
입체 영상에서 터치 인터랙션을 위한 대규모 인터랙티브 디스플레이 시스템

강맹관* · 김정훈* · 조성현** · 주우석** · 윤태수** · 이동훈**

Large scale interactive display system for touch interaction in stereopsis
Maeng-Kwan Kang* · Jung-Hoon Kim* · Sung-Hyun Jo** · Woo-Suck Joo** ·

Tae-Soo Yoon** · Dong-Hoon Lee**

요 약

본 논문에서는 적외선 LED BAR를 기반으로 하여 3D 입체 영상을 이용하면서 다양한 터치 인터랙션이 가능한 대규모 인터랙티브 디스플레이 시스템을 제안한다. 제안하는 IR LED BAR를 이용하여 입체 영상의 느낌을 느낄 수 있는 스크린과 떨어진 공간에 인터랙션 막을 생성 한다. band pass filter를 장착한 적외선 카메라를 통하여 실시간으로 영상을 획득한다. 획득되어진 영상은 영상처리모듈을 통하여 터치 인터랙션 좌표 정보를 구하고 packet으로 저장한다. 네트워크 데이터 통신을 통하여 packet을 server로 보내며 server에서 메타포 분석 모듈로 packet을 분석하고 메타포 이벤트로 저장하여 콘텐츠에 보낸다. 콘텐츠에서는 실시간으로 메타포 이벤트 결과를 실행하여 입체 영상에서 터치 인터랙션이 사용 가능하도록 한다. 그로 인하여 직접 스크린을 터치하지 않아도 시스템과 터치 인터랙션이 가능하게 됨에 따라 3D 입체 영상을 이용하면서 터치 인터랙션이 가능하게 되었다.

ABSTRACT

In this thesis, it suggests large scale interactive display system which is able to various touch interaction and bases on infrared LED BAR and using 3D. Interaction layer formed on space from screen which is able to feel 3D using suggested IR LED BAR. It gets the image in real time what is composed in interaction section using infrared camera with band pass filter. The image finds touch interaction coordinate through image processing module and saves as packet. It send packet to server through network data communication. It analyze packet by metaphor analysis module and save as metaphor event and send it to contents. On contents, it practices to metaphor event result in real time so it makes use touch interaction in stereopsis. According to this process, it does not need touch the screen at firsthand but it is possible system and touch interaction so touch interaction is possible while use 3D.

키워드

적외선 LED BAR, 터치 인터랙션, 적외선 카메라, 네트워크 데이터 통신

Key word

IR LED BAR, Touch Interaction, Infrared Camera, Network Data Communication

* 회원구분 : 동서대학교 일반대학원 영상콘텐츠학과 (dongse3927@gamil.com)

** 회원구분 : 동서대학교 디지털콘텐츠학부

I. 서 론

최근 제임스 카메론 감독의 3D SF블록버스터 영화인 <아바타>가 개봉이 되고 큰 흥행에 힘입어 3D 입체 영상을 이용한 여러 가지 시스템이 많은 관심을 받고 있다. 이런 많은 관심을 받고 있는 3D 입체 영상은 기존의 2D 영상에 점진적 깊이인 depth 값을 추가하여 영상에 실제 현실 공간과 동일한 느낌을 주어 사용자가 영상과 동일한 공간에 있는 생각을 하게 되어 영상이 제공하는 다양한 느낌을 체감 할 수 있도록 하는 방식이다. 그로 인하여 사용자가 영상을 보면서 보다 다양한 경험을 할 수 있는 콘텐츠 및 시스템 기술 개발이 활발히 진행 중에 있다. 그러나 3D 입체 영상의 특성상 스크린과 어느 정도 떨어져서 영상을 보아야 입체 영상 느낌을 느낄 수 있는 특성으로 인하여 스크린을 직접 터치를 하며 입체 영상을 이용하는 부분에 대하여 어려움이 있는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 적외선 LED BAR를 이용하여 3D 입체 영상을 이용하면서 다양한 터치 인터랙션이 가능하게 하는 대규모 인터랙티브 디스플레이 시스템을 제안한다.[1]

II. 시스템 구성

II.1 전체 구성

본 논문에서 제안하는 시스템은 영상처리모듈과 메타포분석모듈 그리고 콘텐츠 모듈로 크게 3가지 모듈로 나뉘어 구성된다. 먼저 band pass filter를 장착한 적외선 카메라를 통하여 획득되어지는 영상을 영상처리모듈을 이용하여 터치 인터랙션 좌표를 구한다. 획득되어지는 영상 중 실제 영상처리가 이루어지는 영역을 지정한다. 이 때 영상 왜곡이 발생하는데 호모그래피 행렬을 이용하여 보정한다. 보정 된 영상은 이진화와 블랍-라벨링 과정을 통하여 영상의 잡음을 제거하고 터치 인터랙션 좌표를 구한다. 구하여진 터치 인터랙션 좌표 정보는 packet으로 저장하여 server로 보내어 지며 server에서는 미리 지정해 놓은 메타포 분석 모듈을 통하여 분석하고 분석 결과를 메타포 이벤트로 저장하여 3D입체 영상 콘텐츠에 보내어 실행하도록 한다.

II.2 터치 인터랙션을 위한 적외선 LED BAR 제작

3D 입체 영상을 이용하며 터치 인터랙션이 가능하도록 하기 위한 적외선 LED BAR를 제작

한다. 적외선 LED를 3cm간격으로 배열하여 적외선 LED BAR를 제작하고 3D 입체 영상을 느낄 수 있는 스크린과 떨어진 공간 천장에 설치를 한다. 적외선 LED BAR는 지면으로 LED 빛이 향하게 하여 인터랙션 막을 형성하도록 한다. 사용자 후면 상단에 band pass filter를 장착한 적외선 카메라를 설치하여 인터랙션 막 안에서 일어나는 인터랙션 영상을 실시간을 획득 할 수 있도록 한다.

II.3 네트워크 통신 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 차후 시스템의 확장 환경을 위하여 네트워크 통신 시스템을 사용하여 모듈간의 데이터 통신을 하도록 한다. 네트워크 통신 시스템을 통하여 각 모듈에서 구한 데이터를 server에서 처리하여 결과를 콘텐츠에 보냄으로 인하여 동시에 여러 콘텐츠를 실행 할 수 있는 환경을 구성한다. 또한 이로 인하여 한 시스템에서 동시에 여러 시스템을 이용할 때 일어나는 속도 저하 문제를 해결하고 보다 다양한 멀티 터치 기능이 가능하도록 한다.

III. 시스템 내부 알고리즘

III.1 영상 보정 알고리즘

band pass filter를 장착한 적외선 카메라를 통하여 실시간으로 모든 영상을 획득하게 되는데 모든 인터랙션 막의 영상을 획득하기 위하여 사용자 보다 후면 상단에 적외선 카메라가 위치하여야 한다. 적외선 카메라가 상단에 위치를 하게 됨으로 인하여 사용자가 보는 직사각형인 뷰인 반면에 카메라가 보는 뷰의 모양은 직사각형이 아닌 마름모의 형태의 뷰가 되는 영상 왜곡이 일어난다. 그로 인하여 본 논문에서는 호모그래피 행렬(Homography Matrix)를 이용하여 영상 왜곡을 보정을 한다.

어느 평면에 대해 그 평면에 있는 점과 다른 평면의 대응점은 3×3 행렬로 표현이 가능한데 이 때 3×3 행렬의 의미는 두 평면 사이의 시영 관계를 나타내는 것인데 이것을 호모그래피(Homography)라 한다. 이런 호모그래피 행렬을 이용하여 사전식으로 배열한 9×1 벡터를 평면 위에 있는 점과 다른 한 평면의 대응점을 조합한 $n \times 9$ 행렬에 곱하면 0이 된다.[3]

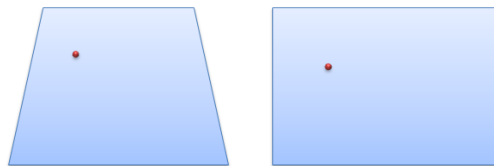
$$\begin{aligned}
 X_i &= (x_i, y_i, z_i)^T, \\
 X_i &= (x_i', y_i', z_i')^T, \\
 X_i' &= HX_i, \\
 X_i' &= \frac{1}{z_i'} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad H = \begin{bmatrix} h1 & h2 & l \\ h4 & h5 & l \\ h7 & h8 & l \end{bmatrix} \quad X_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \quad (1)
 \end{aligned}$$

(* $z_i = 1$)

$$Ah = 0.$$

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.

위와 같이 호모그래피 행렬을 이용하여 영상의 왜곡을 보정하고, 사용자가 인터랙션 막 안에서 일어나는 인터랙션 좌표를 계산하여 입력 좌표로 사용한다.(그림 1 참조)



(a) 카메라 입력 영상 (b) 보정된 입력 영상

그림 1. 호모그래피 행렬 이용한 영상 왜곡 보정

III.2 마우스 좌표 보정 알고리즘

호모그래피 계산을 통하여 구하여진 좌표는 카메라 뷰 안에서의 좌표일 뿐 실제 시스템에서 사용되는 윈도우 좌표로 사용 할 수는 없다. 카메라의 뷰 영역이 640×480 이고, 윈도우에의 해상도가 1024×768 일 경우 위치의 오차는 많이 발생하게 된다. 이런 위치의 오차를 줄이기 위해 본 논문에서는 API레벨에서 계산하여 실제 윈도우 마우스 범위로 변환이 가능하도록 한다. 윈도우 마우스 범위는 해상도와 관계없이 0~65535까지의 범위를 가지는데 이 범위를 현 시스템의 해상도(width, height)로 나누고 호모그래피 계산 결과로 나온 좌표(X_i, Y_i)로 곱하여 주면 현 해상도에 맞는 인터랙션 좌표가 계산이 된다.(수식 2 참조)

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

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

III.3 멀티 터치 인터랙션 알고리즘

보다 다양한 인터랙션과 동시에 여러 사용자가 사용이 가능한 시스템 이용이 가능하도록 하기 위하여 멀티 터치 알고리즘을 이용한 영상 처리모듈을 사용한다. band pass filter를 이용하여 획득 되어 지는 영상은 이진화과 블랍 과정을 거쳐 영상의 잡음을 제거하고 각각의 블랍을 라벨링 과정을 거쳐 블랍에 따른 좌표를 찾아낸다. 그로 인하여 각각에 따른 좌표에 따른 인터랙션이 가능하도록 하여 멀티 터치 인터랙션이 가능하도록 한다.[4]

III.4 메타포 분석 알고리즘

각각의 인터랙션 좌표 정보가 중첩되지 않고 다양한 인터랙션이 가능하도록 하기 위하여 메타포 분석 알고리즘을 사용한다. 영상처리모듈을 통하여 구하여진 인터랙션 좌표 정보는 packet으로 저장되어져 server로 보내어 진다. server에서는 미리 정해 놓은 메타포 분석 모듈을 통하여 packet을 분석하여 결과를 메타포 이벤트로 콘텐츠로 보내어져 다양한 인터랙션이 가능하도록 한다. 메타포 분석 알고리즘을 통하여 packet을 구분하는 기준은 인터랙션 막에서 발생하는 시간으로 사용한다. 최초 발생한 인터랙션 좌표와 시간을 저장하여 지속시간을 체크하도록 한다. 초기 발생한 좌표를 "Base Move"로 지정하고 초당 25~30 프레임의 속도로 캡처되는 영상에서 이전 프레임과 비교하여 일정영역이상으로 벗어나지 않을 경우에는 동일한 좌표로 인식하도록 하며 0.3초의 시간동안 인터랙션이 지속이 되면 "Base Moving"으로 인식을 한다. 0.3초 동안 인터랙션이 일어나지 않거나 모든 인터랙션이 종료가 되면 "Mouse Up"으로 인식하고 모든 결과는 메타포 이벤트로 저장하여 콘텐츠에 보내어 진다.

IV. 구현 및 실험결과

본 논문에서 제안하는 시스템을 통하여 3D

입체 영상을 이용하면서 터치 인터랙션이 가능하도록 하는 시스템을 제작하였다.(그림 2 참조) 적외선 LED를 3Cm 간격으로 배열하여 적외선 LED BAR를 제작하고 3D 입체영상 느낌을 받을 수 있는 스크린과 일정 간격이 떨어진 곳에 위치를 하여 인터랙션 막이 생성이 되도록 하였다. 사용자 후면 상단에 band pass filter를 장착한 적외선 카메라를 통하여 인터랙션 막에서 이루어지는 인터랙션 영상을 획득하도록 하였다.



그림 2. 입체 영상 터치 인터랙션 모습

획득 되어지는 영상은 영상처리모듈을 통하여 인터랙션 좌표 정보를 획득하도록 하였으며 네트워크 통신 시스템을 통하여 획득 되어지는 좌표 정보를 packet으로 저장하여 server로 보내어 지도록 하였다. server에서는 메타포분석모듈을 통하여 분석하고 메타포이벤트로 콘텐츠에서 실시간으로 결과가 이루어지게 함으로 인해서 사용자가 3D 입체 영상을 이용하면서 터치 인터랙션이 가능할 뿐만 아니라 멀티 터치 인터랙션으로 인하여 보다 많은 사용자가 동시에 다양한 인터랙션이 가능하도록 하였다.

V. 결 론 및 향후 과제

본 논문에서 제안하는 시스템을 통하여 3D 입체 영상을 이용하면서 터치 인터랙션이 가능한 시스템을 제작하였다. 또한 네트워크 통신 시스템과 메타포 분석 모듈을 통하여 시스템의 확장이 가능하게 되었을 뿐더러 멀티 터치 인터랙션이 가능하게 되어 보다 많은 사용자가 동시에 사용가능한 시스템을 제작하였다.

본 시스템은 향후 네트워크 통신 시스템을 통하여 여러 콘텐츠가 동시에 사용이 가능하며 다양한 메타포를 추가함으로 인하여 보다 다양한 입체 영상을 이용하면서 인터랙션이 가능한 인식 디바이스로서 활용이 가능하다.

본 연구는 한국콘텐츠진흥원 2010년도 문화기술 공동연구 센터 사업의 지원에 의하여 수행된 연구 결과임

참고문헌

- [1] 최승억, 정중우, 서영완, "레이블 탑 기기와 인터랙티브 벽면 디스플레이의 기술동향과 응용", 한국 HCI 2008 학회, Workshop on Tabletop and Interactive Display, 강원도, 2008년 2월
- [2] D.Vogel and R. Balakrishnan, "Interactive Public Ambient Displays : transitioning from implicit to Explicit Public to Personal, Interaction with Multiple Users", Proceedings of UIST 2004, pp.137-146, 2004
- [3] 이영보, 윤창욱, 윤태수, 이동훈, "가상환경에서의 프로젝터 기반 텐저블 메뉴 시스템", 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집, 청주(충북대학교), 2006년 11월
- [4] Jeff. Han, "Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection", In ACM USIT '05, pp.115-118, 2005