

동공의 움직임에 의한 커서 위치 이동 컴퓨팅 시스템 구현

The Computing System for Location Movement by a Pupil Reaction

김민기, 임재훈, 박귀태
Min-Ki Kim, Jae-Hoon Lim and Gwi-Tae Park

Abstract - The currently used methods to get this information include corneal reflection, electro-oculograph, and so on. In this paper, we propose an algorithm that is developed for the reflection of pupil by infrared. I assume that the pupil is a perfect circle in the captured eye images. The method to recognize an existing image has many data throughput very much. And the time to deal with an image data is very long. So, we did not use the camera. However we studied the algorithm to pursue the pupil to a mapping technique.

Key Words : SLAM, Mapping, Pupil, Quantity of Reflect, Infrared, Threshold, Optimal Algorithm

1. 장 서 론

1.1 소개

최근 유비쿼터스의 “입는 컴퓨터”(Ubiquitous Fashionable Computing) 기술이 급속히 발전함에 따라 다양한 어플리케이션이 개발되고 있다. 그 중 신체의 일부 동작을 데이터화하여 다양한 어플리케이션의 컨트롤이 가능해졌다. 본 논문에서는 이러한 신체의 몸동작을 데이터화하여 미정의 운영체제(Operation System)에 탑재되어있는 마우스를 제어할 수 있는 핸들링 시스템을 구현하였다. 동공 추적은 최근 영상 인식(Computer Vision 등) 알고리즘을 이용하여 다양한 트래킹 방식을 지원하지만, 본 논문에서 언급한 시스템은 카메라를 이용하지 않고 비가시광선영역으로 동공에 무리가 가지 않는 빛의 조건반사 방식을 이용하여 PC의 마우스 포인터를 제어할 수 있도록 한 방식을 도입한 것이다. 이러한 동공의 특정 부분을 조건 반사 시켜 제어하는 방식은 그 처리량이 기존 영상 인식에 비해 매우 적어 그 처리 속도가 매우 빠르며 시스템적 지연시간이 줄어들게 된다. 즉, 기존 영상 처리 후 인식방식은 실시간으로 처리해야할 적정 데이터의 양을 보유하고 그 데이터를 통해 패턴을 인식함으로써 기존의 비전 알고리즘이 불가피하게 이용되고 있기 때문에 최근 센서 매핑 방식을 도입하여 특정 이미지를 이진화 하여 추출하는 방식을 도입하고 있다.

1.2 연구의 배경

보안은 각자 개개인의 삶의 윤택함과 프라이버시를 위해 현대 사회에 필수적으로 자리매김을 하고 있다. 흔치 않게 인식을 통한 다양한 보안 시스템이 적용되고 있는데, 그 중 대표적인 예로 지문 인식과 홍채 인식이다. 이에 따라 시대가 흐를수록 지속적인 편의성과 일의 효율성을 극대화하기 위한 기술이 속속히 공개되고 있는데, 바로 동공 트래킹 방식을 도입한 컨트롤러이다. 하지만 아직 이 동공 트래킹은 인식(Vision)에 비해 그 반응속도가 매우 큰 영향을 미치며, 반응속도에 비례하는 그 데이터 처리량 또한 막대하다. 게다가 동공 트래킹 과정 중 빠르고 정확한 데이터를 얻기 위해서는 다양한 최적화 알고리즘(Optimal Algorithm)이 불가피하다. 본 논문에서는 이러한 데이터의 처리속도와 그 처리량 문제점을 보완하고자 기존의 CCD 센서 카메라의 동공 인식 방식이 아닌 비가시광선영역의 반사광 추출 방식으로 동공 추적 알고리즘에 적용하여 어플리케이션 가능한 방식을 논하고자 한다.

1.3 연구의 목적 및 내용

본 논문에서는 새로운 동공 트래킹 방식을 제안하고자 한다. 즉, SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)이라 하는 일종의 위치 추적 매핑을 예로 들 수 있는데, 특정 빛 또는 음파를 방사하여 되돌아오는 시간을 계산한 값을 가지고 그 오차 값을 프로세스 하여 계산하면 해당 구간의 가상 이미지가 추출되어 마치 CCD센서 카메라의 이미지를 이진화하여 처리하는 것처럼 비슷한 데이터 값을 얻을 수 있다. 동시에 그 데이터의 크기는 줄어들며, 이에 따라 처리 속도 또한 빠르다. 이러한 방식을 실제 신경세포와 직접적으로 연관되어 그 반응이 매우 빠른 생체의 일부인 동공을 트래킹 하는데 적용하는 것을 목표로 한다.

저자 소개

- * 金 珉 畿 : 高麗大學 電氣電子電波學科 碩士課程
- ** 林 載 薰 : 高麗大學 電氣電子電波學科 博士課程
- *** 朴 貴 泰 : 高麗大學 電氣電子電波學科 正教授 · 工博

2. 장 본 문 (광 선)

2.1 광선영역

빛이 전파될 때 빛의 파면에 수직한 방향을 연결한 선을 일반적으로 광선이라 정의한다. 빛 역시 파동이므로 넓은 범위에 퍼져있는 파면이 앞에서 설명한 호이겐스 원리에 의하여 전파되는 것이라고 한다. 여기서 특히 레이저는 그 빛의 파장이 가늘어서 마치 하나의 광선만이 있는 것으로 여겨질 수 있다. 이렇게 파동에 대하여 그 파면이 나아가는 방향을 정의할 수 있어 모든 종류의 파동에 대하여 다 이와 같은 광선의 개념을 생각할 수 있을 것이다. 빛의 경우에는 그 빛의 진로에 놓여 있는 물체의 규모에 비하여 파장이 월등히 짧아서 회절의 효과가 거의 나타나지 않을 때 이 광선의 개념을 유용하게 쓸 수 있다고 한다. 하지만 여기서 말하는 파장이 긴 전파, 음파 등의 경우에는 회절의 효과가 커져서 이러한 광선의 개념을 거의 사용하지 않는다. 빛의 경우에도 회절이 나타나는 조건에서는 이를 적용하기 곤란하므로 광선은 엄밀하게는 근사적인 개념 이라 할 수 있을 것이다.

3. 장 본 문 (눈의 굴절)

3.1 눈에서의 빛의 굴절

눈에서 감광기와 비슷한 역할로서 작용하는 것은 망막이지만 외부의 물체 상을 망막 위에 맺는 것은 눈물, 각막, 안방수, 수정체, 초자체 등의 통 광기의 작용에 의해 사물을 볼 수 있다고 한다. [1] 수정체를 제외한 부분의 굴절률은 대부분 같다. 수정체는 중심부일수록 밀도가 커서 굴절률은 외측이 1.37, 내부가 1.41, 평균 1.39 이지만 수정체 전체로서는 약 1.4 이다. 광학적 측면에서 보면 굴절면이 2개 이상이 있어 복잡한 광학계로 보이지만 서로 공동된 역할을 하는 광학계로서는 취급할 수 있다고 한다. 다음에서 언급되는 것은 이러한 광학적 힘의 양을 표현하기 위해 굴절력, 시축과 광학축, 시야로 총 3가지로 정리하였다. [5]

(1) 굴절력

눈의 굴절력을 나타내는 단위는 디옵터(Diopter Unit(D))가 사용된다. 이것은 초점거리의 역수이다. 눈의 총 굴절력은 다음과 같다.

$$\frac{1}{0.015707+0.001348} = 58.65D$$

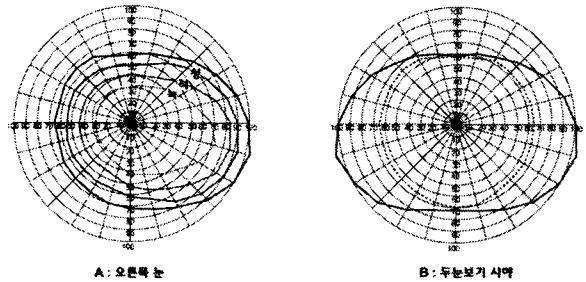
눈의 굴절력은 적외선 센서 즉, 비가시광선영역의 파장을 눈에 주기적으로 반사시킬 때, 안구의 굴절에 따라 반사면의 정도와 신호 세기가 달라질 수 있다.

(2) 시축과 광학축

여러 가지 광학계의 의하여 바깥 물체의 거꾸로 선 실상이 망막 위에 맺힌다. 물체 중의 점과 그것의 상점을 잇는 직선은 결점 (수정체 뒷면에 거의 일치) 을 통과하므로 그 물체의 점은 그 직선의 방향에 있다고 느낀다. 따라서 이런 직선을 방향선이라고 부른다. [7]

(3) 시야

어떤 한 점을 주시하고 시축을 고정했을 때 볼 수 있는 범위를 시야 Visual Field 라고 한다. 시야의 크기를 측정하려면 시야계 Perimeter를 사용한다. 이때 시야는 대체로 원형이지만 코와 안와 끝에 가려진 부분이 어느 정도 변형되어 있다. 시야를 측정할 때는 머리를 고정한 후 시선을 시야계의 중심에 있는 점을 계속 주시하도록 하고 시야계의 주변으로부터 색깔이 있는 작은 점을 시야계의 중심을 향하여 움직여서 처음으로 보이기 시작하는 점을 지적하도록 하고 이러한 점들을 연결하면 시야가 측정된다. 시야는 백색, 적색, 녹색 등 색조에 따라 다소 다르다. 시야를 정밀하게 조사하여 보면 중앙부 근처에 보이지 않는 부위, 즉 시야의 결손부위가 발견되는데 이것은 정상인 경우에도 있으며 암점 blind spot 이라고 부른다. 망막에서 시신경유두는 시신경 및 혈관이 안구로 출입하는 곳으로서 이곳에는 광수용기가 없다. 따라서 이곳에 맺어진 상은 시각을 일으킬 수 없으므로 암점으로 나타난다고 한다. [2]



<시야를 나타낸 그래프>

3.2 반사운동과 분비

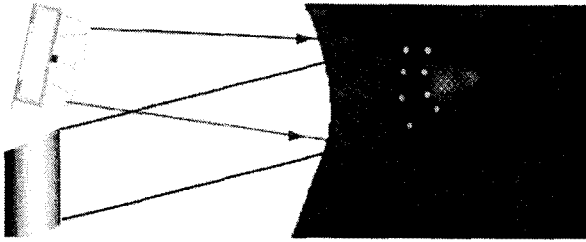
(1) 동공

동공의 크기는 외계의 조명도에 따라 망막에 빛이 닿으면 양측성으로 축소되고 빛이 차단되면 산대한다. 이 반사를 광 반사라고 한다. 수면이나 Morphin, Physostigmine의 작용에 의해 동공은 축소되고 Atrophin, Adrenaline 의 점안에 의해 산대된다. 동공은 가까운 것을 볼 때에는 반사적으로 축소된다. 이것은 빛의 양을 조절하고 구면수차를 제거하여 초점심도를 증대하는 것들로 사진기의 조리개를 조절하는 것과 같이 상을 선명하게 하는 효과가 있다.[6]

3.3 홍채와 동공의 매핑

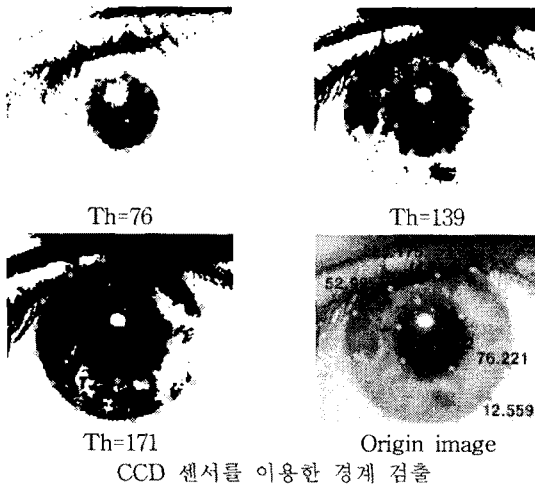
(1) 매핑

홍채와 동공의 인식을 위해 기존에는 CCD 센서 등을 이용하여 Computer Vision 알고리즘을 적용하였다. 하지만 위의 내용을 바탕으로 안구의 빛에 대한 굴절과 성질을 이용해 비가시광선영역 즉, 인체에 해가 없는 적외선 영역의 광선으로 Millisecond(ms) 주기로 안구의 홍채와 동공을 매핑 해준다. 매핑은 사상을 변환 또는 함수라 할 때도 있으나 변환(Transform)은 변환군과 같이 기하학적인 경우에 많이 사용되며, 함수는 해석적인 경우에 주로 쓰이는 것을 말한다. [3]



<Infrared mapping 구안도>

매핑 작업에서는 여러 가지 방법이 있는데 본 내용에서는 텍스처 매핑을 적용하였다. 텍스처 매핑이란 CG분야에서 가상의 3-Dimension 물체의 표면에 세부적인 질감의 묘사하거나 색을 칠하는 기법으로도 이용된다. [4]즉, 수식이나 2차원의 그림을 삼차원 물체의 표면에 여러 가지 방법을 통하여 적용하고 이에 따라 컴퓨터 그래픽 화면을 만들어 나갈 때 마치 실제처럼 그 세부 묘사를 하는 것이다. 하지만 이 텍스처 매핑은 여기서 그대로 이용될 수 없다. 빛에 대한 안구 표면의 반사도와 굴절도에 따라 그 광량의 데이터 크기가 영향을 미치기 때문이다. 아래 그림은 실제 실험군의 사진을 나타낸 것이다.



CCD 센서를 이용한 경계 검출

위 사진은 threshold의 크기에 따라 매핑된 포인트의 위치를 표시한 것으로, 해당 포인트의 광량에 따른 반사도를 나타낸 것이다. d 를 광원과 물체표면 사이의 거리라 하고, I_p 를 광원의 밝기라고 하면, 표면에서의 한 점에서의 확산반사 빛의 강도는 다음 식으로 나타낼 수가 있다. [5]

$$I = \frac{k_d I_p}{d + d_0} (N \cdot L)$$

반사도는 다음과 같다.

$$I = k_d I_a + \frac{k_d I_p}{d + d_0} (N \cdot L)$$

이러한 반사도를 통해 얻은 값은 어플리케이션을 통해 패턴 데이터로 저장한 후 다시 전자에서 언급한 방식으로 매핑을 하면서 패턴 데이터의 값을 비교하면 기존의 이미지 인식에 적용시 처리되는 데이터의 양과 그 처리 속도를 개선할 수 있다.

4. 장 결 론

수년전부터 최근까지도 계속 이슈가 되고 있는 분야는 바로 최적화(Optimization)부분이다. 최적화를 하는 목적은 이미지, 음파, 뇌파 등 자연계로부터 오는 다양한 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 과정 중 생기는 노이즈에 대한 대책을 해결하고자 하는 것이다. 이러한 문제를 해결하는 분야는 본 논문에서 언급한 것보다도 비슷하다. 기존의 이미지 입력 후 처리 후 인식 방식의 취약점을 어느 정도 그 처리량과 속도를 개선하기 위한 과정이 일종의 개선작업이라 여겨진다. 그러나 빛의 반사량에 따른 값을 통해 다양한 디바이스의 컨트롤이 가능토록 하는 것도 여기서 발생하는 많은 노이즈 및 오차율이 상당히 높기 때문에 이를 해결하기 위하여 그 반사량을 최적화 하는 알고리즘을 적용해야할 필요가 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 최광미; 정유정; 김용호, "Haar 웨이블릿 변환을 이용한 효율적인 동공추출", 한국해양정보통신학회종합학술대회.vol.9 no.2, 2005, 추계, pp. 1041~1044
- [2] 김태훈; 김신홍; 조용환, "생체인식을 위한 홍채영상의 특징 추출", 한국콘텐츠학회논문지, 제5권 제5호, 2005, pp. 59~64
- [3] 노은정; 홍진성; 방효충 "영상정보를 이용한 HMD용 실시간 아이트래커 시스템", 한국항공우주학회지, 제 35권 제6호 2007, Page.539~547
- [4] 양우석 "눈동자 동공 인식 및 추출 알고리즘" 산업기술, 제 11집 2001, pp.359~368
- [5] Wen Gang "Gaze tracking using one fixed camera" Control, Automation, Robotics and Vision, 2002. ICARCV 2002. 7th International Conference on Volume 3, 2-5 Dec. 2002 Page(s):1409 - 1414 vol.3
- [6] Perez, C.A.; Palma, A.; Holzmann, C.A.; Pena, C. "Face and eye tracking algorithm based on digital image processing" Systems, Man, and Cybernetics, 2001 IEEE International Conference on Volume 2, 7-10 Oct. 2001 Page(s):1178 - 1183 vol.2
- [7] Kocejko, T.; Bujnowski, A.; Wtorek, J "Eye mouse for disabled" Human System Interactions, 2008 Conference on 25-27 May 2008 Page(s):199 - 202
- [8] Morimoto, C.H.; Koons, D.; Amit, A.; Flickner, M.; Zhai, S. "Keeping an eye for HCI" Computer Graphics and Image Processing, 1999. Proceedings. XII Brazilian Symposium on 17-20 Oct. 1999 Page(s):171 - 176