

논문 2010-5-32

모델링 기반 시선추적을 이용한 가상모델하우스 시스템

The Virtual Model House System using Modeling-based Eyetracking

이동진*, 이기영**

Dong-Jin Lee*, Ki-Young Lee**

요 약 기존 대다수의 가상모델하우스는 비몰입형태의 가상현실 기술을 사용하였기 때문에 키보드, 마우스와 같은 직접 입력방식의 장치로 컨트롤 하도록 되어 있다. 그러나 본 논문에서는 모델링을 기반으로 하는 가상모델하우스를 보편화된 웹캠을 통해 시선추적 기술을 이용하여 직접 데이터 입력 방식뿐만 아니라 간접적인 데이터 입력 방식을 구현하였다. 웹캠으로부터 입력받은 사용자의 영상데이터 내 동공 영역을 추출한 후 그레이 값을 비교하여 동공의 상대적인 움직임에 따라 포인터의 위치를 컨트롤하거나 장치의 입력과 관련된 이벤트 함수 일부를 호출하도록 하였다. 이러한 방식을 통해 사용자에게 네비게이션과 인터페이스의 편리성을 제공하였다.

Abstract Since the most of existing virtual model house used non-immersive type virtual reality technology, it was made to control using direct input type device such as keyboard and mouse. But in this paper realized not only direct data entry method but also indirect data entry method using eyetracking technology through universal webcam for virtual model house based upon modeling. In this paper showed the position of pointer controlled according to the relative movement of pupils or the part of function related to the equipment entry called by comparing the value of gray after extracting the area of pupil in the user' video data received from webcam. Such a method provided the convenience of navigation and interface to the user.

Key Words : Eyetracking, Virtual Model House, Webcam

1. 서론

기존 소비자들에게 아파트를 선정하는데 있어 현실 모델하우스는 가장 중요한 역할을 하였으나, 최근에는 주위 여건이나 전망, 가구 교체, 색상 등 개인 성향 반영의 요구로 인하여 이를 충족시키기엔 매우 불충분하였다. 따라서 많은 건설 기업들은 가상현실(Virtual Reality) 기술을 이용한 모델하우스를 제작하여 이러한 요구를 충족시키려 하였다^[1].

이러한 가상현실 기술을 사용하여 가상모델하우스

(Virtual Model House) 제작은 국내뿐만 아니라 해외에서도 많은 연구가 진행 되었는데, 3차원 데이터를 이용하여 가상모델하우스를 제작한 경우도 있다^[2].

가상모델하우스의 제작의 대다수는 비몰입형태의 가상현실 기술을 사용한 형태로서 사용자가 일반 PC에서 가상모델하우스를 체험할 수 있는 구조로 되어 있기 때문에 보편적인 입력 장치인 키보드나 마우스의 입력을 통해 가상모델하우스를 컨트롤 할 수 있게 되어 있다.

그러나 본 논문에서는 보편적인 영상인식 장치인 웹캠을 이용하여 몰입형태의 가상현실 환경을 구현하고자 하며, 또한 네비게이션과 인터페이스의 편리성을 제공하고자 한다. 웹캠을 통해 사용자의 시선추적(Eyetracking)을 이용하여 가상모델하우스를 컨트롤하며, 현실감을 높

*준회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과

**중신회원, 을지대학교 의료IT마케팅학과 교수(교신저자)

접수일자 2010.9.30 수정일자 2010.10.8

게재확정일자 2010.10.15

여주기 위해 모델링을 기반으로 하였다.

본 논문은 2장에서 가상모델하우스와 시선추적에 대하여 설명하고, 3장에서 시스템 설계, 4장에서 시스템 구현을 보이며, 5장에서 성능평가를 하고, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 가상모델하우스

가상모델하우스는 가상현실 기술을 이용하여 주택 외관이나 내부, 주변 환경에 관한 정보 등을 시뮬레이션 체험이나 사용자가 직접 가구 교체, 벽 색상 등의 선택을 할 수 있게 함으로써 개인적인 취향을 실제 건물 내부 공사에 반영 할 수 있게 도와준다.

또한, 대다수가 웹을 통해 구현되어 있어 사용자 접근이 매우 용이하며, 가상모델하우스의 정보는 2차원 웹 페이지나 3차원 그래픽 데이터 형태로 서버에 구축되어 있다. 따라서 사용자는 웹 데이터를 통해 가상모델하우스를 체험할 수 있게 된다.

이러한 가상모델하우스의 구축은 가상현실 구축 기술을 매개로 하고 이런 기술은 크게 이미지 기반 가상현실(Image Based Virtual Reality)과 모델링 기반 가상현실(Modeling Based Virtual Reality)로 분류되며 표 1에서는 세부적인 종류에 따른 특징을 나타내고 있다^[3].

표 1. 가상현실 구축방법의 분류
Table. 1. Classification of Virtual Model House Building Method

종류	특징	비고	
이미지 기반 가상현실	Panorama	고정된 시점에서 시선의 방향을 변경시키면서 볼 수 있다.	건축, 경관 등
	Object	물체를 고정하고 변환시키며 볼 수 있다.	사물, 자동차 등
모델링 기반 가상현실	표준형	국제표준으로 확장성이 매우 뛰어나다.	VRML, X3D
	비표준	렌더링 결과가 뛰어나고 상호작용이 우수하다.	Cult3D, TumTool 등

2. 시선추적

인간의 눈 움직임은 안구고정(Eye Fixations), 추적

(Pursuit), 순간적인 이동(도약 : Saccades), 응시경로(Gaze Path)의 4가지로 분류되며 내용은 표 2와 같다.

표 2. 눈의 움직임
Table. 2. Moving of Eye

구분	내용	활용
고정	느린 속도의 눈의 움직임 또는 집중적인 응시를 말한다.	실험 대상물에 대한 시선의 최대 시간과 최소 시간을 알아본다.
추적	망막에 맺힌 물체를 인식하고 시선을 옮길 때를 말한다.	사람이 인식하지 못하는 다양한 환경과 상황을 알아볼 때 유용하다.
순간적 이동	자극에 의한 목표점과 목표점 사이의 순간적 이동을 말한다.	시선 움직임의 속도와 가속의 출발지점을 알 수 있다.
응시 경로	실험 대상물을 인지하고 자극을 받아들여 움직이는 시선의 경로를 말한다.	고정, 순간적 움직임, 패턴 등을 포함하는 안구의 포괄적인 움직임을 알 수 있다.

시선추적 기술은 이러한 눈의 움직임을 측정하는 기술로써, 사람들이 볼 수 없는 적외선을 안구 표면의 각막에서 반사하여 그것을 카메라가 인지하고 추적하는 원리로 눈의 움직임을 데이터로 기록한다. 장비에 설치되어 있는 카메라에서 적외선을 눈에 투사하면 피험자의 각막에서 적외선 빛을 반사하게 되며, 그 빛과 함께 카메라가 동공의 상대적 위치와 크기를 촬영하고 측정하여 안구운동을 관찰할 수 있도록 한 것이 시선추적 기술이다^[4].

이런 시선추적 기술은 많은 분야에서 응용되고 있는데, 자폐증 장애가 있는 사람의 정보 처리^[5]나 학습을 하는데 있어 관심이나 학습자 성향 발견, 학습 문제를 해결하는데 응용되고 있다^[6].

현재는 이 시선추적 기술이 전용 특수 장비가 없이도 일반적인 웹캠환경에서 OpenCV 라이브러리를 통해 구현할 수 있으며 많은 연구가 진행되고 있다^[7].

III. 시스템 설계

1. 시스템 구조도

본 시스템의 구조는 그림 1과 같이 윈도우 OS 플랫폼 기반으로 크게 가상현실과 시선추적 두 모듈로 설계되어 시선추적 모듈이 가상현실 모듈의 시점 이동이나 클릭 등과 같은 컨트롤을 할 수 있는 구조로 되어 있다.

가상현실 모듈은 모델링된 가상모델하우스를 시각적으로 보여주는 측면으로서, 3D 데이터나 네비게이션, 그래픽 처리를 할 수 있는 환경이다. 3D 데이터는 시각적인 건물 외부와 내부 환경으로서 주로 건물 내부의 가구들의 형태로 많이 쓰였다. 또한 네비게이션 정보를 이동모드로 설정함으로써 사용자 시점이 이동 시 사용자가 가상모델하우스를 거닐고 있는 느낌을 전달할 수 있게 하였으며, 위와 같은 모든 그래픽 처리를 담당하는 모듈이다.

시선추적 모듈은 실질적으로 가상모델하우스를 컨트롤 할 수 있는 측면으로, 사용자 시점 이동이나 클릭과 같은 명령을 담당하는 모듈이다. 웹캠으로부터 입력받은 사용자의 얼굴인 이미지 데이터와 이미지 데이터 내 동공 영역의 데이터 형태, 초기 위치 설정을 하는 전처리과정과 동공이 움직였을 때 상대적인 동공 위치나 클릭 명령의 호출을 담당하는 후처리 과정을 포함하고 있다.

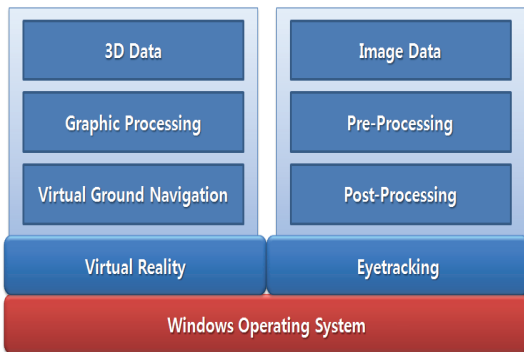


그림 1. 시스템 구조도
Fig. 1. System Structure

2. 시스템 흐름도

시스템 흐름도는 그림 2와 같이 웹캠으로부터 사용자의 얼굴 이미지 데이터를 입력받으면 이미지 데이터 내 동공 영역을 추출한다. 그리고 추출된 동공 영역의 초기 그레이 값과 위치를 설정하는 전처리 과정과 동공이 움직였을 때 그레이 레벨을 비교하여 상대적인 위치 파악이나 클릭 이벤트를 호출 할 수 있는 후처리 과정을 거치게 된다. 그리고 데이터 처리 성공 결과 여부에 따라 처리 결과가 다르게 되는데, 만약 클릭 명령을 호출 했을 경우 정상적인 처리가 되었으면 다음 입력될 데이터로 업데이트가 되고 또한 산출된 명령은 가상현실 모듈에서도 수행된다. 그러나 클릭 명령을 호출 했을 때 눈꺼풀의

단함 · 열림의 시간적 차이 등으로 인해 실패했을 경우에는 클릭 명령을 산출하지 못하고 다시 웹캠으로부터 새로운 데이터를 받아 같은 과정을 밟아야 한다.

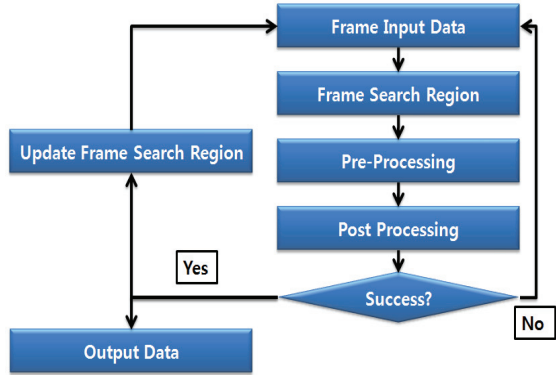


그림 2. 시스템 흐름도
Fig. 2. System Flow Chart

IV. 시스템 구현

본 시스템의 구현은 프로토타입으로 구현되었으며, 가상현실 측면인 가상모델하우스는 VRML을 통해 모델링하여 3D 형태로 구축하였다. 또한 그림 3과 같이 사용자가 이동하면서 가상모델하우스를 탐색하기 위해 네비게이션 정보 코드를 이동모드로 설정하였다.

```

Virtual Model House System using Modeling based on Eyetracking
VRML Open CV
Navigation Information
#VRML V2.0 utf8
NavigationInfo {
  type [
    "WALK"
  ] // mode type setting
  avatarSize [
    0.1 1.4 0.6
  ] // user avatar size setting
  headlight FALSE // headlight setting
  speed 2 // moving speed setting
}
    
```

그림 3. 네비게이션 정보
Fig. 3. Navigation Information

시선추적은 Visual C++ 6.0으로 개발하였으며, OpenCV 라이브러리를 상속받아 시선추적 모듈을 구현하였다. 이의 대한 구체적인 내용으로는 카메라로부터 영상 데이터를 받아 출력화면의 값을 초기화하여 프레임

변수에 저장하고 출력화면 크기만큼 윈도우 사이즈를 생성한다. 이후 추가적으로 입력 받은 영상데이터 값들도 지속적으로 프레임 변수에 저장하여 윈도우 내에 출력화면들이 지속적으로 갱신된다.

또한, 프레임 시작과 동시에 윈도우에 동공의 위치를 설정할 수 있는 이벤트 핸들러를 함께 설정하고, 만약 동공에 마우스를 클릭하여 이벤트 핸들러가 수행되면 화면 내 마우스 포인터를 중심으로 12x12 크기 픽셀의 특정 영역이 분리·설정된 사각형을 생성하게 된다. 이 부분이 동공의 위치 초기 값으로 설정되며, 픽셀의 특정 영역의 그레이 값 및 마우스 포인터의 초기 위치 값을 각각의 변수에 저장한다.

이벤트 핸들러 수행 후 계속 갱신되는 프레임에서 동공의 초기 위치 값과 다음 프레임에서의 특정 영역과 가장 높은 매칭률을 보이는 지점의 상대적인 위치 값을 파악하여 시선을 추적하게 된다. 이 시선 추적과 함께 마우스 포인터의 움직임도 일정 비율로 증가시켜 마우스를 움직이게 한다. 또한 현재 프레임의 특정 영역 그레이 레벨과 다음 프레임의 그레이 레벨의 차이가 1초 이상 2초 이하 기준으로 비교하여 그레이 레벨이 50이상 차이가 발생했을 때 마우스가 클릭되는 이벤트가 발생되며, 이벤트 발생 후 전 프레임에서의 마우스 포인터 위치와 특정 영역의 그레이 레벨로 다시 설정된다. 그리고 2초 이상 기준으로 특정 영역의 그레이 레벨이 50이상 차이가 발생했을 시 드래그 락이 걸리고 현 지점에서 Y값에 +5가 더해진다. 이 드래그 락 상태를 다시 한번 반복하면 드래그 락이 해제된다. 이의 대한 코드 요약은 그림 4와 같다.

```

Virtual Model House System using Modeling based on Eyetracking
VRML Open CV
Eyetracking Code Summary
main(){
cvCaptureFromCam(); // initialize camera
cvNamedWindow(AUTOSIZE); // create a window
cvSetMouseCallback(mouseHandler); // install mouse handler
while(){
cvQueryFrame(); // get a frame
trackObject(); // perform tracking
cvShowImage() // display frame
}
}
mouseHandler() // specific region and mouse position setting
trackObject() // frame matching result return
    
```

그림 4. 시선추적 코드 요약
Fig. 4. Eyetracking Code Summary

V. 성능 평가

본 논문에서 제안한 시스템은 컨트롤 할 수 있는 시선 추적 모듈이 매우 중요하기 때문에 컨트롤 명령의 정확성 성능 평가를 하였다. 실험환경으로 하드웨어 사양은 AMD Sempron(tm) SI-42 2.1GHz, 3GB RAM, HP Notebook 6735s 내장 Webcam을 사용하였고, 운영체제로는 Windows XP를 이용하였다. 5명의 실험자를 대상으로 하여 고정된 자세에서 가상모델하우스를 컨트롤 하였으며, 컨트롤 명령어는 전후좌우 움직임과 클릭을 포함한 5가지이다. 이 명령어들을 임의순서로 100가지를 추출한 후 실험자에게 제공하고 총 5회 정확성 실험을 실시하였다.

그림 5는 실험자들의 대한 실험 결과이며, 평균 네비게이션 컨트롤 성공률은 81.8%로 측정되었는데, 실패의 대다수 요인이 실험자들의 얼굴의 움직임으로 인해 일어난 것으로 추정된다. 따라서 얼굴의 움직임까지 고려하는 알고리즘을 적용시킨다면 더 높은 정확도를 나타낼 수 있을 것이라 판단된다.

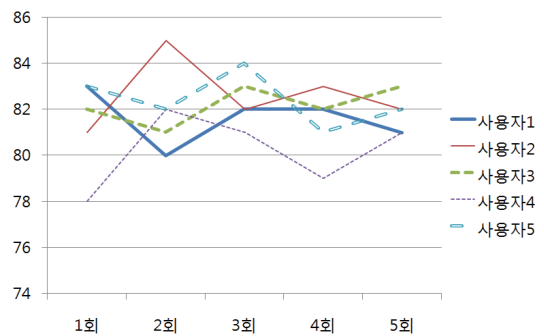


그림 5. 네비게이션 실험 결과
Fig. 5. Navigation Experiment Result

기존의 비몰입형태의 가상현실 기술을 사용한 가상모델하우스는 키보드나 마우스 등으로만 컨트롤 할 수 있도록 되어 있다.

그러나 본 논문에서 제안한 가상모델하우스 시스템은 보편적인 웹캠을 이용하여 시선추적을 통해 몰입형태의 환경을 제공하였다. 시선추적 모듈에서 초기에 사용자가 자신의 동공 영역을 지정하면 가상모델하우스를 탐색할 수 있으며, 동공 영역이 벗어났을 경우 사용자가 다시 동공 영역을 지정하여 재보정이 가능하다.

VI. 결론

기존 가상모델하우스는 일반적인 입력 장치인 키보드와 마우스로 컨트롤하도록 되어 있다.

그러나 본 논문에서는 보편화된 웹캠을 이용하여 시선추적을 통한 가상모델하우스 시스템을 구현하였고, 이를 통해 비용적 절감과 개인적 성향의 반영이 용이해졌으며, 현실감 있는 네비게이션과 인터페이스의 편리성을 제공하였다.

향후에는 얼굴윤곽인식 처리 모듈을 포함하고, 또한 시선추적 모듈의 정확성 향상과 초기 동공 영역을 자동 탐색하는 알고리즘을 연구하여 정확성을 향상 시킬 것이다.

참고문헌

- [1] 윤재은, 이준규, “가상현실 모델하우스 활용 특성에 관한 연구”, 한국실내디자인학회, 한국실내디자인학회논문집, 통권 제33호, 106~114쪽, 2002년.
- [2] Jason Cowden, doug A.Brown, Waild Y,Thabet, “HOME DESIGN IN AN IMMERSIVE VIRTUAL ENVIRONMENT”, Department of Computer Science, Department of Building Construction, Virginia Tech, Blacksburg, VA 24061 USA 540-231-2058, 2007.
- [3] 남원호, “가상현실을 이용한 사이버모델하우스의 구축방법에 관한 연구”, 영남대학교, 건축디자인대학원, 2009년.
- [4]

- [5] 송임숙, “아이트래킹 기기를 활용한 제품디자인 데이터 개발에 관한 연구”, 국민대학교, 테크노디자인전문대학원, 2008년
- [6] Zillah Boraston, Sarah-Jayne Blackemore, “The application of eye-tracking technology in the study of autism”, Behavioural and Brain Sciences Unit, Institute of Child Health, University College London, London WC1N 1EH, UK, Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, 17 Queen Square, London WC1N 3AR, UK, 2007.
- [7] Bob Rehder, Aaron B. Hoffma, “Eyetracking and selective attention in category learning”, Department of Psychology, 6 Washington Place, New York University, New York, NY 10003, USA, 2005.
- [8] George Arceneaux IV, Allison Katherine Schedin, Andrew John Willson White, “REAL TIME FACE AND FACIAL FEATURE DETECTION AND TRACKING “, Department of Computer Science St. Olaf College, 2010.

저자 소개

이 동 진(준회원)



• 2008년~현재 을지대학교 의료IT마케팅학과 학생

<주관심분야 : u-Healthcare, 유비쿼터스, GIS, 영상처리 등>

이 기 영(중신회원) :교신저자



• 제 9 권 3호 참조
 • 2009년~현재 한국인터넷방송통신학회 이사
 • 1991년~현재 을지대학교 의료IT마케팅학과 부교수

<주관심분야 : u-Healthcare, 공간 데이터베이스, GIS, LBS, USN, 텔레메틱스 등>