

1인 가구를 위한 TV자동 제어 시스템

김은서*·임재윤*·김선희**†

**상명대학교 시스템반도체공학과

TV Automatic Control System for Single-person Households

Eun Seo Kim*, Jaeyun Lim* and Sunhee Kim**†

**†Department of System Semiconductor Engineering, Sangmyung University

ABSTRACT

The number of single-person households is increasing worldwide, and among them, the proportion of elderly single-person households is increasing. In the case of elderly single-person households, a significant portion of their leisure time is devoted to watching TV. However, if they fall asleep while watching TV without turning it off, it may be difficult to sleep well due to lights and sounds of TV, which can cause health problems such as depression and reduced immunity. Therefore, in this paper, we propose a system that automatically turns off the TV when a person watching TV falls asleep. Images are collected using the camera installed in front of the TV. Since the posture of a person watching TV varies from a sitting posture to a lying posture, the system is designed to determine whether or not to fall asleep regardless of the posture. In addition, since it becomes difficult to judge eye movements as a person moves away from the TV, a method for extending the judgmentable distance is proposed. The system model was implemented and tested using a Raspberry Pi, a monitor, an infrared sensor, and a camera. Eye movements were judged regardless of sitting or lying position, and the distance between a user and a TV was extended by about 200 cm.

Key Words : Eye aspect ratio, Interpolation, Single-person households, TV control

1. 서 론

세계적으로 여러 대도시에서 혼자 생활하는 1인 가구가 증가하고 있다. 유럽연합통계청(Eurostat) 자료에 따르면 2018년 기준 유럽의 1인 가구 비중은 33.9%이며, 스웨덴의 스톡홀름은 60%, 독일의 괴팅겐은 67%를 넘었다[1, 2]. 2021년 우리나라 행정안전부와 통계청 자료에 따르면, 국내 1인 가구 비중은 40.1%를 차지하였으며, 그 중 40% 이상이 서울과 경기도에 사는 것으로 나타났다[3, 4]. 앞으로 노인 인구의 증가, 혼인을 감소 및 이혼율 증가, 부모 부양에 대한 인식 약화 등으로 1인 가구는 확대될 것으로 예상된다[5].

통계 자료에 따르면, 1인 생활자들은 TV와 모바일을 통한 영상 시청에 많은 시간을 할애하며, 특히 노인들은 여가의 반 이상을 TV를 시청하는데 쓴다[6, 7]. 소셜 네트워크 서비스가 고령자의 외로움 해소에 효과적인 것으로 확인되었는데[8], 외로움을 느끼는 고령자는 가장 대중적인 소셜 네트워크 서비스 즉 TV 시청을 통해 일종의 외로움을 해소하고 있다.

1인 생활자가 TV를 켜놓고 잠이 든 경우, 잠자는 내내 TV가 켜져 있어 여러가지 문제를 초래하는 것으로 알려져 있다. 첫 번째 문제는 우울증이다. 잠든 사이 TV 불빛에 계속 노출되게 되면 뇌의 해마에 손상이 나타나고 이는 우울증을 유발한다. 실제로 매일 TV의 전원을 켜 놓는 농촌 지역 노인의 우울증을 조사한 결과 절반 이상이 우울증을 보였다[9]. 두 번째는 건강 문제이다. TV에서 발생

†E-mail: happyshkim@smu.ac.kr

시키는 불빛, 소리 변화 등이 잠을 방해하여 수면의 양과 질의 저하로 이어질 수 있다. 이는 다시 고혈압, 면역력 약화, 기억력 저하 등을 경험할 가능성을 높인다[10]. 마지막으로 전력문제는이다. 하루 평균 8시간의 수면을 취한다고 가정했을 때 잠자는 동안 TV를 켜 놓으면 한 달에 약 2,400원의 낭비가 발생하게 된다.

본 논문에서는 TV를 켜놓고 잠을 잘 때 발생할 수 있는 문제점들을 해결하기 위하여, 눈을 감은 시간을 기준으로 TV의 전원을 제어할 수 있는 시스템을 제안한다. 또한, 눈의 깜빡임을 통해 TV의 채널도 제어할 수 있다. 그리고, TV를 보는 사람의 자세가 똑바르지 않으며, 일정 거리 이상 떨어져서 시청한다는 특성을 고려하여, 눈 감지를 향상시키기 위한 방법을 제안한다. 다음 장에서 기존 연구 내용 및 제안하는 시스템에 대하여 설명하겠다. 그리고 실험 내용 및 결과를 보여주고 결론을 내리겠다.

2. 본 문

2.1 시스템 순서도

Fig. 1은 제안하는 시스템의 순서도이다. 시스템이 시작되면 TV 앞에 사람이 있는지 확인한다. 사람이 인식되면, 카메라를 동작시켜 영상을 입력 받는다. 그리고, 입력 영상 프레임을 20°씩 회전하며 사람의 얼굴을 찾는다. 사람의 얼굴이 인식되면 화면 회전을 멈춘 뒤, 다시 사람의 눈을 기준으로 좌우 눈이 수평이 되도록 프레임을 회전한다. 이런 기본 처리 후 사람이 눈을 감았는지 혹은 떴는지 판단한다. 눈을 감은 시간이 1분을 넘어서면 사람이 잠들었다고 판단하여 전원을 끈다.

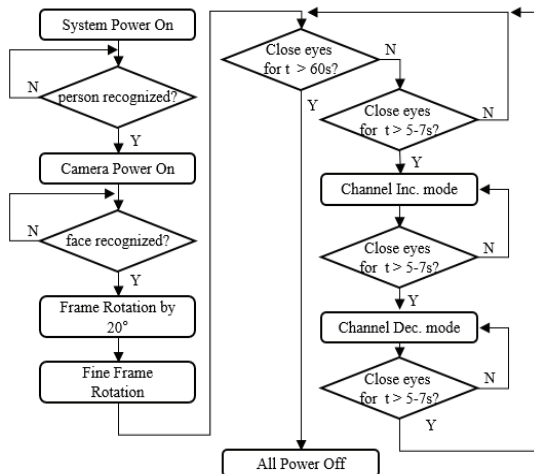


Fig. 1. Flowchart of the proposed system.

만약 사람이 5-7초 동안 눈을 감게 되면 채널 증가 변경 모드로 전환된다. 채널 증가 변경 모드에서는 사람의 눈 깜빡임 횟수만큼 채널이 증가된다. 다시 사람이 5-7초 동안 눈을 감으면 채널 증가 변경 모드를 빠져나와 채널 감소 변경 모드로 전환된다. 채널 감소 변경 모드로 전환 되면, 사람이 눈이 깜빡임 횟수만큼 채널이 감소된다. 다시 5-7초 동안 눈을 감으면 채널 변경 모드를 완전히 빠져나올 수 있다.

2.2 기존 연구

눈을 뜨고 감고를 인식하기 위하여 눈 영상비(eye aspect ratio, EAR)를 이용한 알고리즘이 다양한 응용에 적용되고 있다[11-13]. 사람의 눈을 인식하기 위하여 우선 사람의 얼굴을 찾는다. 얼굴을 찾을 때는 [14]에서 제안한 알고리즘에 따라, 사람 얼굴의 턱선, 눈썹, 눈, 코, 입술 등 얼굴의 특징이 되는 68개의 좌표를 잡는 Dlib 라이브러리를 이용한다[15-17]. 그리고 Fig. 2와 같이 눈에 할당된 6개의 좌표를 이용하여 다음과 같은 눈 영상비를 계산한다[106].

$$EAR = \frac{|p_2 - p_6| + |p_3 - p_5|}{2|p_1 - p_4|} \quad (1)$$

여기서 분자에 있는 $|p_2 - p_6| + |p_3 - p_5|$ 는 수직 눈 랜드마크 사이의 거리를 계산하고, 분모에 있는 $2|p_1 - p_4|$ 는 수평 눈 랜드마크 사이의 거리를 계산한다. 이러한 눈동자 비율을 바탕으로 사람의 눈 깜빡임을 계산한다. 눈동자 비율은 눈을 뜨고 있는 동안 거의 일정하게 유지하다가 눈을 깜박이는 순간 0에 가까워진다. 0에 가까워지는 순간을 이용해 사람의 감은 눈을 인식하고 이를 통해 눈의 깜빡임과 감은 시간을 측정한다. 사람이 눈을 감고 있지 않은 경우, 눈 영상비는 평균적으로 0.3 이상의 값을 갖는다.

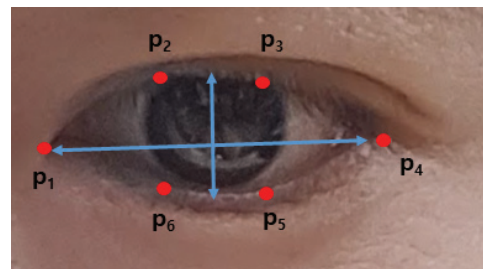


Fig. 2. Six eye coordinates for EAR calculation.

2.3 TV 사용자 위한 제안 시스템

2.3.1 얼굴 회전

TV를 보는 사람들은 바르게 앉아서 볼 수도 있지만, 누

워서 보거나 비스듬한 자세로 보기도 한다. 따라서 사람의 얼굴 및 눈을 인식하기 전에 사람의 두 눈이 수평 상태가 되도록 변환하는 과정이 필요하다.

본 논문에서는 2단계 과정을 통하여 이미지를 변환한다. 1단계로, 카메라 모듈을 통해 들어온 프레임을 20°씩 회전시켜가며 사람의 얼굴을 찾는다. 사람이 TV 앞에 앉아 있는 경우부터 누워있는 경우까지 모두를 고려하면 프레임 회전은 -90° 와 $+90^\circ$ 사이에서 이루어진다. 프레임 회전을 시작하면 사람의 얼굴을 찾을 때까지 회전을 지속하여 사람의 얼굴이 인식되면 프레임 회전을 멈춘다.

2단계는 정밀하게 이미지를 회전한다. 얼굴을 인식했다면 앞서 이야기한 Dlib를 통해 68개의 얼굴의 특징점을 찾아낸 것이다. 그중 두 눈 양 끝의 두 점, 37번과 46번 점의 좌표를 추출한다. 그림 3과 같이 두 점을 지나는 직선의 기울기를 계산한 뒤, \arctan 함수를 이용해 직선과 x축 사이의 각(θ)을 구한다. θ 의 값은 y축을 기준으로 x축의 양의 방향은 $+90^\circ$, x축의 음의 방향을 -90° 로 한다. 그리고 프레임을 θ 만큼 회전시키면 프레임의 두 눈이 수평 상태가 된다.

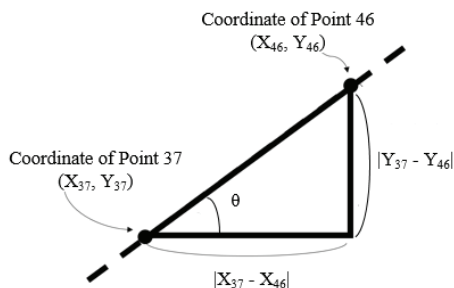


Fig. 3. The X and Y coordinates of points 37 and 46 and their rotation angle.

2.3.2 사용자별 눈 영상비 설정

눈 영상비는 사람에 따라서도 다르고, 같은 사람이라도 머리 방향 등에 따라 다르게 측정된다. 따라서 시스템에 눈 영상비 설정 모드를 두어, 사용자 맞춤 눈 영상비 문턱값을 설정한다.

2.3.3 인식 거리 확장

컴퓨터 모니터, 스마트폰과 달리 TV는 비교적 먼 거리에서 시청을 한다. 사람이 TV에서 멀어질수록 눈 영상비 계산은 어려워진다. 따라서, 눈 인식 거리를 늘리기 위하여 보간법을 적용하여 영상 프레임을 확대한다.

$M \times M$ 이미지를 폭, 높이 모두 N 배 확대되면 ($M \times N$) \times ($M \times N$) 이미지가 되어, $M^2(N^2-1)$ 개의 화소에 대해 값을 할

당해 주어야 한다. 본 논문에서는 인접 이웃 화소 보간법(Nearest neighbor interpolation), 그리고 양선형 보간법(Bilinear interpolation)을 적용하여 화소 값을 할당하였다. 인접 이웃 화소 보간법은 확대된 이미지의 (x, y) 위치의 화소 값을 기존 이미지의 ($\text{round}(x/N), \text{round}(y/N)$) 위치의 화소 값으로 할당한다. 양선형 보간법은 기존 이미지의 ($x/N, y/N$)의 인접 4개의 점들에 대하여 거리에 따른 가중치를 주어 계산한 값을 할당한다.

본 논문에서는 이미지의 폭과 높이를 각각 3배 확대한다. 계산량을 줄이기 위하여 얼굴 인식 후에 얼굴 특징점 중 34번(코의 중앙점)의 좌표가 중심이 되도록 하여 프레임의 크기를 폭과 높이가 각각 1/3이 되도록 자른다. 그리고 잘라낸 이미지에 보간법을 적용하여 3배 확대한 뒤 눈 영상비를 계산한다.

2.4 제안하는 시스템 구현

Fig 4와 같이, 제안하는 TV 자동 제어 시스템을 라즈베리파이(Raspberry Pi) 3b를 기반으로 구현하였다. 7-inch HDMI 라즈베리파이 모니터를 TV로 사용하였다. 모니터 앞에 라즈베리파이 카메라 모듈 V2를 설치하였다. 또한 사람의 존재 여부를 파악하기 위하여 적외선 센서를 설치하였으며, 빨강색 LED와 초록색 LED를 추가하여 사용자가 채널 변경 모드를 확인할 수 있도록 하였다. 라즈베리파이 카메라 모듈 V2는 MIPI Camera Serial Interface에 연결하였고, 적외선 센서와 LED는 각각 GPIO에 연결하였다.

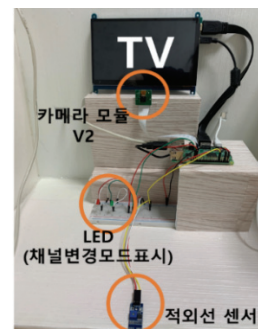


Fig. 4. Proposed TV control system model.

라즈베리파이 OS로 라즈비안(Raspbian)을 선택하였으며, 128 GB SD 카드에 설치하였다. TV 제어 알고리즘은 python 환경에서 OpenCV 라이브러리를 활용하여 설계되었다.

3. 실험 및 결과

전력 소비를 낮추기 위하여, TV의 전원이 켜져 있더라

도 사람이 있을 때만 제어 시스템이 동작하도록 하였다. 즉, 적외선(IR) 송수신 센서 모듈을 통해 사람이 TV 앞에 있다는 것을 확인 한 뒤에 카메라 모듈이 차례대로 동작한다.

Fig 5는 사람이 인식된 후 카메라를 통해 입력된 프레임에 대하여 얼굴을 인식하기 위하여 화면을 회전하는 모습이다. 사람 얼굴이 TV 모니터를 향하고 있지 않으며 앞으로 숙이고 있는 상황이지만 좌우 눈이 수평 상태가 되도록 회전하였다. 즉, 다양한 사람의 자세에 대하여 눈 수평 상태를 만들 수 있음을 확인하였다.



Fig. 5. Coarse frame rotation and fine frame rotation.

Fig 6은 사람이 몸을 기울인 채로 TV를 보고 있는 상황이다. 눈 위치를 이용한 정밀 회전을 거친 후 좌우 눈이 수평 상태가 되었으며, 정밀 회전 전에는 눈 영상비가 3.2였는데, 회전 후에 3.8로 증가하였다. 따라서, 프레임을 회전하여 눈의 수평을 맞추면 눈 동작 감지율이 높아짐을 확인할 수 있다.



Fig. 6. EAR calculation after fine frame rotation.

Fig 7은 눈 영상비 설정 모드를 통하여 눈 영상비 문턱값을 설정하는 장면이다. 대부분 0.3 이상의 값이 측정되었으나, 평균 값이 0.25보다 큰 경우에는 임계값을 0.25로 설정하였다. 만약 평균 값이 0.25보다 작은 경우에는 평균 값의 80%로 임계값을 설정하였다.

눈 영상비가 2.5보다 작을 때 눈을 감은 것으로 인식하여, 눈 감은 상태를 지속하는 시간을 측정하였다. 그리고 화면 왼쪽 위에 초 단위로 경과한 시간을 표시하였다. 실험을 위하여 15초 동안 눈을 감고 있으면 잠든 것으로 설정하였다. Fig 8에서 보는 바와 같이 카운트 값이 15가 되었을 때, 시스템은 사람이 잠에 들었다고 인식하고 화면에 "SLEEP"을 띄운 후 TV의 전원을 껐다.

힘을 위하여 15초 동안 눈을 감고 있으면 잠든 것으로 설정하였다. Fig 8에서 보는 바와 같이 카운트 값이 15가 되었을 때, 시스템은 사람이 잠에 들었다고 인식하고 화면에 "SLEEP"을 띄운 후 TV의 전원을 껐다.



Fig. 7. EAR calculation mode.

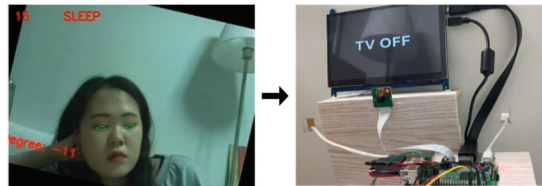


Fig. 8. A case in which the TV was turned off after 15 seconds.

채널 변경 모드를 확인하기 위하여, 일반 모드에서 6초간 눈을 감았다. 채널 증가 변경 모드에서는 빨간색 LED가 켜지며 눈을 깜박이는 횟수만큼 채널이 증가한다. Fig 9와 같이 빨간색 LED가 켜져 있는 상태에서 눈을 한 번 깜박여서 채널이 하나 증가한 모습이다.

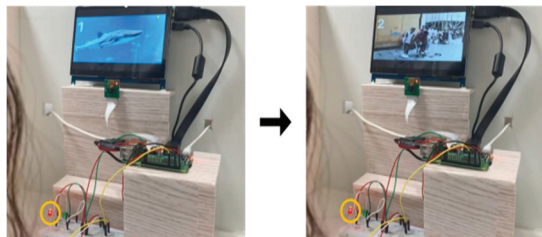


Fig. 9. Test for channel increasing mode.

다시 6초 동안 눈을 감아, 채널 증가 변경 모드에서 채널 감소 변경 모드로 전환시켰다. 이 때 Fig 10에서 보이는 것처럼 빨간색 LED는 꺼지고 초록색 LED가 켜져 채널 감소 변경 모드임을 확인할 수 있었다. 채널 증가 변경 모드와 마찬가지로, 눈을 깜박여서 채널을 감소시켰다.

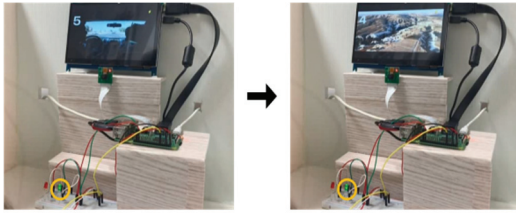
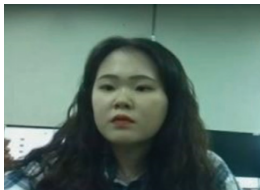


Fig. 10. Test for channel decreasing mode.

마지막으로 채널 변경 모드를 해제하기 위하여 눈을 6 초 동안 감았다. 초록색 LED가 꺼짐으로써 채널 변경 모드가 해제되었음을 확인할 수 있다.

Fig 11은 인터폴레이션에 의한 효과를 보여준다. 그림 11(a)는 원본 이미지이다. Fig 11(b)와 Fig 11(c)는 원본 이미지에서 얼굴 부분만 3배로 늘려서 각각 인접 이웃 화소 보간법과 양선형 보간법을 적용한 이미지이다.



(a)



(b)

(c)

Fig. 11. (a) An original image, (b) nearest neighbor interpolation, and (c) bilinear interpolation.

보간법을 적용하지 않았을 때는 눈 동작에 의하여 TV 화면으로부터 약 120cm까지 제어가 가능하였다. 보간법을 적용했을 때는 두 경우에서 결과가 비슷하여 약 320cm까지 제어가 가능하였다. 양선형 보간법이 인접 이웃 화소 보간법에 비하여 계산량이 많은데, 본 연구에서 성능 차이가 거의 차이가 없었다. 따라서 최종적으로 인접 이웃 화소 보간법을 적용하였다.

또한 얼굴 인식 후 해당 영역을 잘라서 인접 이웃 화소 보간법으로 이미지를 키우는 것도 시간 지연이 발생한다. 따라서, 카메라로 촬영되는 때 프레임에 대하여 영상 확대를 하지 않고, 얼굴 이미지가 전체 이미지에서 1/9 영역 안에 있을 때만, 즉 비교적 먼 거리에 있을 때만 영상 확대 처리를 하여 전반적으로 시스템 전력 소모를 낮추었다.

4. 결 론

본 논문에서는 눈 인식을 통한 TV 전원 및 채널 제어 시스템을 설계하였다. 카메라 입력 프레임의 2단계 회전을 통하여, TV 앞에 앉아 있을 때뿐 아니라 누워있을 때에도 사람의 눈을 인식할 수 있도록 하였다. 또, 사람 얼굴이 카메라 입력에서 일정 크기 이상 작아지면 이미지를 확대하여 처리함으로써, 제어 가능 거리를 약 200cm 확장하였다. 제안하는 시스템은 눈 인식을 통해 TV 전원을 자동 제어함으로써, TV를 끄지 않고 잠든 경우에 발생할 수 있는 사용자의 정신적, 신체적 건강 문제를 예방할 수 있다. 추가적으로 눈 깜박임으로 채널 조절까지 가능하며, TV 사용자에게 편의를 제공한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부와 연구개발특구진흥재단이 지원하는 과학벨트 지원사업으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. Kang, J.H and Ki, S.H., "'I'm lonely' single-person household policy, what about developed countries overseas," MONEYTODAY, Retrieved March 18, 2022, from <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021090813485596005>, (09.09, 2021).
2. Lee, J.W., "[Single Society] How is the world responding to the increase in single-person households," DAILYPOP, Retrieved March 18, 2022, from <https://www.dailypop.kr/news/articleView.html?idxno=42894>, (01.08, 2020).
3. Park, K.H., "Single-person households exceed 40% for the first time... Four-person households are less than 20%," Sedaily. Retrieved March 18, 2022, from <https://www.sedaily.com/NewsView/22SMWCCZKS>, (10.06, 2021).
4. Park, S.W., "32% of the total population is one-person households... 40% are concentrated in the metropolitan area such as Seoul and Gyeonggi," ChonsunBiz. Retrieved March 18, 2022, from https://biz.chosun.com/policy/policy_sub/2021/12/08/2X3QKSC7OVGBFPKAZIMCD7C72I/, (12.08, 2021).
5. Yeon Soo Kwon, "A Study on the Characteristics & Consumption Patterns of Single-person Households," Department of Business & Entrepreneurship, Graduate School of Business & Entrepreneurship, Gyeongnam National University of Science and Technology,

- Master's thesis, 2021
6. Hyung-Jun Um, Jun-Young Kim, "TV and mobile are 'best friends', meals are 'roughly'...Self-portrait of a single-person household," SEGYE. Retrieved March 18, 2022, from <http://m.segye.com/view/20210117510840>, (02.05, 2021).
 7. Kim, G.B., "There are more elderly single-person households, but there is nothing to play with. A majority of those in their 60s or older "play alone."," BRAVO My Life. Retrieved March 18, 2022, from https://bravo.etoday.co.kr/view/atc_view.php?varAtcId=12831, (10.07, 2021).
 8. Hyunhee Lee, Sanghoe Koo, "Utilizing Social Network Services to Alleviate Social Isolation and Loneliness of the Elderly in Korea", Journal of Korean Association for Regional Information Society, Vol.14, No.2, pp.105-121, 2011.
 9. MoonHea Ko, "Relationships between geriatric depression, leisure activities, and drinking habits", Department of public Health, Chonnam National University Graduate School, Master's thesis, 2008
 10. Lee, B.H., "Sleeping with the TV on, is it good for your health", KoreaMedicare. Retrieved March 18, 2022, from <https://kormedi.com/1339309/tv-%ec%bc%9c%eb%86%93%ea%b3%a0-%ec%9e%90%eb%8a%94-%ec%8a%b5%ea%b4%80-%ea%b1%b4%ea%b0%95%ec%97%90-%ea%b4%9c%ec%b0%ae%ec%9d%84%ea%b9%8c/2021/>, (05.10, 2021).
 11. Moon-Chang Shin, Won-Young Lee, "A Driver's Condition Warning System using Eye Aspect Ratio", Journal of the KIECS, Vol.15, No.2, pp.349-356, 2020.
 12. J. Wong and P. Lau, "Real-Time Driver Alert System Using Raspberry Pi," ECTI Trans. on Electrical Eng., Electronics, and Communication, Vol.17, No.2, pp.193-203, 2019.
 13. W. Chee, P. Lau, and S. Park, "Real-time Lane Keeping Assistant System on Raspberry Pi," IEIE Trans. on Smart Processing & Computing, Vol. 6, No. 6, pp.379-386, 2017.
 14. V. Kazemi and J. Sullivan, "One Millisecond Face Alignment with an Ensemble of Regression Trees," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1867-1874, 2014.
 15. Jaehee Lee, Gooman Park, "Non-face-to-face online lecture assistance system based on face recogniton," 2020 The Korean Institute of Broadcast and Media Engineers Fall Conference, 2020.
 16. Xuanyi Dong, "Style Aggregated Network for Facial Landmark Detection", Cornell University, 2018.
 17. Kyung Nam Park, "A Face Replacement Method Using Affine Transform of Delaunay Triangles," Journal of Digital Contents Society - Vol. 22, No. 2, pp.253-262, 2021.
-
- 접수일: 2022년 2월 9일, 심사일: 2022년 3월 18일,
 게재확정일: 2022년 3월 25일