}$ 개를 D_x 와 D_y 로 정의 하였으며, 식 (5)를 이용하여 x , y 의 평균점 m_x 와 m_y 를 구하였다. 평균점 m_x 와 m_y 를 가지고 식 (6)을 이용하여 각 점까지의 거리를 계산하였다. 그 거리값(J_i)이 반경 40픽셀 범위 안에 위치한 픽셀값 들을 움직임 영역에 있는 것으로 간주하고 편입시키는 휴리스틱한 방법으로 클러스터링 하였다^[3].

$$D_x = \{x_0, \dots, x_{\frac{n}{2}-1}\}, D_y = \{y_0, \dots, y_{\frac{n}{2}-1}\}$$

$$m_x = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{\frac{n}{2}-1} x_i, \quad m_y = \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{\frac{n}{2}-1} y_i \quad (5)$$

$$J_i = \sqrt{(m_x - x_i)^2 + (m_y - y_i)^2} \quad (6)$$

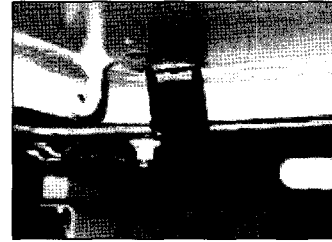
이렇게 하게 되면 움직임 영역을 탐지 후, 영역 경계선에 무작위로 흩어져 있는 잡음들을 포함하지 않고 움직임 영역 내에 임계값 범위 이하픽셀들은 하나의 움직임으로 결정하게 된다.

임계값을 너무 크게 잡는 경우에는 움직임 영역을 필요 이상으로 크게 잡는 경우가 있으므로 실험적으로 본 논문에서는 거리값이 반경 40픽셀내에 검출된 점들이 80개 픽셀 이하인 것으로 임계값을 설정하였다.

4. 실험 결과

가. 실험 환경

실험은 K계열 전차 전투실 내에 위험영역 지역을 감시하고 영상을 받을 수 있는 위치에 CCD 카메라



[그림 11] 실험 카메라 설치

를 그림 11과 같이 설치를 하였다.

카메라는 VQ29B-B36 모델의 흑백 CCD 카메라이며, 초점거리는 3.6mm를 사용하였다. 크기는 가로 29mm, 세로 29mm, 높이 28mm의 소형 카메라이다. 이 카메라로부터 입력 받은 영상을 처리하기 위해 펜티엄IV 1.7GHz 컴퓨터에 마이크로로봇사(Microrobot)의 영상처리보드를 장착하여 실험하였다. 마이크로로봇사의 마이비전보드를 사용하여 카메라로부터 NTSC 신호를 입력받는다. 영상은 320×240의 크기로 초당 30프레임 정도를 처리하게 된다.

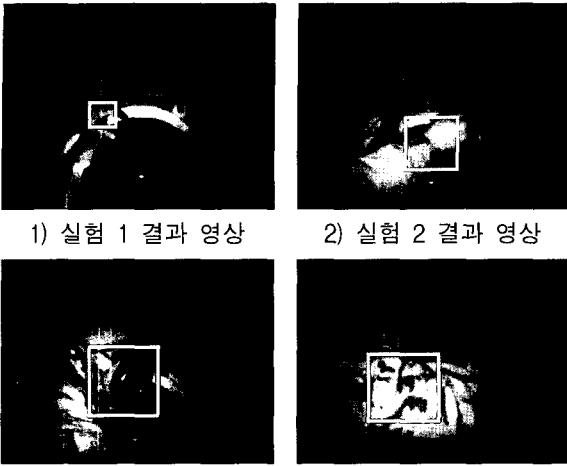
입력영상의 확인은 카메라에 소형 캠코더를 연결하여 소형 CCD 카메라로부터 들어오는 입력영상을 확인하여 카메라의 기울기를 위험영역에 맞게 조정하였다.

움직임 탐지를 위해 전투실을 밀폐하고 실내등을 작동시킨 상황에서 탄약수가 임무 수행중인 모습을 촬영하면서 위험영역에 탄약수의 신체 일부가 진입하는 것으로 실험을 하였다. 단 정상적인 절차에 의해 이루어지는 전차포탄 장전, 불발된 처리 및 정비 임무수행 중에는 작동 하지 않는 것으로 가정한다.

나. 실험 결과

비전을 통한 움직임 탐지에 관한 실험은 전투실 내부에 카메라를 장착하여 성능을 실험해 보았다. 본 실험을 위해 총 4가지 위험상황을 재현하여 실험을 실시하였다.

- 실험 1 : 탄약수의 손이 진입하는 상황
- 실험 2 : 탄약수의 팔이 진입하는 상황
- 실험 3 : 탄약수의 머리가 진입하는 상황
- 실험 4 : 탄약수의 상반신이 진입하는 상황



1) 실험 1 결과 영상 2) 실험 2 결과 영상
3) 실험 3 결과 영상 4) 실험 4 결과 영상
[그림 12] 실험 결과 영상

다음의 경우들은 탄약수가 임무 수행 시 안전수칙을 무시했을 때 큰 피해를 입을 수 있는 상황들이다.

그림 12에 1)은 탄약수의 손이 폐쇄기 상단에 올려져 있는 경우이다. 이는 무의식 중에 가장 빈번하게 일어나는 행동이다. 그림과 같이 위험영역안에 손이 진입하게 되면 정확히 손 영역을 탐지하였다. 그림 12에 2)는 탄약수의 팔이 폐쇄기 상단에 올려져 있는 경우이다. 그림과 같이 위험영역 안에 팔이 진입하게 되면 팔 영역 중 움직임이 가장 두드러진 영역을 찾아 탐지하였다. 그림 12에 3)은 탄약수의 머리가 위험지역 안에 위치하게 되면 움직임 가장 두드러지는 부분인 헬멧의 수화부 부분을 탐지하였다. 마지막으로 그림 12에 4)는 탄약수의 상반신이 위험영역 및 폐쇄기 후방지역에 있을 시에도 움직임을 탐지하였다.

표 1은 각각의 실험 사항에 대한 결과이다. 실험 상황 별로 움직임이 있는 실험 영상의 총 프레임 수에서 정확히 움직임 영역을 탐지한 프레임 수로 나타낸 것이다.

손, 팔등 움직이는 물체가 상대적으로 작은 신체 부위는 위험영역 안에서 탐지율이 우수하였으나, 위험영역 안에서 움직임이 크며 머리, 팔, 상반신의 움직임이 동시에 일어나는 경우 탐지 시 탐지 영역이 불규칙하여 상반신 탐지에 대해서는 탐지율이 상대적

[표 1] 실험 실시 결과

항 목	총 프레임 수	탐지 프레임 수	탐지율
실험 1	51	50	98.1%
실험 2	78	70	89.7%
실험 3	80	69	86.7%
실험 4	98	80	81.5%

으로 낮았다. 즉 상반신의 중심을 탐지하였으나 머리, 팔 등의 움직임의 영향을 받았다.

5. 맺음말

본 논문은 전차 승무원들 중 치명적이고 생명까지 잃을 수 있는 안전사고에 노출되어 있는 탄약수에게 발생할 수 있는 사고 유형들을 예방하고자 전투실 내부에 카메라를 장착하여 위험영역에 진입 시 움직임을 탐지하는 시스템을 구현하였다.

실험을 통해 안전사고로 인해 부상을 당하거나 사망할 수 있는 신체 부위인 손, 팔, 머리, 상반신 등을 비교적 정확히 탐지하였다. 탐지 시 경보음 또는 포를 조작하는 승무원이 인식할 수 있게 경보 체계를 구축한다면 안전사고 위험이 크게 감소될 것으로 기대된다. 이 시스템을 보완하여 DSP(Digital Signal Processor) 등을 이용 소형화하여 장착한다면 안전사고에 대한 부담감을 감소시켜 군 전투력 발전에 큰 도움이 될 것이다.

전방경계 시 전차 조준경으로부터 입력되는 영상에서 적의 움직임 및 적으로 의심되는 물체 탐지에 이용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 알고리즘을 보완하여 위험영역 안에 움직임이 없을 시에도 신체 부분을 정확히 탐지하도록 하는 것과 정상적인 절차에 의한 위험영역 안에서 임무수행과 비정상적인 임무수행을 구별하여 경보하는 문제, 실제 위험영역에 있지 않지만 위험영역 안에 있는 것처럼 보일 시 오탐지를 줄이는 방안도 해결해야 할 과제이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.globalsecurity.org/military/world/rok/army-equipment.htm>
- [2] 육군본부, 전차포술, 육군본부, 2004.
- [3] 김종철, "DSP를 이용한 차선 변경 위험 경보 장치", 고려대학교 석사학위 논문, 2003.
- [4] 이광순, 이경복, 노광현, 한민홍, "버스 승객의 안전한 하차를 위한 컴퓨터비전 기반의 차량 탐지 시스템 개발", 한국신호처리·시스템학회 논문집 제6권 1호, pp.1~7, 2005.
- [5] 권영국, 산업안전공학, 형설출판사, 2002.
- [6] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/images/m1a2-abrams-turret.jpg>
- [7] <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/images/M1A2-inside.jpg>
- [8] 최내석, 오해석, "실시간 칼라영상에서 객체추출 및 추적", 정보처리학회논문지B 제10-B권 제1호, pp.81~86, 2003.
- [9] 임종석, 김옥현, "이동 카메라 영상에서 컬러 정보를 이용한 다수 보행자 검출 및 추적", 정보처리학회논문지B 제11-B권 제3호, pp.317~326, 2004.
- [10] L. Paul, "Thresholding for Change Detection", the 6th International Conference on Computer Vision, 274~279, 1988.
- [11] 정미영, 최석림, "동영상에서의 적응적인 임계화를 통한 움직임 검출 및 추적", 대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집 제25권 제1호, 2002.
- [12] Ti Aach, Andre Kaup and Rudolf Mester, "Statistical model-based change detection in moving video", Signal Processing31, pp.165~180, 1993.
- [13] A. Papoulis, Probability, Random Variables and Stochastic Process. McGraw-Hill, 1991.
- [14] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Prentice-Hall, 2002.
- [15] N. Ostu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram", IEEE Transactions Transactions on System, Man, and Cybernetics, Vol. SMC-9, No1, 1979.
- [16] 이광호, 이승익, "움직임 영역 추출 알고리즘을 이용한 자동 움직임 물체 분할", 멀티미디어학회 논문지 제7권 제9호, pp.1240~1245, 2004.