

내부 운전자 보호를 위한 금속 물체 탐지 시스템

Metal Object Detection System For Drive Inside Protection

김진규 · 주영훈*

Jin Kyu Kim and Young Hoon Joo*

군산대학교 제어로봇시스템공학과

요 약

본 논문에서는 내부 운전자에게 위협이 될 수 있는 실시간 금속 물체 탐지 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 퍼지 이론을 이용하여 금속 물체를 탐지할 수 있는 색상 필터를 설계하는 알고리즘과 차량안의 특정 영역 내에서 FSCF(Fuzzy Skin Color Filter)를 이용하여 운전자의 얼굴 영역을 탐지하는 알고리즘을 제안한다. 또한, 탐지된 동승자의 손 영역을 기점으로 색상기반 원형탐색 기법을 사용하여 최종적으로 위협을 가할 수 있는 금속물체의 후보영역을 설정하고, 제안된 금속 물체 필터를 적용하여 최종적인 금속물체영역을 탐지 한다. 마지막으로 제안된 방법은 여러 실험을 통해 내부 운전자 보호를 위한 금속물체 탐지 시스템의 우수성을 증명한다.

키워드 : 금속 물체 감지, 지능형 자동차 안전, 퍼지 피부 칼라 필터, 영상 처리

Abstract

The purpose of this paper is to design the metal object detection system for drive inside protection. To do this, we propose the algorithm for designing the color filter that can detect the metal object using fuzzy theory and the algorithm for detecting area of the driver's face using fuzzy skin color filter. Also, by using the proposed algorithm, we propose the algorithm for detecting the metallic object candidate regions. And, the metallic object color filter is then applied to find the candidate regions. Finally, we show the effectiveness and feasibility of the proposed method through some experiments.

Key Words : Metal object detection, Advanced vehicle safety, Fuzzy skin Color filter, Image processing

1. 서 론

최근 자동차에 탑승하는 운전자의 안전에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지능형 자동차에 대한 활발한 연구와 더불어 운전자의 안전을 높이고 보조할 수 있는 운전자 보호 보조기기들이 개발되고 있다[1-4]. 특히, 최근 운전자들에게 큰 관심을 모은 CCD 카메라를 활용한 자동차의 사고시 자동으로 영상을 저장하는 블랙박스와 후방감지 카메라 및 사각 안내 카메라, 야간 운전시 안전한 주행을 위해 사용되는 야간 비전 시스템 등은 그 기능 및 효용성을 인정받고 있다[5-7]. 그러나, 이러한 CCD 카메라들의 활용은 주로 외부적인 안전 문제들만을 해결하는데 주안점을 가지고 있다. 최근 통계자료를 보면 생계형 범죄의 증가로 인하여 영업용 자동차 및 일반 운전자를 대상으로 한 강도 등의 피해가 발생하고 있는 것으로 나타나고 있다[8]. 특히 이런 자동차를 대상으로 한 범죄중에 택시 강도등의 특수절도 검거율은 기대에 못 미치고 있는 것이 현실이다.

따라서, 본 논문에서는 차량 범죄나 일반운전자를 위협하는 금속물체에 의한 운전자의 생명과 물질적인 손실을 미연

에 방지하기 위해 웹캠을 이용한 금속물체 탐지 시스템을 제안한다. 먼저 차량내 설치된 웹캠을 이용하여 차량내 특정 탐지 영역 내에서 FCF(Fuzzy Skin Filter)를 이용하여 조도환경의 변화에도 보다 강인하게 운전자의 얼굴 영역을 탐지하고, 퍼지 색상 필터 정보와 움직임 정보를 이용하여 위협을 가하는 동승자의 손 영역을 추출한다. 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 색상필터를 적용하여 운전자에게 위협을 가하는 금속물체를 추출하고 실시간으로 추적하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 제안된 방법은 여러 실험을 통해 그 우수성을 증명한다.

2. 본 론

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

접수일자 : 2009년 6월 10일

완료일자 : 2009년 9월 30일

+ 책임저자

본 논문은 전북지방 중소기업청 지원으로 수행한 산학 공동기술개발지원사업의 연구 결과중 일부입니다.

영역 추출 알고리즘은 다양한 주변 환경의 조건에서도 강인하게 얼굴 영역을 추출할 수 있는 퍼지 색상 필터를 사용한다[10]. 또한 퍼지 기반 금속물체 필터를 적용하여 정확하고 빠르게 금속물체를 탐지한다. 논문에서 제안하는 금속물체 탐지 시스템 블록도는 다음과 같다.

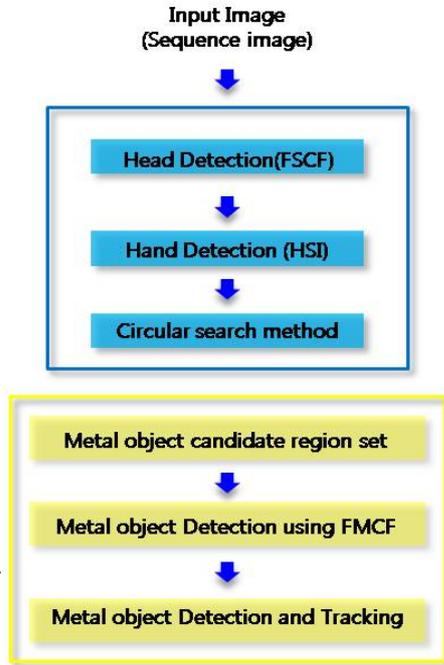


그림 1. 금속물체 탐지 시스템도

Fig. 1 System configuration for detecting metal object

2.1 금속물체 탐지를 위한 탐색 공간 설정

입력된 영상으로부터 금속물체를 탐지하기 위한 탐색 공간의 설정은 다음과 같은 순서로 설정된다. 먼저 운전자의 얼굴영역을 탐지하고, 다음 단계로 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. 퍼지 색상 필터는 식 (1)과 같은 규칙으로 구성된다.

$$R_i : \text{IF } x_1 \text{ is } M_{i1} \text{ and } x_2 \text{ is } M_{i2} \text{ and } x_3 \text{ is } M_{i3} \text{ THEN } y_i(x) = d_i \quad (1)$$

여기서, $[x_1, x_2, x_3]$ 은 얼굴 색상 정보이며 각각 색상의 색상, 채도, 명도 값을 갖는다. M_{i1}, \dots, M_{i3} 는 조건부 퍼지 집합이며, $y_i(x)$ 는 i 번째 규칙의 결론부 출력이며, d_i 는 결론부 변수를 나타내며, $x = [x_1, x_2, x_3]^T$ 는 입력 벡터를 나타낸다. 소속 함수는 다음과 같은 가우시안 소속 함수를 사용한다.

$$\mu_{M_{ij}} = e^{-\frac{(c_j^i - x_j)^2}{v_j^i}} \quad (2)$$

여기서, c_j^i 와 v_j^i 는 i 번째 규칙의 j 번째 입력의 중심 값과 분산을 나타낸다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력 $Y(x)$ 은 다음과 같다.

$$Y(x) = \frac{\sum_{i=1}^l h_i(x) d_i}{\sum_{i=1}^l h_i(x)} \quad (3)$$

$$h_i(x) = \prod_{j=1}^3 \mu_{M_{ij}}(x_j) \quad (4)$$

여기서, l 은 퍼지 규칙의 수이다. 색상 필터링에 소모되는 시간을 단축시키기 위해 퍼지 규칙 수는 적을수록 좋다. 최종 퍼지 규칙의 최종 출력은 명확한 얼굴 피부색에 대한 소속 정도를 나타내지 못하기 때문에 다음과 같은 후처리 과정을 사용하여 명확한 피부색에 대한 소속 정도를 얻는다.

$$\hat{Y}(x) = \begin{cases} 1, & |Y(x) - 1| \leq |Y(x)| \\ 0, & |Y(x) - 1| > |Y(x)| \end{cases} \quad (5)$$

여기서, $\hat{Y}(x)$ 는 입력 픽셀이 x 일 때 색상 필터가 적용된 최종 픽셀의 값이다. 본 논문에서는 퍼지 색상 필터가 피부색에서는 1의 값을 가지고 피부색이 아닌 곳에서는 0의 값을 가지도록 동정된다. 최종적으로 유전 알고리즘을 사용하여 조건부 소속 함수의 파라미터 c_j^i 와 v_j^i 그리고 결론부 파라미터 d_i 가 동정된다. 동정에 사용된 유전 알고리즘은 MATLAB의 GAtool을 이용하여 구현되었으며, 동정에 사용된 학습 데이터는 피부색 데이터가 100개, 배경색 데이터 100개가 사용되었다. 퍼지 색상 필터를 이용해 얼굴의 후보 영역을 찾은 후 정확한 얼굴 영역을 추출하기 위해서는 후처리가 필요하다. 퍼지 색상 필터는 영상의 한 픽셀의 정보를 분석하여 피부색의 여부를 한 픽셀의 그레이 영상 정보로 반환한다. 퍼지 색상 필터가 적용된 픽셀은 α 혹은 0 값을 가지게 되며, 이를 바탕으로 히스토그램 분석을 통해 정확한 얼굴 영역을 추출한다. 여기서 α 값을 가진 픽셀은 피부색을 가지는 픽셀이며, 0을 가진 픽셀은 피부색이 아닌 픽셀을 나타낸다. 퍼지 색상 필터가 적용된 그레이 영상을 $I_y \subset \mathbb{R}^{m \times n}$ 하고, 이때 가로 i 번째 세로 j 번째 픽셀을 $x_{ij} \in I_y$ 라고 할 때, 우리는 다음과 같은 수평 히스토그램 벡터 $o = [o_1, \dots, o_n]$ 와 수직 히스토그램 벡터 $p = [p_1, \dots, p_m]$ 를 얻을 수 있다.

$$o_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad p_i = \sum_{i=1}^m x_{ij} \quad (6)$$

커널 방법을 사용하여 얼굴 영역을 분리해 내기 위해 edge 윈도우 함수를 다음과 같이 정의한다.

$$e^1 = \begin{cases} 0, & -l, \dots, -1, \\ d, & 0, \dots, l \end{cases}, \quad e^2 = \begin{cases} d, & -l, \dots, -1, \\ 0, & 0, \dots, l \end{cases} \quad (7)$$

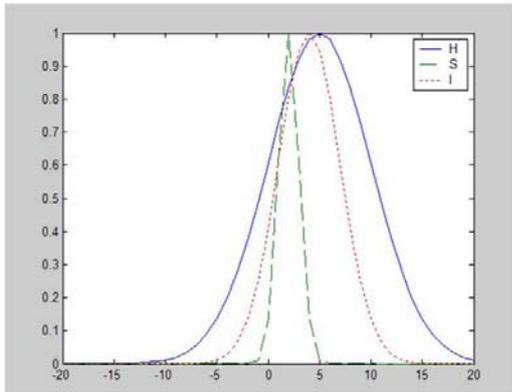
여기서, l 은 윈도우 폭을 의미하고 d 는 윈도우 임계값을 나타낸다. 이 두 값을 조정함으로써 퍼지 색상 필터링으로부터 얻어진 얼굴 영역에 강인성을 조절할 수 있다. 커널 방법을 사용해 히스토그램은 다음과 같이 새로운 히스토그램을 생성할 수 있다.

값은 흑백영상을 위한 오프셋 값이며, Y_{min} 은 금속물체영상으로 분류하기 위한 최소값을 나타낸다.

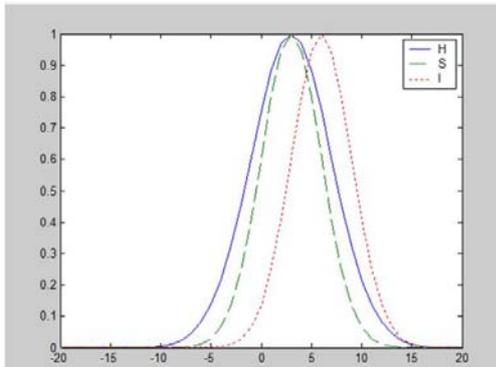
$$\hat{Y}(x) = \alpha u(Y(x) - Y_{min}) \quad (15)$$



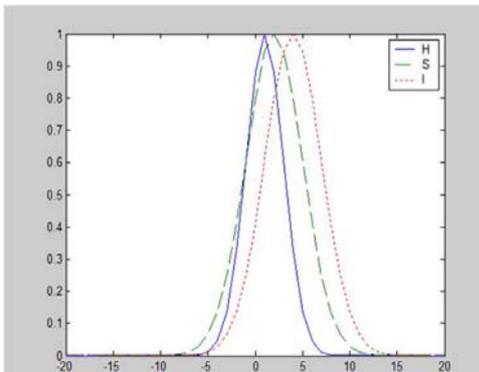
그림 5. 금속물체 후보영역 설정
Fig. 5 Metal object candidate region set



(a) FMCF의 첫 번째 규칙 조건부 소속함수



(b) FMCF의 두 번째 규칙 조건부 소속함수



(c) FMCF의 세 번째 규칙 조건부 소속함수

그림 6. FMCF의 소속함수
Fig. 6 Membership function of FMCF

그림 6은 설계된 FMCF의 소속함수를 보여준다. FMCF의 동정에 사용된 유전 알고리즘은 FSCF와 동일한 방법인 MATLAB의 GAtool을 이용하여 구현되었으며, 동정에 사용된 학습 데이터는 금속물체 데이터셋 데이터가 200 개, 배경색 데이터 150 개가 사용되었다. 퍼지 색상 필터를 이용해 금속물체의 후보 영역을 찾은 후 정확한 금속물체 영역을 추출하기 위해서는 추가적으로 미디언 필터를 적용하였다.

3. 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 문제와 반소매를 착용한 상태는 고려하지 않았다. 최초 금속물체의 탐지는 동승자의 손에 들려있다는 가정 하에 시스템이 실행된다. 시스템의 알고리즘은 공개용 소스 OpenCV를 이용하고 C, C++ 언어를 사용하였으며 Visual C++ 6.0을 이용하여 컴파일 하였다. 그림 7은 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 8은 6명의 동승자의 손 영역 및 금속물체를 검출한 영상이다.



그림 7. 실시간 영상처리 실험 결과
Fig. 7 Experimental results of real-time image processing



그림 8. 금속물체 검출 실험 결과
Fig. 8 Experimental results of metal object detection

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 연출 하였다. 그림 9와 같이 단계는 1단계부터 5단계 까지 수행 하였다. 결과는 표 2와 같다. III단계 에서 가장 98%의 추출률을 보였다. 표에서 보는 바와 같이 평균 추출률이 96%로 다양한 조명 변화에도 성공적으로 동승자의 손 영역 및 금속물체를 추출하는 것을 확인 할 수 있다.

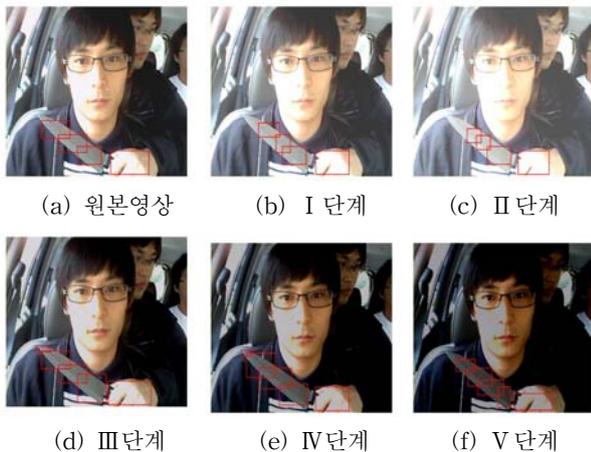


그림 9. 조명변화에 따른 손 영역 및 금속물체영역 검출
Fig. 9 Metal object detection according to illumination changes

그림 10은 본 시스템이 금속물체검출에 실패하는 대표적인 예를 보여준다. 첫 번째는 칼등의 앞쪽에 얇은 면적을 가지는 금속물체는 순간적으로 얇은 면을 보일 때 검출에 실패 하게 된다. 두 번째는 입력영상에서 동승자의 손이 사라진 후부터는 금속물체를 탐지하지 못하는 영상이다. 마지막으로 금속물체에 광원이 순간적으로 직접적인 반사로 인하여 실제 모델링 데이터의 색보다 훨씬 큰 광도를 금속물체가 가짐으로써 순간적으로 금속물체 탐지에 실패하는 영상이다.



그림 10. 금속 물체 검출 실패의 예
Fig. 10 Failure example for detecting the metal object

4. 결 론

본 논문에서는 차량안에 설치된 웹캠을 이용하여 운전자

에게 위협이 될 수 있는 금속 물체를 탐지하기 위한 실시간 시스템을 제안하였다. 자체 수집한 데이터를 통해 제안한 시스템이 여러 환경에서도 안정적으로 동작함을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 금속물체 색상 필터와 색상기반 탐색기법을 이용하여 내부 운전자의 안정성 확보의 가능성을 여러 실험 결과를 통하여 확인하였다. 차후 연구과제로는 야간운전 상황 및 금속물체 탐지 시스템을 네비게이션에 장착된 GPS의 기능과 통합하여 금속물체 탐지 시 운전자의 위치 정보 등을 전송하여 실제적으로 활용함으로써 운전자 보호 및 범죄예방에 기여할 수 있도록 하여야 한다.

표 1 손 및 금속물체 영역 추출률
Table 1 Extraction ratio of hand and metal object region

| 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 | |
| 추출 성공률 | 95% | 96.6% | 95% | 98% | 96% | 96% |

표 2 조명변화에 따른 손 영역 및 금속물체영역 추출률
Table 2 Extraction ratio of hand and metal object region for illumination changing

| 구분/프레임 수 | I | II | III | IV | V | 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% |

참 고 문 헌

- [1] A. Verhagen, S. Futterer, J. Rupppech, and A. Trachtler, "Vehicle dynamics management - Benefits of integrated control of active brake, active steering and active suspension systems," *Fisita Paper* No. 185, pp. 1231-1238, 2004.
- [2] J. Jacko and A. Sears, *The human-computer interaction handbook : fundamentals evolving technologies and emerging applications*. Lawrence erlbaum associates, pp.1032-1050, 2002.
- [3] *Advanced Crash Avoidance Technologies Program Annual Report*, DOT HS 811-088, NHTSA, 2, 2009.
- [4] J. H. Richardsom, "*The development of a driver alertness monitoring system*", *Fatigue and Driving*, Taylor & Francis, pp. 219-229, 1995.

- [5] K. A. Brookhuis, "The use of physical measures to validate driver monitoring", Advanced Technology for Road Transport : IVHS and ATT, ARTECH HOUSE, pp. 365-376, 1994.
- [6] S. Fairclouht, "Psychophysiological measures of work load and stress", Advanced Technology for Road Transport : IVHS and ATT, ARTECH HOUSE, pp. 377-392, 1994.
- [7] 장순규, "지능형자동차 기술개발 동향", 자동차부품연구원차체샤시연구센터, 2007
- [8] 경찰청, "2008년 경찰백서", 2008
- [9] Mcintosh. C, Hamarndh. G, Mori. G "Human limb delineation and joint position recovery using localized boundary models", *Motion and Video Computing, 2007. WMVC IEEE Workshop*, pp 31, Feb. 2007
- [10] 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.
- [11] G. Healey and D. Slater, "Using illumination invariant color histogram descriptors for recognition", *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Patten Recognition*, pp.355-360, 1994.

저 자 소 개



김진규(Jin Kyu Kim)

2007년 : 군산대 전기전자제어학과 졸업
2007년 : 동 대학원 전자정보공학부 졸업
(공학석사)
2007~현재 : 동 대학원 전자정보공학부
박사과정

관심분야 : 지능형 제어, 로봇 비전
Phone : 010-4652-9300
E-mail : kjk3242@kunsan.ac.kr



주영훈(Young Hoon Joo)

2009년 제 19권 제 4호 참조