

# 3차원 1인칭 슈팅 게임에서의 화면 조정을 위한 시선 위치 추적 연구

이의철\*, 박강령\*\*

\*상명대학교 일반대학원 컴퓨터학과

\*\*상명대학교 미디어학부

\*e-mail : oryong@hanmail.net

## A Study on Eye Gaze Tracking for View Controlling in 3D First Person Shooting Game

Eui-Chul Lee\*, Kang Ryoung Park\*\*

\*Dept. of Computer Science, Sangmyung University

\*\*Division of Media Technology, Sangmyung University

### 요 약

본 논문에서는 HMD(Head Mounted Display) 하단에 눈동자의 움직임 영상을 취득할 수 있는 USB 카메라를 부착한 후, 3차원 1인칭 슈팅(First Person Shooting) 게임에서 게임 캐릭터의 시선방향을 눈동자 움직임에 의해 조작하는 방법을 제안한다. 시스템은 입력 영상으로부터 눈동자의 중심 위치를 실시간 영상 처리 방법으로 추출하고, 눈동자의 위치 정보와 모니터상의 응시 지점사이의 기하학적인 연관관계를 결정하는 캘리브레이션을 진행하며, 캘리브레이션 정보를 기반으로 모니터 상의 최종적인 응시 위치를 결정하여 이 정보에 의해 게임상의 3차원 뷰(view) 방향을 조정하는 부분으로 구성되어 있다.

실험 결과 본 논문의 방법에 의해 손이 불편한 사용자에게 게임을 즐길 수 있는 기회를 제공하고, 게임 캐릭터와 게임 사용자의 시선 방향을 일치시킴으로서 게임의 흥미와 몰입감을 증가시킬 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

### 1. 서론

동공의 중심을 추적하여 입력장치로 사용하는 방법은 기존에 많은 연구가 진행되고 있다[1-5]. 기존 마우스 작동방법 프로토콜의 유사성, 신속성[2-4], 편의성 등을 그 이유로 꼽을 수 있다.

기존에 눈동자의 움직임에 의한 시선 추적 방법은 크게 2차원적인 접근 방법과 3차원적인 접근 방법으로 나눌 수 있다. 3차원적인 방법은 시선 위치의 정확도가 우수하며, 초기 calibration이 쉽다는 장점이 있으나, 2차원적인 방법에 비해 계산량이 많이 소요된다는 문제점이 있다. 이에 본 논문에서는 일반적인 게임 환경을 고려할 때 눈동자 시선 추적 및 게임 렌더링이 일반적인 하나의 컴퓨터에서 동작되어야 하므로, 2차원적인 방법에 의해 시선을 추적하는 방안을 사용하고자 한다.

기존에 눈동자 움직임 추적 기술을 게임과 접목시킨 연구는 조사된 바 없으나, 가상현실 시스템과는

접목되어 많은 연구가 진행되었다 [5][7]. 이 연구에서는 양 눈의 움직임을 양안 카메라(stereo camera)에 의해 추적함으로써, 비행기내의 짐칸(cargo bay)에서 존재하는 결함을 검사하는 시뮬레이션 훈련 목적으로 개발되었다. 특히 이 연구에서는 눈동자 움직임을 추적하기 위한 영상처리 전용 컴퓨터와 상세한 3D 그래픽의 표현을 위한 고가, 고사양의 그래픽 전용 하드웨어 플랫폼(SGI Onyx2 InfiniteReality™ [8])을 동시에 사용하였다. 그러나 본 연구에서와 같이 일반적인 1인칭 슈팅 게임 환경은 눈동자 움직임 추적 및 게임 렌더링이 하나의 컴퓨터에서 동작되어야 하므로, 위와 같은 고사양의 방법은 적용하기 힘든 문제가 있다. 특히 본 연구에서는 사람이 임의의 한 곳을 응시할 때 양쪽 눈은 같은 곳을 응시한다는 일반적인 특징을 이용하여 한쪽 눈의 응시위치만을 추적하고, 동공이 움직일 수 있는 사전 범위를 미리

지정하여 제한된 범위에서만 영상처리를 수행함으로써 처리 시간을 줄일 수 있었다. 또한, 게임 렌더링의 부하를 줄이기 위해 2D 텍스처 매핑으로 3D 효과를 넘으로써 한 장면 당 폴리곤 수를 1000개 이하로 줄이는 low-polygon 모델링 기술을 사용함으로써, 한 대의 컴퓨터 환경에서 눈동자의 움직임 추적 및 게임 렌더링을 실시간으로 동작시킬 수 있었다.

## 2. 눈동자의 시선 위치 추적을 위한 장치

### 2.1 HMD (Head Mounted Display)

본 연구에서 사용자는 HMD를 통해 화면을 보고, USB카메라는 머리의 움직임에 따라 움직이는 HMD와 함께 움직이면서 눈동자 움직임을 연속 영상으로 받아들이므로 별도의 머리 움직임 추적 장치는 필요로 하지 않는다. 본 논문에서 사용한 HMD (iglass-SVG3D)는 다음과 같은 특성을 지니고 있다 [15].

- 화면 해상도: 800×600 픽셀 (SVGA)
- FOV (Field of View) : 26°

### 2.2 눈 영상 취득 장치

영상 입력 장치인 USB 카메라(CCD 센서 방식)는 HMD 하단에 고정되어 응시 위치를 추적하는데 필요한 눈 영상을 획득한다. 사용되는 카메라는 USB(Universal Serial Bus) 방식이므로 Frame Grabber와 같은 별도의 ADC(Analog to Digital Convertor) 장비를 필요로 하지 않으며, 전체 시스템의 소형화와 경량화 측면에서 매우 적합하다. 입력 영상 해상도는 640×480 픽셀이며, JPEG 5:1 압축을 적용하여 초당 15프레임의 속도로 영상을 입력 받을 수 있었다[16].

특히, 눈 영상을 획득할 때 뚜렷한 동공의 경계를 가지는 영상을 획득하며, 외부광의 영향을 받지 않고 일정한 밝기의 영상을 얻기 위해서 카메라 내부에 존재하는 ‘적외선 차단필터’를 제거하고, 렌즈 전면에는 가시광선은 투과시키지 않고 적외선은 투과시키는 ‘적외선 투과필터’를 부착하였다. 그리고 적외선 조명(Infra-Red Light Emitting Diode)은 카메라 렌즈의 하단에 부착하여 카메라와 일체형으로 제작, 소형화 되도록 하였다.

동공과 홍채의 영역간 경계를 뚜렷하게 하는 850nm의 파장대를 가지는 적외선 조명 2개를 사용하였으며 [6], 조명의 전면에는 반투명 유리테이프를 부착하여 빛이 고르게 분산(diffusing)될 수 있도록 하였다.

## 3. 눈동자 시선 추적 인터페이스의 구현과 게임 캐릭터의 시선방향 조정

### 3.1 동공의 중심 위치 추출

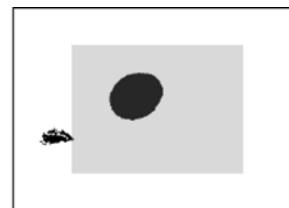
#### 3.1.1 동적 이진화 과정

본 연구에서 제안하는 눈영상 취득용 카메라 장치에서는 가시광선이 차단되고, 별도 부착된 적외선 조명에 의해 영상이 조사(Illumination)되므로 외부광의 영향을 받지 않고 일정한 밝기의 영상을 얻을 수 있게 된다. 그러므로 입력 영상의 밝기에 상관없이 적절한 이진화 임계치를 동적으로 결정할 수 있었다.

일반적으로 동공은 그 내부가 뚫린 구조를 가지고 있어[17], 다른 부분보다 어두운 밝기를 가지게 되므로 이진화를 통하여 동공의 위치를 알 수 있다. 그러나 눈썹과 같은 영역들도 남게 된다.

#### 3.1.2 동공 중심 위치 추출

그림 1과 같이 이진화를 거친 영상의 흑화소들은 라벨링을 거치게 된다[17]. 사용자가 HMD를 일반적으로 착용하였을 때 동공 위치가 입력 영상의 중앙부에 위치된다는 점을 감안하여 영상에서 중심을 기준으로 400×300 픽셀의 영역만을 대상으로 라벨링(Labeling)을 수행하여 처리시간을 단축하였다. 동공영역은 이진화 결과 가장 많은 흑화소가 연결되어 나타나므로 라벨링 처리 후 크기가 가장 큰 영역만을 남기면 그림 4와 같이 제한된 영역 내에는 동공이외에 다른 영역은 존재하지 않게 된다. 이 영역 내에서 흑화소들의 X, Y축 무게중심을 구함으로써 최종적인 동공의 중심 위치를 구하게 된다. 식 (1)과 (2)는 흑화소들로부터 동공의 무게중심을 구하는 식이다.



(그림 1) 제한 영역에서의 라벨링 수행 결과

$$x_{ic} = \frac{1}{n_x} \sum x \quad (if I(x, y) = 0) \quad \text{식 (1)}$$

$$y_{ic} = \frac{1}{n_y} \sum y \quad (if I(x, y) = 0) \quad \text{식 (2)}$$

식 (1), (2)에서  $I(x, y)$ 는 입력 영상의  $(x, y)$  위치에서의 픽셀 그레이값을 나타내며,  $n_x, n_y$ 는 각각 흑화소의 총 수를 나타낸 것이다.

### 3.2 캘리브레이션(calibration) 과정

HMD 모니터 상에 사용자 시선 위치를 파악하기 위해서는, 추출된 동공의 위치를 HMD 모니터상의 시선 위치로 매핑(mapping) 시켜주기 위한 캘리브레이션(calibration) 과정이 선행되어야 한다.

#### 3.2.1 두 점 응시를 통한 캘리브레이션(Calibration)

모니터의 우측상단과 좌측하단을 응시하는 두 단계로 진행된다. 캘리브레이션 과정을 거친 후에는 화면의 우측상단과 좌측하단을 응시했을 때의 동공 중심 좌표를 알고 있으므로, 식 (3) 및 (4)와 같이 선형 보간법(Linear Interpolation)에 의해 사용자가 화면의 어느 곳을 응시위치( $X_{gaze}$ ,  $Y_{gaze}$ )를 계산할 수 있다.

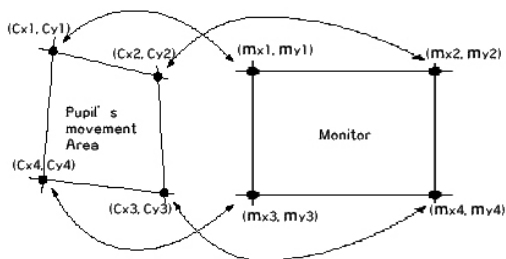
$$X_{gaze} = 800 \times (X_{rec} - X_{ru}) / (X_{ld} - X_{ru}) \quad \text{식 (3)}$$

$$Y_{gaze} = 600 \times (Y_{rec} - Y_{ru}) / (Y_{ld} - Y_{ru}) \quad \text{식 (4)}$$

식 (3)과 식 (4)에서  $X_{ld}$ ,  $Y_{ld}$ 는 캘리브레이션 과정에서 좌측하단을 응시했을 때 추출된 동공의 중심 좌표를 나타내며,  $X_{ru}$ ,  $Y_{ru}$ 는 우측상단을 응시했을 때 추출된 동공의 중심 좌표를 나타낸다.  $X_{rec}$ ,  $Y_{rec}$ 는 현재 사용자가 모니터상의 한 지점을 응시하고 있는 순간에 추출된 동공의 중심 좌표를 나타낸다. 800과 600은 각각 모니터의 X, Y축 해상도를 나타낸다.

#### 3.2.2 네 점 응시를 통한 캘리브레이션(calibration)

위의 캘리브레이션은 동공의 이동범위를 직사각형 모양으로 가정하고 선형보간법을 통해 응시위치를 계산했다. 하지만 카메라를 통해 취득된 영상에서의 모니터 네 구석을 응시했을 때 동공중심의 위치는 왜곡된 형태의 사각형이 나타나며(그림 2), 모니터의 테두리 직사각형과의 기하학적 변형(Geometric Transformation) 관계를 아래와 같이 구할 수 있다(식 (5), 식 (6)).[18]



(그림 2) 캘리브레이션시 동공의 위치와 모니터간의 기하학적 변형관계

$$m_{x1} = aC_{x1} + bC_{y1} + cC_{x1}C_{y1} + d \quad \text{식 (5)}$$

$$m_{y1} = eC_{x1} + fC_{y1} + gC_{x1}C_{y1} + h \quad \text{식 (6)}$$

#### 3.2.3 두 방법의 장단점과 및 결정

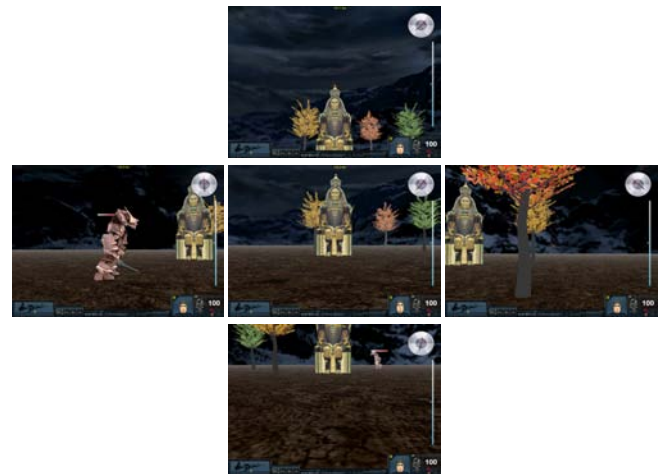
두 점 응시를 통한 캘리브레이션 방법은 간단한 수행을 통해 가능하다는 장점이 있는 반면, 실제로 왜곡된 형태로 나타나는 응시범위를 직사각형으로 가정하기 때문에 반영되지 못하는 범위가 존재하거나, 정확하지 못한 응시위치가 계산될 수 있다는 단점이 있다.

네 점 응시를 통해 기하학적 연관관계를 통한 응시위치 계산방법은 위의 방법에 비해 단계수가 많지만, 응시범위의 모든 영역이 모니터의 좌표에 매핑(Mapping)될 수 있고 정확하다는 장점이 있다.

본 시스템에서 캐릭터의 시선위치를 조절하는데 매우 정확한 응시위치의 계산이 필요하지 않으므로 두 점 응시를 통한 방법을 채택한다.

### 4. 실험 결과 및 분석

본 연구에서는 실험을 위해 높낮이를 가지고 있는 지형 및 주인공을 기준으로 적이 어느 방향에 있는지 알아볼 수 있는 레이더를 가지는 3차원 1인칭 슈팅 게임을 제작하여 실험에 활용하였다. 본 시스템을 적용한 게임화면은 그림 3과 같다. 사용자의 시선 방향에 따라 캐릭터가 바라보는 게임상의 뷰(view) 방향이 변화됨을 알 수 있다.



(그림 3) 모니터 중앙, 위쪽, 아래쪽, 왼쪽, 오른쪽을 응시했을 때 게임화면의 변화

### 5. 결론

본 논문에서는 동공의 중심위치를 추적하여, 3차원 1인칭 슈팅(First Person Shooting) 게임에서 캐릭터의 시선방향을 조작하는 방법을 제안한다.

실험 결과 손이 불편한 사용자에게 게임을 즐길 수 있는 기회를 제공하고, 게임 캐릭터와 게임 사용자의 시선 방향을 일치시킴으로서 게임의 흥미와 몰입감을 증가시킬 수 있는 결과를 얻음을 알 수 있었다.

현재는 캐릭터의 시선방향을 움직이는 것만 가능하지만, 3.2.2에서 제시한 네 점 응시를 통한 캘리브레이션 방법등을 적용하여 동공중심 추출의 정확도를 더욱 높인다면 게임에서 적에게 사격 시 조준을 할 때에도 eye-gaze 인터페이스를 사용하여 게임의 흥미를 높이는 것이 가능할 것이며, 다른 장르의 게임에서도 eye-gaze 인터페이스를 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 눈 영상에서 홍채 영역을 추출하여 본인임을 인증하는 기능을 추가한다면 온라인 게임으로 확장 시 사이버머니 결제 및 로그인 시스템으로 활용될 수 있어, 게임 조작과 인증(Authentication)을 동시에 해결할 수 있는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

### < Acknowledgement >

This work was supported by Ministry of Education and Human Resources Development through Embedded Software Open Education Resource Center(ESC) at Sangmyung University

### 참고문헌

- [1] Jacob, R. J. K, "Eye Movement-Based Human-Computer Interaction Techniques : Toward Non-Command Interfaces", Advances in Human-Computer Interaction, H. R. Hartson and D. Hix, Editors., Ablex Publishing Co., pp. 151-190, 1993
- [2] L. E. Sibert, R. J. K. Jacob, "Evaluation of Eye Gaze Interaction", Proc. of the CHI, ACM in New York, pp281-288, 2000
- [3] Ohno, T. "Quick Menu Selection Task with Eye Mark", Transactions of Information Processing Society of Japan, vol. 40, no. 2 , pp.602-612, 1999.
- [4] Yamato et al., "Quick Button Selection with Eye Gazing for General GUI Environments", International Conference on Software: Theory and Practice, August 2000.
- [5] Andrew T.Duchowski et al., "Binocular Eye Tracking in Virtual Reality for Inspection Training", ACM Press New York, NY, USA 2002
- [6] Jeong Jun Lee et al., "Gaze detection system under HMD environment for user interface", the Joint Conference of ICANN/ICONIP, pp513, June 2003
- [7] Anand K.Gramopadhye et al., "Use of Computer Based Training for Aircraft Inspectors: Findings and Recommendations", In Proceedings of the HFES/IEA Annual Meeting(San Diego, CA, August 2000)
- [8] <http://www.sgi.com>
- [9] Jie Zhu and Jie Yang, "Subpixel Eye Gaze Tracking", in Proc. Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.124-129, May 2002
- [10] M. R. M. Mimica and C.H. Morimoto, "A Computer Vision Framework for Eye Gaze Tracking", in Proc. XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, pp. 406-412, Oct. 2003
- [11] D. H. Yoo et al., "Non-contact Eye Gaze Tracking System by Mapping of Corneal Reflections", in Proc. Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.101-106, May 2002
- [12] J. G. Wang and E. Sung, "Study on Eye Gaze Estimation", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernatics, Part B, Vol. 32, No. 3, pp. 332-350, June 2002
- [13] S. W. Shih and J. Liu, "A Novel Approach to 3D Gaze Tracking Using Stereo Cameras", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernatics, Part B, Vol. 34, No. 1, pp. 234-245, Feb. 2004
- [14] T. Ohno et al., "FreeGaze: a Gaze Tracking System for Everyday Gaze Interaction", in Proc. Symposium on Eye Tracking Research and Applications, pp. 125-132, 2002
- [15] <http://www.serrata.com.au/iglassessvga.html#i-glasses%20SVGA%203D>
- [16] <http://www.alphacams.com>
- [17] Gregory A. Baxes, "Digital Image Processing-Principles and Application", Wiley
- [18] Rafael C.Gonzalez et al., "Digital Image Processing Second Edition", Prentice Hall, pp.271-272