

교육용 콘텐츠 활용을 위한 테이블 탑 시스템

Development of Table-Top System for Using Educational Contents

김기현, 김정훈, 강맹관*, 박현우**, 이동훈, 윤태수
 동서대학교, 디자인&IT 전문 대학원 영상콘텐츠학과, 컴퓨터 정보공학부 멀티미디어 학과*, RIC 센터 연구원**

Kim ki-hyun, Kim Jung-hoon, Kang Maeng-kwan*, Park hyun-woo**, Lee dong-hoon, Yun tae-soo
 Dept. Visual Contents Graduate School of Design&IT, Dept. Multimedia Engineering Computer Information Engineering RIC Center Research Institute.** Dongseo Univ.

요약

본 논문에서는 교육용 콘텐츠 활용에 적합한 테이블 탑 시스템을 제안한다. 테이블 탑 시스템은 시각적인 정보와 인터랙션의 공간이 일치되어 쉽고 직관적인 인터페이스를 제공한다. 또한 교육용 콘텐츠는 직관적으로 인지하고 인터랙션을 하면 교육 효과가 더욱 커지기 때문에 테이블 탑 시스템이 적합하다. 본 논문에서는 플래시로 제작된 교육용 콘텐츠에 테이블 탑 시스템의 장점인 멀티터치를 구현하였다. 본 시스템은 기존의 데스크탑과 같은 시스템에서 부족했던 사용자와 콘텐츠간의 직관적인 인터랙션의 부재를 해결할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose the Table-top system for using educational contents. Table-top system that is matched visual information and interaction space offers easy and intuitive interface. Moreover, because the effectiveness of education is enlarged if the content for education intuitive recognizes and an interaction, the table top system is suitable. In this paper, the multi touch, that is the advantage of the table top system, was implemented in the content for education manufactured as a flash. This system can solve the member of the instinctive interaction between a user and the contents which was short in the system like the existing desktop.

I. 서론

최근 사용자와 기기 간의 상호작용을 원활하게 하고 풍부한 사용 경험을 제공해줄 수 있는 멀티터치 인터페이스 기술들이 다양한 방식으로 활발하게 연구되고 있다. 특히 직관적이고, 쉽고 단순한 방식인 사용자의 손으로 자연스럽게 인터랙션할 수 있는 테이블 탑 시스템에 대한 연구가 활발하다[1]. 사용자의 신체 중에서 손은 가장 많이 사용하며, 사용자가 의도한 바를 정확히 전달할 수 있는 신체 부위이기 때문이다. 지금까지도 가장 많이 사용되고 있는 컴퓨팅 기기와 인터랙션이 가능한 가장 대표적인 디바이스는 마우스와 키보드, 그리고 타블렛 등이 있다. 이러한 디바이스들은 사용자가 원하는 입력을 해주지만 2차원적인 인터페이스에 국한되어 있다[2]. 이러한 불편을 해결하기 위해 나온 디바이스가 터치 패널이다. 일반적인 터치 패널의 경우 제어 가능한 입력 방법이 한정적이며, 터치 패널의 크기에 따른 큰 제약이 발생한다[3].

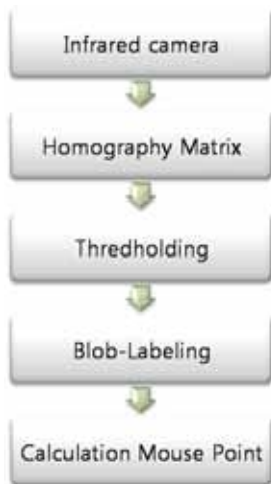
본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 멀티터치가 가능한 테이블 탑 시스템을 기반으로 교육용 콘텐츠가

접목한 시스템을 제안한다. 본 시스템은 빔 프로젝터와 적외선 LED를 이용하여 멀티터치스크린을 제작하여 별도의 장비를 사용하지 않아도 사용자가 직접 교육용 콘텐츠와 상호작용할 수 있다.

II. 시스템 구성

1. 테이블-탑 시스템

본 논문에서 제안하는 테이블-탑 시스템의 흐름은 그림 1과 같다. 적외선 카메라를 이용하여 영상을 획득한 후 획득 영상에서 보이는 실제 영상 화면의 영역을 지정한다. 이 때 발생하는 영상의 왜곡을 보정하기 위하여 호모그래피 행렬(Homography Matrix)을 사용한다. 그 다음 일정한 조도 이외에 들어오는 영상의 잡음을 제거하기 위하여 이진화 과정을 거쳐 잡음을 제거한 후 블랍-라벨링 과정을 거쳐 손가락의 위치를 파악한다. 그리고 카메라 영상에서의 좌표와 실제 뷰 영역에서의 위치를 계산하여 좌표에 적용한다.



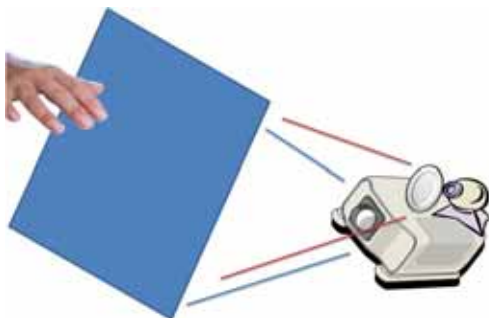
▶▶ 그림 1. 전체 시스템 흐름도

2. 영상 획득을 위한 환경 설정

2.1 빔 프로젝터와 카메라, 스크린의 위치

본 시스템에서는 투명 아크릴과 리어 스크린(rear screen)을 이용하여 영상영역을 제작하고, 빔 프로젝터를 후방에서 영사함으로써 실제 사용자가 화면 앞에 있더라도 그림자에 투영 부분이 가려서 보이지 않는 문제를 해결하였다.

카메라는 빔 프로젝터 위에 설치함으로써 빔 프로젝터가 영사하는 영역을 카메라에서 볼 수 있도록 위치하였다. 이때 band pass filter의 사용 없이 화면 자체를 얻어오게 되면 빔 프로젝터에서 영사되는 모든 영상을 다 받아오기 때문에 band pass filter를 이용하여 빔 프로젝터에서 나오는 영상을 차단한다(그림2 참조). 이때 사용한 band pass filter는 850nm이하의 영역을 차단하는 필터이다.

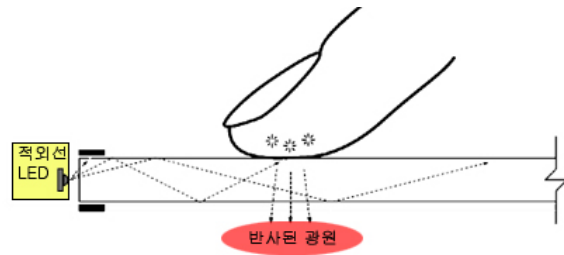


▶▶ 그림 2. 빔 프로젝터와 카메라, 스크린의 위치 설정

2.2 터치를 위한 스크린 제작

본 논문에서 사용한 터치스크린 시스템은 FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)의 원리를 사용하였다. FTIR의 원리는 1960년대 이래로 지문 추출을 위하여 생물 측정학 커뮤니티에서 주로 사용하였으며, 또한 로봇 센서 기술에

이용되어 온 전반사 장애 현상이다. 투명 아크릴의 윗면과 아랫면에 적외선 LED를 3cm의 간격으로 나열하여 설치한 후 아크릴 내부에 적외선을 투영시킨다. 이러한 스크린에 손가락 혹은 Object를 올리게 되면 적외선의 빛은 이곳에서 전반사 장애가 일어나 빛이 확산된다. 이 전반사 장애로 인해 새어 나오는 빛을 band pass filter를 부착한 적외선 카메라를 사용하여 빛의 위치를 획득 할 수 있다(그림3 참조). 이때 사용한 IR LED는 45° 880nm의 파장의 빛을 방출한다.

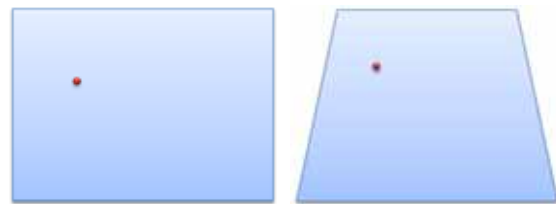


▶▶ 그림 3. 적외선이 난반사되는 아크릴의 단면

III. 구성 알고리즘

1. 영상 왜곡 보정 알고리즘

실제 사용자가 바라보는 뷰 영역의 스크린과 적외선 카메라가 바라보는 뷰 영역의 스크린의 영상의 모양은 차이가 있다. 사용자가 바라보는 뷰 영역은 편의를 위해 직사각형의 영역으로 맞추지만(그림4.(a) 참조), 적외선 카메라로 바라보는 뷰 영역은 공간적 제약에 따른 사다리꼴의 영상왜곡이 생긴다(그림 4.(b) 참조).



(a) 실제 스크린의 형태 (b) 왜곡된 입력영상

▶▶ 그림 4. 카메라로 인하여 발생한 영상 왜곡

이러한 경우 왜곡되어 입력된 영상을 기반으로 손가락의 위치 좌표를 계산하여 화면의 좌표로 적용하는 것은 올바른 결과를 얻을 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 호모그래피 행렬(Homography Matrix)을 적용한다.

어느 한 평면에 대하여 그 평면 위에 있는 점과 다른 한 평면의 대응점은 3 x 3 행렬로 표현이 가능하다. 여기에서 3 x 3 행렬은 두 평면 사이의 사영 변환 관계를 나타내는데, 이것

을 호모그래피(Homography)라고 한다. 그러한 호모그래피 행렬을 사전식으로 배열한 9×1 벡터를 평면 위에 있는 점과 다른 한 평면의 대응점을 조합한 $n \times 9$ 행렬에 곱하면 0이 된다. 이 과정에서 호모그래피 행렬을 사전식으로 배열한 9×1 벡터는 SVD (Singular Value Decomposition)를 통해 구할 수 있다. 하지만 여기서 평면 위에 있는 점과 다른 한 평면의 대응점을 조합한 $n \times 9$ 행렬은 정방 행렬이 아니기 때문에 SVD를 바로 적용 할 수 없다. 이를 해결하기 위하여 유사역원을 이용한다.

$$X_i = (x_i, y_i, z_i)^T,$$

$$X'_i = (x'_i, y'_i, z'_i)^T,$$

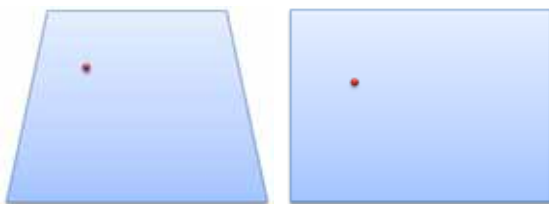
$$X'_i = HX_i,$$

$$X'_i = \frac{1}{z'_i} \begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{pmatrix} \quad H = \begin{bmatrix} h1 & h2 & h3 \\ h4 & h5 & h6 \\ h7 & h8 & h9 \end{bmatrix} \quad X_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

(* $z_i = 1$)

$$Ah = 0.$$

수식(1)과 같이 $Ah = 0$ 에서 h 는 H 행렬을 사전식으로 배열한 9×1 벡터이며, A 는 X 와 X' 를 조합한 $n \times 9$ ($n \geq 4$) 행렬이다. 여기서 h 는 SVD를 통하여 계산을 하며, 호모그래피 행렬인 H 는 $A^T A$ 의 가장 작은 고유값에 해당하는 고유벡터들로 구성된다.



(a) 카메라 입력 영상 (b) 보정된 입력 영상

▶▶ 그림 5. 호모그래피 행렬을 이용한 왜곡 영상 보정

위와 같이 호모그래피 행렬을 사용하여 그림 5와 같이 영상의 왜곡을 보정하고, 사용자의 손가락이 스크린과 접촉하는 부분을 계산하여 스크린의 입력 좌표로 적용을 한다(그림5 참조).

2. 마우스 좌표 보정 알고리즘

호모그래피 계산으로 얻어오는 좌표는 카메라의 뷰 영역에서의 좌표일 뿐 실제 윈도우 좌표에 적용되는 좌표는 아니다.

만약 카메라의 전체 뷰 영역이 640×480 이고, 윈도우의 해상도가 1024×768 이라면 위치의 오차는 많이 날 수 밖에 없다. 이러한 위치를 줄이기 위해 마우스의 범위를 API레벨에서 계산하여 제어가 가능하도록 하였다.

$$X_h = X_i \times \frac{65535}{width} \quad (2)$$

$$Y_h = Y_i \times \frac{65535}{height}$$

마우스의 실제 좌표는 상하좌우의 모든 영역은 해상도와 관계없이 $0 \sim 65535$ 의 영역을 가지기 때문에 현 해상도($width$, $height$)를 나눠준 후 호모그래피의 계산 결과로 나온 좌표(X_i , Y_i)를 곱하면 해상도에 맞는 좌표가 계산된다(수식2 참조).

3. 멀티 터치 기능 구현

다양한 인터랙션을 위해서는 멀티터치가 가능하여야 한다. 멀티 터치란 인풋 정보가 동시에 화면 여러 부분에서 일어나는 것을 말한다. 본 시스템에서는 band pass filter → 이진화 → 블랍 과정을 거치면서 잡음을 제거하고, 각 블랍에 라벨링을 하여 각 블랍의 위치를 찾아내고 이를 이용하여 인터랙션이 가능하도록 하였다(그림6 참조).



(a) 손가락 접촉면 인식 (b) 검출 영역 Blob처리

▶▶ 그림 6. 적외선의 난반사를 이용한 손가락 접촉면 인식 및 해당 영역 Blob처리 결과

IV. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 제안하는 시스템의 콘텐츠로 지각변동에 관한 교육용 콘텐츠를 제작하였다. 이 콘텐츠의 대상은 6~12세의 유아들을 대상으로 제작하였으며, 마우스나 컴퓨터의 키보드 대신 투사된 영상에 손가락의 터치만으로 콘텐츠의 동작이 가능하도록 하였다(그림6 참조).

본 논문에서 제안하는 시스템은 Visual C++로 제작 되었으며 교육용 콘텐츠는 Adobe Flash로 제작되었다. Visual C++ 언어를 사용하여 카메라의 영상획득, 영상처리, 그리고 영상의 왜곡에 대한 보정, 좌표 인식에 대한 부분을 처리하여 마우스

에 관한 명령 메시지를 발생시키면 Adobe Flash로 제작된 콘텐츠에서 발생된 메시지를 받아 이벤트를 처리함으로써 인터랙션이 가능한 교육용 콘텐츠를 제작하였다.



▶▶ 그림 6. 터치방식의 교육용 콘텐츠

이야기가 진행 되는 화면에서 사용자가 직접 콘텐츠를 터치함으로써 기존의 일방적인 형태의 학습방법보다 효과적으로 정보 전달이 가능하다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 교육용 콘텐츠의 활용을 위해 멀티터치 시스템을 제작함으로써 사용자의 측면에서 보다 흥미롭고 직접적인 방법으로 유용한 정보를 얻을 수 있었다. 직관적인 콘텐츠의 터치를 위하여 빔 프로젝트의 영상을 스크린의 후방에서 투영하고 적외선을 이용하여 사용자의 손가락 위치를 계산하여 좌표 값으로 연동함으로써, 사용자는 자신의 행동에 따라 진행되는 교육용 콘텐츠를 통하여 보다 흥미롭게 원하는 정보를 획득하는 것이 가능하게 되었다.

향후 본 시스템에 탑재할 수 있는 멀티 인터랙션이 가능한 콘텐츠를 제작하여 보다 효율적인 교육적인 정보전달을 할 수 있는 시스템을 개발한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 최승익, 정종우, 서영완, "테이블탑 기기와 인터랙티브 벽면 디스플레이의 기술동향과 응용", 한국 HCI 2008 학회, Workshop on Tabletop and Interactive Displays, 강원도, 2008년 2월.
- [2] 김혜린, 장혜정, 박승호, "체감형 게임 중심의 텐저블 인터페이스 디자인 연구", 한국 HCI 2004 학회, 2004년 2월
- [3] 김정훈, 이영보, 김기현, 윤태수, 이동훈, "공간 증강 현실 기반 교육용 콘텐츠 전시 시스템", 한국 HCI 2008 학회, 제1권 pp.39-44, 강원도, 2008년 2월.
- [4] 이영보, 윤창욱, 윤태수, 이동훈, "가상환경에서의 프로젝터 기반 텐저블 메뉴 시스템", 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집, 청구(충북대학교), 2006년 11월.
- [5] S. Lee, "Planar Region Extraction for Visual Navigation using Stereo Camera", Master thesis, Electronics Engineering, Korea University, pp.6-11, 2003.
- [6] Jeff. Han, "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection." In ACM USIT '05, pp.115-118, 2005.
- [7] Yasuyuki Okanl, Yoshinori Ito2, Tohei Nitta3, "A Study on the Application of DVE to a Mental Support System for the Aged Segated from Family", IEEE, (TableTOP '06), 2006