

열화상 카메라를 이용한 구토 검출

강 성 진[°], 이 영 준^{*}

Vomit Detection Using Thermal Imaging Camera

Sung-Jin Kang[°], Young-Joon Lee^{*}

요 약

최근 어린 아이, 노약자의 안전 모니터링이 점점 더 중요해지고 있다. 비접촉식 구토 검출은 카메라 영상을 분석하는 기술로 가능하지만, 소등을 하는 야간이나 어두운 곳에서는 카메라 사용이 불가능하다. 본 논문에서는 열화상 카메라를 이용하여 구토를 검출한다. 구토물을 검출하기 위해 MHI(Motion History Image) 방식을 적용시켜 유효성을 보인다.

Key Words : Vomit Detection, Thermal Imaging Camera, Motion History Image (MHI)

ABSTRACT

Nowadays, the safety monitoring for babies, the elderly and the weak is becoming more important. Though we can detect a vomit by image processing technologies with camera, it is insufficient to get good images from camera in night or dark places where lights are turned off. In this paper, we suggest a vomit detection scheme using thermal imaging camera and adopt Motion History Image(MHI) method to detect the vomitus, and show its feasibility.

I. 서 론

최근 헬스 케어, 노약자 모니터링에 대한 관심이 커

지면서, 스스로 의사 전달이나 움직임이 어려운 어린 아이, 환자, 노인 등이 구토로 인해 질식하는 경우를 막기 위해 자동으로 구토를 검출할 수 있는 연구에 대한 관심이 커지고 있다¹⁾.

현재 구토 검출은 대부분 수분을 검출할 수 있는 센서가 내장되어 있는 패드를 바닥에 깔아서 구토시에 발생하는 수분을 검출하는 방식이다. 최근에는 영상 처리 기술을 이용하여 구토를 검출하는 연구가 이루어지고 있다. 이런 방식은 얼굴에서 입을 인식한 후, 그 주변에서 앞뒤 프레임의 영상을 비교하여 이물질이나 구토물이 생겼는지를 찾아내는 방식이다¹⁾. 그러나, 소등을 해야하는 야간이나 어두운 곳에서는 양질의 이미지를 얻기가 어렵기 때문에 이러한 방식으로 구토를 검출하기 어려워진다.

본 논문에서는 열화상 카메라를 이용하여 구토를 검출한다. 인체와 주변 배경은 온도차가 있기 때문에 열화상 영상에서 얼굴이나 몸을 쉽게 분리해 낼 수 있으며, 토사물의 온도가 체온과 유사하기 때문에 토사물도 주변 배경과 쉽게 구분된다. 일반적으로 누워있는 어린 아이, 환자, 노약자들이 구토를 하는 경우, 토사물이 입주변에 머물거나 옆으로 흘러내리기 때문에 MHI 기법^{2,3)}을 적용하여 움직이는 토사물을 검출해 낼 수 있다.

II. 구토 검출

2.1 열화상 카메라

본 논문에서 사용한 열화상 카메라는 F사의 L모 델로서 휴대형 단말용으로 적합한 초소형 장파장 적외선(Long-Wave InfraRed, LWIR) 카메라이다. 크기는 8.5x8.5x5.6mm(소켓제외)이고 80x60해상도를 가지며, SPI(Serial Peripheral Interface) 인터페이스를 통해 약 8 frames/sec를 얻을 수 있다.

2.2 MHI

인간의 동작을 인식하는 기술 중에서 계산량이 작고 구현하기 쉬운 방식은 템플릿 매칭(Template Matching) 방식이다. MHI는 템플릿 매칭 방식으로 동작 인식이나 행동 분석에 많이 사용된다. MHI는 다음과 같이 계산된다³⁾.

[°] First and Corresponding Author: Korea University of Tech. and Educ., School of Electrical, Electronics and Communication Eng., sjkang@koreatech.ac.kr, 종신회원

^{*} Honeynaps, Tony.Lee@honeynaps.com

논문번호 : KICS2017-11-347, Received November 14, 2017; Revised November 22, 2017; Accepted November 22, 2017

$$H_r(x,y,t) = \begin{cases} \tau & \text{if } \Psi(x,y,t) = 1 \\ \max(0, H_r(x,y,t-1) - \delta) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기에서, (x,y) 와 t 는 각각 픽셀 위치와 시간을 나타내고, $\Psi(x,y,t)$ 는 현재 이미지에서 객체의 존재를 나타내며 매 프레임마다 갱신된다. τ 는 움직임의 시간적인 범위를 결정하고, δ 는 감쇄량이다.

$\Psi(x,y,t)$ 는 다양한 방법으로 정의될 수 있지만, 일반적으로 이진화된 영상에서 프레임간의 차이로 정의된다.

$$\Psi(x,y,t) = \begin{cases} 1 & \text{if } D(x,y,t) \geq \xi \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$D(x,y,t) = |I(x,y,t) - I(x,y,t \pm \Delta)| \quad (3)$$

여기에서 $I(x,y,t)$ 는 t 번째 프레임의 좌표 (x,y) 픽셀 값이다. MHI는 동작이나 움직임이 어떻게 일어났는지를 알려주는 반면에, Motion Energy Image(MEI)는 어디에서 동작이 일어났는지를 알려준다. MEI는 아래 식과 같이 계산된다^[3].

$$E_r(x,y,t) = \bigcup_{i=0}^{\tau-1} D(x,y,t-i) = \begin{cases} 1 & \text{if } H_r(x,y,t) \geq 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

2.3 구토 검출

열화상 카메라부터 얻어지는 신호는 적절한 변환과정을 거쳐 온도 값으로 변환된다. 온도 값으로 변환된 영상에서 기준 온도 T_{th} 이상의 픽셀만 1로 하고 나머지는 0으로 하는 이진화(Binarization) 과정을 수행한다. 그리고 이진화된 영상에 레이블링(Labeling)을 수행하여 객체들을 각각 분리한다. 레이블링된 객체에 포함된 픽셀들의 온도의 합과 평균을 각각 계산하여 평균 온도가 T_{min} 보다 낮은 객체, 평균 온도가 T_{max} 보다 높은 객체, 픽셀의 개수가 N_{min} 보다 작은 객체들을 제거하면 원하는 객체를 추출할 수 있다.

만약 추출된 객체의 수가 0이면 인체가 없다고 판단한다. 객체의 수가 1보다 크면 각 객체의 온도 합과 평균온도를 이용하여 얼굴을 판단한다. 일반적으로 얼굴은 피부가 가장 많이 노출되어 있기 때문에 열화상 카메라에서 온도가 가장 높게 나타날 것이다. 그러나 객체의 평균 온도가 가장 높아도 그 객체가 얼굴이 아

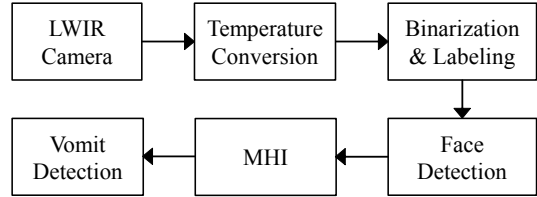


그림 1. 구토 검출 블록도
Fig. 1. Block diagram for vomit detection

닌 경우도 발생한다. 평균온도가 가장 높은 객체와 온도의 합이 가장 큰 객체가 일치하면 그 객체를 얼굴이라고 판단한다. 그렇지 않은 경우는 평균 온도가 높은 객체를 얼굴이라고 판단한다.

토사물은 입에서 발생해서 입 주변에 머물거나 얼굴 표면을 따라 흐르기 때문에 얼굴 객체에 포함이 되며, 온도가 체온과 유사하지만 얼굴 표면과 온도차이가 나기 때문에 MHI 기법을 적용하면 토사물의 움직임을 검출할 수 있다.

2.4 실험 결과

아래 그림 2의 가장 왼쪽 영상은 열화상 카메라에서 받은 신호를 온도로 변환한 영상이다. 가운데 영상은 T_{th} 온도 이상만 추출하는 이진화 과정을 거친 영상이고, 가장 오른쪽 영상은 레이블링 후에 평균 온도가 가장 높은 객체를 선택한 결과이다. 얼굴 검출이 잘되고 있음을 볼 수 있다.

그림 3은 구토물을 검출한 결과를 보여준다. 실험을 위해 체온과 유사한 물을 일정 시간 동안 입에 머금은 후에 조금씩 흐르게 하였다. 왼쪽 영상은 열화상 카메라에서 받은 신호를 온도로 변환한 영상이고 오른쪽 영상은 해당 프레임에 계산된 MHI이다. 그림에서 보는 바와 같이 구토물의 흐름이 MHI에 잘 나타나고 있음을 알 수 있다. 147번째 프레임에서 구토가 검출되기 시작했고, 구토물이 흐르는 동안(그림 3.(a)~(d)) MHI에 구토물이 잘 구분되어 나타나고 있으며, 구토가 끝난 164번째 프레임의 MHI에 구토물이 사라지고 있음을 확인할 수 있다. 구토물이 검출되고 구토물의 위치에 해당하는 픽셀의 온도를 측정해서 정해진 특정 온도 범위를 가지면 구토 판정을 내릴 수 있

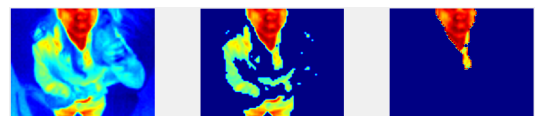


그림 2. 얼굴 검출
Fig. 2. Face Detection

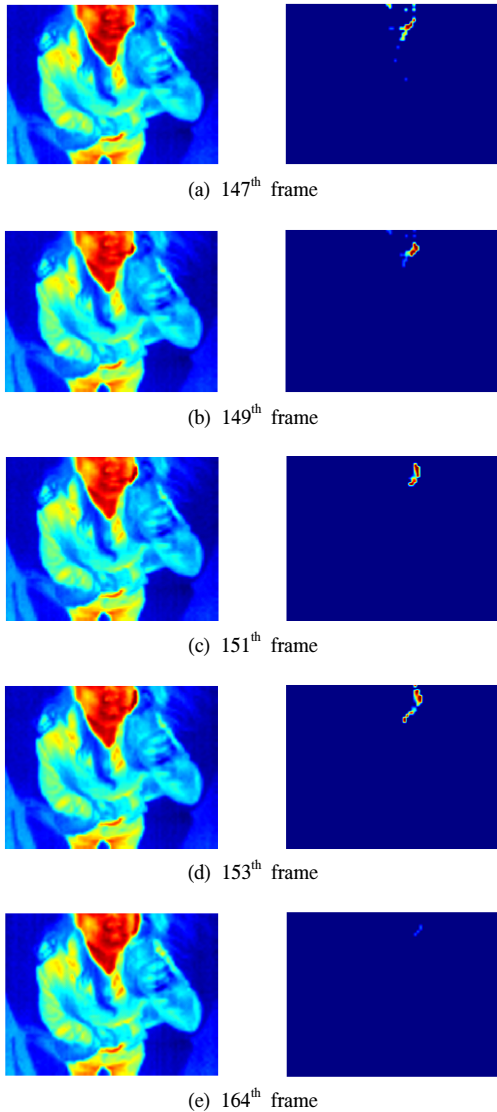


그림 3. 구토물 검출
Fig. 3. Vomitus Detection

다. 구토물의 크기도 구토 판정에 포함될 수 있다.

MHI 방식을 적용하여 프레임간의 온도차이를 기반으로 구토물을 검출하기 때문에 열화상 카메라 종류에 영향을 받지 않지만, 프레임간에 측정 온도의 오차가 심하거나 얼굴과 카메라간의 거리가 멀어지면 구토 검출에 영향을 받을 수 있다.

III. 결 론

최근 어린 아이, 환자, 노약자의 안전 모니터링이 점점 더 중요해지고 있다. 본 논문에서는 열화상 카메라를 이용하여 구토를 검출하였다. 인체와 주변 배경은 온도차가 있기 때문에 열화상 영상에서 얼굴을 쉽게 분리해 낼 수 있다. 누워있는 어린 아이, 환자, 노약자들이 구토를 하는 경우, 토사물이 입주변에 머물거나 옆으로 흘러내리기 때문에 MHI 기법을 적용하여 움직이는 토사물 검출이 가능하며 이를 통해 구토를 판정할 수 있다.

일반 카메라에 비해 열화상 카메라의 해상도가 높지 않고, 얼굴 검출 과정이 비교적 간단하므로 계산량이 크지 않다는 장점을 가지고 있다.

References

- [1] W. Ou, S. Yu, J. Chang, and C. Fan, "Video based vomit and facial foreign object detections for baby watch and safety," in *Proc. Int. Conf. Orange Tech. 2013 (ICOT 2013)*, pp. 219-222, Tainan, Taiwan, Mar. 2013.
- [2] A. Bobick and J. Davis, "The recognition of human movement using temporal templates," *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine Intell.*, vol. 23, no. 3, pp. 257-267, Mar. 2001.
- [3] Md. A. Ahad, J. Tan, H. Kim, and S. Ishikawa, "Motion history image: Its variants and applications," *Machine Vision and Appl.*, Springer-Verlag, vol. 23, pp. 255-281, DOI: 10.1007/s00138-010-0298-4, 2010.