

저가의 소형 시선추적시스템 구성에 필요한 카메라, 렌즈 및 조명 성능 비교에 관한 연구

반유원*, 정동욱*, 장제웅*, Rizwan Ali Naqvi*, 박강령*¹, 김현철**, 서정일**

*동국대학교 전자전기공학과

**한국전자통신연구원(ETRI)

¹ 교신저자(e-mail: parkgr@dgu.edu)

요 약

일반적인 시선추적 장치에서는 근적외선 카메라, 렌즈 및 근적외선 조명이 필수적으로 요구된다. 이에 본 연구에서는 저가의 소형 시선추적시스템 구성에 필요한 근적외선 카메라, 렌즈 및 근적외선 조명의 성능을 비교/분석하였다.

Keywords : Gaze Tracking, Near-infrared Camera, Lens, Near-infrared Light

1. 서론

시선 추적이란 카메라 기반으로 사용자가 응시하고 있는 위치를 파악하는 연구이다[1]. 일반적으로 시선 추적 시스템을 위해서는 적합한 카메라, 렌즈 및 적외선 조명의 선정이 중요한데, 이를 위하여 본 연구에서는 저가의 소형 시선추적시스템 구성에 필요한 근적외선 카메라, 렌즈, 근적외선 조명에 대한 성능을 비교/분석하였다. 카메라의 경우는 조명의 파장대역인 적외선 영역에서 sensor 감도가 높고 영상 frame 취득 속도가 빠른 카메라가 일반적으로 실시간 시선추적시스템에 적합하다. 적외선 조명은 일반적으로 밝기가 밝고 조사각도가 시선추적 시스템 사용자의 자연스러운 얼굴 움직임에 상관없이 눈 부위에 충분한 광량을 조사할 수 있어야 하며, 가능하면 별도전원 없이 전원을 공급할 수 있어야 한다. 또한 렌즈는 DoF(Depth of Field)가 넓고, 화각이 시선추적 시스템 사용자의 자연스러운 얼굴 움직임에 상관없이 눈 영상을 취득할 수 있을 정도로 넓어야 한다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 다양한 카메라, 렌즈, 및 조명의 성능을 비교 평가하였다.

2. 본론

I. 카메라

본 연구에서 성능을 비교/분석한 카메라는 그림 1 과 같이 일반 web-camera 인 ‘Logitech C600’[2] 및 ELP사에서 개발한 고 해상도 카메라 ‘ELP-USB500W02M-L36’[3]이며 모두 적외선 통과 필터를 사용하여 이미지 취득 속도 및 sensor 감도를 비교 평가했다. 500 만화소의 해상도를 가지고 있는 ‘ELP-USB500W02M-L36’ 과 200 만 화소 해상도의 ‘Logitech C600’을 exposure 값이 가장 낮은 상태로 영상의 밝기를 비교한 결과 ‘ELP-USB500W02M-L36’가 영상의 평균 밝기 값이 보다 높음을 알 수 있었다. 시선추적 시스템에 적합한 밝기에서의 영상 취득 속도는 ‘Logitech C600’이 30 fps 를 나타냈고 ‘ELP-

USB500W02M-L36’는 25 fps 으로 실시간 시선추적시스템에서 두 카메라의 영상 취득 속도는 비슷하였다.



(그림 1) 성능을 비교 평가한 두 카메라

II. 렌즈

렌즈의 경우는 표 1 과 같이 WEIYE POP-TOP TECHNOLOGY 사[4]에서 판매하는 ‘8mm’, ‘12mm’, ‘16mm’의 렌즈 및 국내 한 광학 회사[5]의 ‘9mm’ 렌즈를 이용해서 성능을 비교했다.

<표 1> 렌즈 속성 및 화각 측정결과

Focal length	센서 규격	F/#	수평 화각	1/4" 센서로 측정된 수평 화각
8mm	1/3"	F2.0	29°	24.5°
12mm	1/3"	F2.0	20°	16°
16mm	1/3"	F2.0	14.8°	12.5°
9mm	1/4"	F3.6	21.6°	21.6°

일반적으로 시선추적시스템에서는 사용자의 자연스러운 얼굴 움직임에 상관없이 눈 영상을 취득할 수 있을 정도로 화각이 넓어야 하므로, 이러한 점을 고려할 때 렌즈의 수평 화각이 대략 16° ~ 21° 정도로는 되어야 할 것으로 판단된다. 그림 2 중에서 ‘12mm’ 및 ‘9mm’ 렌즈가 이 화각에 가장 근접한 성능

을 나타냄을 알 수 있다.



(그림 2) 비교 평가한 렌즈 영상 예

또한 일반적인 시선추적카메라의 DoF 가 넓을 수록 사용자의 Z 방향 움직임 자유도가 커지므로, 이러한 관점에서 성능을 평가하였다. Z 거리 70cm 에 렌즈 초점을 맞추고 DoF 를 비교 평가한 결과, '12mm' 렌즈는 $\pm 5\text{cm}$ 정도 밖에 안 되고 '9mm' 렌즈는 '12mm' 렌즈 보다 넓은 결과를 나타냈다.

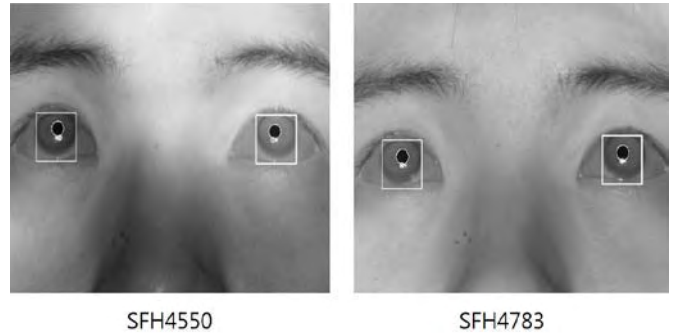
III. 적외선 조명

적외선 조명의 경우는 일반적으로 광량이 세고 조사각도가 사용자의 얼굴움직임 범위를 cover 할 수 있는 것이 적합하며, 이러한 관점에서 그림 3 과 같이 OSRAM 사의 'SFH4550'[6] 및 'SFH4783'[7]의 성능을 비교 평가하였다.



(그림 3) 비교 평가한 적외선 조명

두 적외선 조명의 파장은 850nm 이고 조명의 세기는 'SFH4550'이 1100(mW/sr) 이고 'SFH4783'이 2300(mW/sr)이다. 조사각도는 조명 'SFH4550'이 $\pm 3^\circ$ 이고 조명 'SFH4783'이 $\pm 12^\circ$ 이다. 이러한 조명을 이용하여 1×3 의 조명군을 카메라 양쪽에 배치하고 Z 거리 60cm 에서 영상 밝기를 비교해 보았다. 그림 4 와 같이 'SFH4550'의 경우, 조사각도가 좁기 때문에 영상밝기가 균일하게 나타나지 않았고 'SFH4783'의 경우는 조명이 보다 균일하게 나타났다.



(그림 4) 영상 밝기 비교

3. 결론

본 연구에서는 저가의 소형 시선추적시스템 구성에 필요한 근적외선 카메라, 렌즈, 근적외선 조명의 성능을 비교 평가하였다. 향후 다양한 환경에서의 시선추적시스템의 정확도 및 처리속도를 비교 분석할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [R0101-15-293, 방송용 영상 인식 기반 객체 중심 지식융합 미디어 서비스 플랫폼 개발]

REFERENCE

- [1] 김현철, 황인욱, 차지훈, 이원돈. "Gaze Tracking based on Pupil Center Detection Using Arc-type Filter," 한국차세대컴퓨팅학회 논문지, Vol. 10, No. 5, Oct. 2014, pp. 35-45.
- [2] <http://support.logitech.com/product/2-mp-webcam-c600> (accessed on September 14, 2015)
- [3] http://www.alibaba.com/product-detail/5-megapixel-MJPEG-board-module-camera_60018052593.html?spm=a2700.7724838.35.1.BU9L9p (accessed on September 14, 2015)
- [4] <http://detail.1688.com/offer/115121581.html?spm=0.0.0.SIe3O5> (accessed on September 14, 2015)
- [5] <http://siwon.co.kr/html/index.php> (accessed on September 14, 2015)
- [6] <http://kr.mouser.com/ProductDetail/Osram-Opto-Semiconductor/SFH-4550/?qs=%2fha2pyFaduia3RngdO7SbRSry1LXhjiKu gArpwF2M%3d> (accessed on September 14, 2015)
- [7] <http://kr.mouser.com/ProductDetail/Osram-Opto-Semiconductor/SFH-4783/?qs=%2fha2pyFaduiaE9sTHzFr7a0OULVR9Hpnw1rq3bzk6o%3d>