

## 내부 운전자 보호를 위한 금속물체 탐지 시스템

김진규\*, 주영훈\*, 박진배\*\*

\* 군산대학교 전자정보공학부, \*\* 연세대학교 전기전자공학과

### Metal Object Detection System for Protecting the Driver in Car

Jin Kyu Kim\*, Young Hoon Joo\*, and Jin Bae Park\*\*

\* School of Electronic & Information Engineering, Kunsan National University\*

\*\* Department of Electrical & Electronic Engineering, Yonsei University

**Abstract** - 본 논문에서는 영상처리 기술을 기반으로 한 내부 운전자에게 위협이 될 수 있는 금속 물체를 탐지하기 위한 실시간 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 퍼지 이론을 이용하여 금속물체를 탐지할 수 있는 색상 필터를 설계하여 사용하였다. 차량안의 특정 탐지 영역 내에서 FCF(Fuzzy Skin Filter)를 이용하여 운전자의 얼굴 영역을 탐지하고, 동승자가 위협을 가한다는 가정 하에 손 영역을 탐지한다. 탐지된 동승자의 손 영역을 중심으로 색상기반 원형 탐색기법을 사용하여 최종 금속물체의 후보영역을 설정하고, 금속물체 색상필터를 적용하여 최종적인 금속물체영역을 탐지 한다. 제안된 방법은 여러 실험을 통해 내부 운전자 보호를 위한 금속물체 탐지 시스템의 우수성을 증명한다.

#### 1. 서 론

최근, 자동차 실내 안전에 관한 연구가 활발히 이루어 지고 있으며, 운전자를 보조할 수 있는 기기들이 많이 시판되고 있다. 특히, CCD 카메라를 이용한 사고 저장 장치인 블랙박스나 후방감지 카메라 사각 안 내 카메라등은 그 기능 및 효용성을 인정받고 있는 상황이다[1]. 그러나 이러한 CCD 카메라들의 활용은 외부적인 문제들만을 해결하는데 주안점을 가지고 있다. 최근 통계자료를 보면 생계형 범죄의 증가로 인하여 영염용 자동차의 강도 등의 피해가 급증하고 있는 것으로 나타나고 있다[2]. 특히 이런 자동차를 대상으로 한 범죄중에 택시 강도등의 특수절도 검거율은 기대에 못 미치고 있는 것이 현실이다. 또한, 이에 대한 연구는 많이 이루어지고 있지 않다.

따라서, 본 논문에서는 CCD카메라를 활용하여 이러한 자동차 내부 안에서 운전자를 위협에 관한 대응책을 모색하고자 한다. 본 논문에서는 차량 범죄나 일반운전자를 위협하는 금속물체에 의한 운전자의 생명과 물질적인 손실을 미연에 방지하기 위해 웹캠을 이용한 금속물체 탐지 시스템을 제안한다. 이를 위해, 먼저 차량내 설치된 웹캠을 이용하여 차량내 특정 탐지 영역 내에서 FCF(Fuzzy Skin Filter)를 이용하여 운전자의 얼굴 영역을 탐지하고, 위협을 가하는 동승자의 손 영역을 추출하기 위해 퍼지 색상필터 정보와 움직임 정보를 사용한다. 검출된 동승자의 손을 기준으로 금속물체의 대략적인 후보 영역을 설정한 후, 후보영역을 설정하기 위해 검출된 손의 양 끝을 금속물체 탐색 공간으로 설정하고 색상 기반 원형 탐색 기법을 적용하여 금속물체의 후보영역을 설정한다. 설정된 후보영역을 대상으로 퍼지를 이용하여 구현한 금속물체 필터를 적용하여 운전자에게 위협을 가하는 금속물체를 탐지하고 실시간 추적하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 제안된 방법은 여러 실험을 통해 그 우수성을 증명한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 금속물체 탐지 시스템의 영상 처리 기법

금속물체 탐지 시스템은 차량 내부에 설치된 웹캠을 이용하여 입력된 영상으로부터 내부 운전자를 위협할 수 있는 금속물체를 탐지하기 위하여 얼굴영역 추출 알고리즘과 색상기반의 손 영역 탐지알고리즘, HIS 색상기반 금속물체 추출알고리즘을 사용하여 금속물체 후보영역 탐색 공간을 설정한다. 설정된 탐색공간에서 퍼지 기반 금속물체 필터를 적용하여 내부 운전자 주변의 금속물체를 탐지한다. 얼굴 영역 추출 알고리즘은 다양한 주변 환경의 조건에서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있는 퍼지 색상 필터를 사용한다[3]. 또한 퍼지 기반 금속물체 필터를 적용하여 정확하고 빠르게 금속물체를 탐지한다.

##### 2.1.1 금속물체 탐지를 위한 탐색 공간 설정

입력된 영상으로부터 금속물체를 탐지하기 위한 탐색 공간의 설정은 다음과 같은 순서로 설정된다. 먼저 운전자의 얼굴영역을 탐지하고, 다음단계로 동승자의 손 영역을 탐지한 후, 추출된 손 영역의 양 끝점을

기준으로 HIS 색상기반 금속물체 추출알고리즘을 통하여 대략적인 금속물체의 탐색 공간을 설정한다. 운전자의 얼굴 영역을 탐지하기 위해서 조도 환경의 변화 및 얼굴의 변화에 강인하게 대처할 수 있고, 빠르게 얼굴 영역을 검출하기 위해 퍼지 모델 기반 색상 필터를 사용하였다. 본 논문에서는 내부 운전자를 위협할 수 있는 금속물체는 동승자의 손에 들려있다고 가정한다. 내부 운전자의 얼굴 영역을 탐지한 후 금속물체를 검출하기 위해 동승자의 손 영역을 탐지한다. 색상 기반 손 탐지 알고리즘은 손의 피부색을 이용하는 방법으로 그 기법이 간단하고 제한된 상황에서 그 성능이 우수하기 때문에 피부색을 이용한 손 탐지 기법을 사용한다. 피부색을 탐지하기 위해 앞에서 설명한 퍼지 색상 필터의 색상 정보를 사용한다. 보다 정확한 손의 위치를 검출하기 위하여 움직임정보와 색상정보를 혼합한 식 (1)과 같은 색상 정보를 사용한다.

$$\bar{I}_h = I_f \bar{I}_t \quad (1)$$

여기서,  $I_f$ 는 퍼지 색상 필터의 피부색 영역을 나타낸다. 연속적인 입력 영상에서 퍼지 색상 필터 정보를 사용하여 동승자 손의 피부색 영역을 검출한다. 추출된 피부색 영역 정보로부터 피부색 정보가 담긴  $\bar{I}_h$  영상의 히스토그램을 생성한다. 이때 추출되는 내부 운전자와 동승자의 얼굴영역 및 목 부분을 제외하고 탐색공간을 생성한 후 가로 방향과 세로 방향으로 히스토그램 및 평균값 이동 기법을 사용하여 동승자의 손을 검출한다. 얼굴영역과 목 부분을 제외한 피부색 정보가 가장 많은 부분을 손이라 판단함으로써 손의 위치를 추적한다. 동승자의 손을 검출하는 과정은 그림 1과 같다.

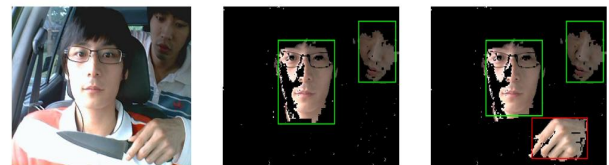


그림 1. 손 검출 과정

동승자의 손 검출이 완료되면 다시 검출된 동승자의 손을 기준으로 금속물체의 대략적인 후보 영역을 설정하게 된다. 후보영역을 설정하기 위해서 검출된 손의 양 끝을 금속물체 탐색 공간으로 설정하고 식(2)와 같은 HIS색상 모델 기반 금속물체정보를 가장 잘 표현하는 조건식에 만족하는 영역을 탐색한다. 만약 후보 값과 비슷한 영역의 값이 영상에 존재할 경우 손과 가장 가까운 영역의 값을 첫 번째 후보로 선택한다. 그림 2는 금속물체 후보영역 탐색 과정을 보여준다.

$$\begin{aligned} S &\geq 16, V \geq 50, \\ -H - 0.4V + 15 &\geq S \\ H &\leq 0.1V + 13 \\ \text{if } H \geq 0 \quad S &\leq (10 - V)H + 0.7 \text{ else } S \leq 0.7H \end{aligned} \quad (2)$$



그림 2. 금속물체 후보영역 설정

### 2.1.2 퍼지를 이용한 금속물체 색상필터

HIS색상 모델을 이용한 금속물체 영역 검출은 금속물체의 다양함과 주변 환경의 조도 변화에 따른 금속물체의 색상변화 인해 매우 힘든 일이다. 따라서, 조도 환경의 변화에 강인하게 대처 하고, 빠르게 금속물체 영역을 검출하기 위해 퍼지 모델 기반 색상 필터를 사용하였다. 퍼지 색상 필터는 식(3)과 같은 규칙으로 구성된다. 그림 3은 색상 필터 동정을 위해 사용된 금속물체 샘플이다.

$$R_i: \text{ IF } x_1 \text{ is } M_{i1} \text{ and } x_2 \text{ is } M_{i2} \text{ and } x_3 \text{ is } M_{i3} \\ \text{ THEN } y_i(x) = d_i \quad (3)$$

최종 퍼지 규칙의 최종 출력  $Y(x)$ 은 다음과 같다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(x) d_i}{\sum_{i=1}^l h_i(x)} \quad (4)$$

$$h_i(x) = \prod_{j=1}^3 \mu_{M_j}(x_j) \quad (5)$$

여기서,  $l$ 은 퍼지 규칙의 수이다. 최종적으로 색상 필터를 적용시킨 이미지는 식 (6)과 같이 계산된다. 여기서,  $\alpha$ 값은 흑백영상을 위한 오프셋 값이며,  $Y_{\min}$ 은 금속물체로 분류하기 위한 최소값을 나타낸다.

$$\hat{Y}(x) = \alpha u(Y(x) - Y_{\min}) \quad (6)$$



그림 3. 금속물체 샘플

### 2.2 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 실험에 사용된 영상은 웹캠으로부터 얻은 320×240크기의 24bit컬러 영상이며, 프레임 속도는 10frame/sec이다. 본 시스템은 자동차 내부에 설치된 웹캠과 운전자의 거리범위(0.3-0.5m)안에서 금속물체의 탐지를 수행한다. 실험영상은 주간운전 상황 중에 운전자가 동승자의 위협을 받는 상황을 가상으로 구성하여 획득 하였다. 본 논문에서는 동승자의 손 가려짐 문제는 고려하지 않았다. 최초 금속물체의 탐지는 동승자의 손에 들려있다는 가정 하에 시스템이 실행되기 때문이다. 시스템의 알고리즘은 공개용 소스 OpenCV를 이용하고 C, C++ 언어를 사용하였으며 Visual C++ 6.0을 이용하여 컴파일 하였다. 그림 4는 제안한 시스템의 실시간 영상 처리를 보여주는 연속된 영상이다(1[frame/sec]). 본 시스템의 영상 처리 속도는 10[frame/sec]이다. 하지만 연속된 영상의 차를 눈으로 보기에 거의 차이가 나지 않으므로 1[frame/sec]씩 화면을 저장하여 실시간으로 동작함을 보였다. 그림 5는 6명의 동승자의 손 영역 및 금속물체를 검출한 영상이다. 표 1은 동승자의 손 영역 및 금속물체 추출률을 나타낸다. 표 1에서와 같이 평균추출률이 96%로 비교적 성공적으로 금속물체를 탐지하는 것을 확인 할 수 있다. 운전 중에 발생하는 다양한 조명의 변화에 따른 동승자의 손 및 금속물체 영역 탐지를 실험하기 위하여 원본 영상에 각 단계별로 인위적으로 명암 값을 조절하여 실험 하였다. 각 단계는 원본영상을 기준으로 10%씩 명암 값을 높이거나 낮춤으로서 운전 중에 발생하는 여러 조명 변화를 인위적으로 연출하였다. 그림 6과 같이 단계는 1단계부터 5단계 까지 수행하였다. 결과는 표 2와 같다. 표에서 보는 바와 같이 평균 추출률이 96%로 다양한 조명 변화에도 성공적으로 동승자의 손 영역 및 금속물체를 추출하는 것을 확인 할 수 있다.

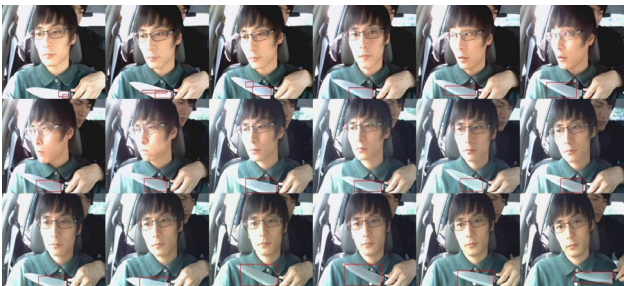


그림 4. 실시간 영상처리



그림 5. 손 영역 및 금속물체 검출

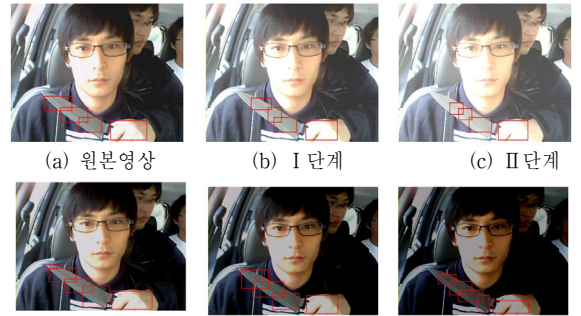


그림 6. 조명변화에 따른 손 영역 및 금속물체영역 검출

표 1. 손 영역 및 금속 물체 추출률

구분/프레임수	동승자1	동승자2	동승자3	동승자4	동승자5	평균 추출률
프레임 수	1800	1800	1800	1800	1800	
손 영역	1726	1754	1721	1772	1735	
금속물체 영역	1694	1726	1702	1762	1730	
추출성공률	95%	96.6%	95%	98%	96%	96%

표 2. 조명 변화에 따른 손 영역 및 금속물체영역 추출률

구분/프레임수	I 단계	II 단계	III 단계	IV 단계	V 단계	평균 추출률
프레임 수	1200	1200	1200	1200	1200	
손 영역	1150	1142	1176	1170	1165	
금속물체 영역	1142	1137	1168	1164	1158	
추출성공률	95%	95%	98%	97%	97%	96%

### 3. 결 론

본 논문에서는 차량안에 설치된 웹캠을 이용하여 운전자에게 위협이 될 수 있는 금속 물체를 탐지하기 위한 실시간 시스템을 제안하였다. 제안된 방법은 차량안의 특정 탐지 영역내에서 자체 개발한 FCF를 이용하여 운전자의 얼굴 영역을 탐지하고, 동승자가 위협을 가한다는 가정 하에 손 영역을 탐지하는 방법을 제안하였다. 또한, 탐지된 동승자의 손 영역을 중심으로 색상기반 원형 탐색기법을 사용하여 최종 금속물체 후보영역을 설정하고, 금속물체 색상필터를 적용하여 최종적인 금속물체영역을 탐지하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 금속물체 색상 필터와 색상기반 탐색기법을 이용하여 내부 운전자의 안정성 확보의 가능성을 여러 실험 결과를 통하여 확인하였다. 차후 연구과제로 야간 운전 상황 및 금속물체 탐지 시스템을 GPS의 기능을 활용하여 금속물체 탐지시 운전자의 위치 정보등을 전송함으로써 운전자 보호 및 범죄예방 기능에 활용할 수 있도록 할 예정이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 장순규, "지능형자동차 기술개발 동향", 자동차부품연구원차체샤시연구센터, 2007
- [2] 경찰청, "2008년 경찰백서", 2008
- [3] 주영훈, 정근호, 김문환, 박진배, 이재연, 조용조, "감정 인식을 위한 얼굴 영상 분석 알고리즘, 퍼지 및 지능시스템 학회 Vol 14, No. 7, pp. 801-806, 2004