

대규모 인터랙티브 디스플레이 환경에서의 멀티 공간 인터랙션 인터페이스

Multi Spatial Interaction Interface in Large-scale Interactive Display Environment

윤창옥*, 박정필**, 윤태수***, 이동훈***

동서대학교 디자인&IT 전문 대학원 영상콘텐츠학과*, 동서대학교 컴퓨터공학과**,
동서대학교 디지털콘텐츠학부***

Chang-Ok Yun(coyun@hanmail.net)*, Jung-Pil Park(vbflash@nate.com)**,
Tae-Soo Yun(tsyun@dongseo.ac.kr)***, Dong-Hoon Lee(dhl@dongseo.ac.kr)***

요약

유비쿼터스 컴퓨팅 기술들의 발달로 인해 인터랙티브 디스플레이는 사용자에게 다양한 인터랙션을 제공하고 있다. 이러한 인터랙션을 위해 다양한 방법들이 연구되었지만 디바이스 사용성과 단일 사용자에게 제공된다는 한계점이 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 앰비언트 디스플레이 환경에서 다수 사용자에게 다양한 인터랙션을 제공하기 위한 공간 멀티 인터랙션 인터페이스를 제안한다. 이를 위해 적외선 LED 배열바(IR-LEDs Array Bar)를 통해 사용자가 인터랙션 할 수 있도록 인터랙션 막을 생성한다. 이때 사용자는 인터랙션 막에서 공간 터치를 통해 다양한 인터랙션을 경험할 수 있다. 따라서 휴대 디바이스 없이도 사용자의 자연스러운 손동작만으로 인터랙션을 할 수 있는 인터랙티브 디스플레이 시스템과 인터페이스 방법을 제공한다.

■ 중심어 : | 인터랙티브 디스플레이 | 앰비언트 환경 | 인터랙션 막 | 공간 인터랙션 |

Abstract

The interactive display is providing various interaction modes to users through various ubiquitous computing technologies. These methods were studied for their interactions, but the limits that it is provided to only single user and the device usability were generated. In this paper, we propose a new type of spatial multi interaction interface that provide the various spatial touch interactive to multi users in the ambient display environment. Therefore, we generate the interaction surface so that a user can interact through the IR-LEDs Array Bar installed in the ceiling of the ambient display environment. At this time, a user can experience the various interactions through the spatial touch in an interaction surface. Consequently, this system offers the interactive display and interface method that the users can interact through natural hand movement without the portable devices.

■ keyword : | Interactive Display | Ambient Environment | Interaction Surface | Spatial Interaction |

* 이 논문은 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과이며, 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-313-D00980)

접수번호 : #091013-003

심사완료일 : 2009년 12월 11일

접수일자 : 2009년 10월 13일

교신저자 : 이동훈, e-mail : dhl@dongseo.ac.kr

I. 서론

얼마 전까지만 해도 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 기술 개발은 인간이 활동 가능한 영역에 유무선 통신망을 구축하는 것과 같은 기반 기술에 초점이 맞추어졌다. 그러나 최근 들어 이러한 통신망 인프라 위에 인간이 컴퓨팅 환경과 자연스럽게 상호작용할 수 있는 멀티모달 인터랙션 기술에 관심이 모아지고 있다. 유비쿼터스 디스플레이의 큰 특징인 "앰비언트" 또는 "사라지는 컴퓨팅 환경"을 구축하기 위하여 사용자와 디스플레이와의 간격에 따라 상이한 인터랙션을 제공하는 시스템들이 개발되었다. 종래 기술에는 단순한 터치 방식의 디스플레이만을 제공하거나 다양한 센서 장치를 이용하여 사용자의 의도를 파악한다. 거리 센서를 이용한 Gossip Wall 등이 있고, 다양한 카메라를 이용하여 사용자의 위치 정보를 파악하는 공유형 인터랙티브 앰비언트 디스플레이 시스템이 있다. 종래 기술에 따른 디바이스 장치를 이용한 인터랙션 방식은 사용자에게 자연스러운 인터랙션을 제공하지 못하는 문제점이 있다. 또한 센서인식을 통한 방법이기때 여러 사용자가 디바이스를 장착해야만 한다. 따라서 다수의 사용자가 다 같이 참여할 수 없다는 한계점도 발생한다. 즉, 종래의 기술은 전통적인 방식의 키보드, 마우스 등의 디바이스를 이용하여 이러한 인터랙션 장치와 직접적으로 관계가 있는 특정 부분과의 인터랙션이 주를 이룬다. 최근에 이러한 기존의 기술적 한계를 극복하고 앰비언트 환경에서의 구성요소를 더욱 자연스럽게 직관적인 방법으로 제어할 수 있도록 하기 위한 방법론이 필요하며 해당 정보를 효과적으로 사용자에게 나타낼 수 있는 방안도 요구된다.

따라서 본 논문에서는 유비쿼터스 앰비언트 환경에서 사용자에게 다양한 공간 멀티 인터랙션을 제공함으로써, 인식을 위한 디바이스 장치의 도움 없이 사용자의 단순한 손 동작만으로 인터랙션 할 수 있는 인터랙티브 시스템을 제안한다. 즉, 기존의 인터랙션과 공간 인터랙션의 운용에 대한 차이에서 종래 기술은 주로 한 명의 사용자가 인터랙션 장치(마우스)와 연결되어 있는 컴퓨터 머신과의 인터랙션을 수행하는 것을 보여주며,

공간 멀티 인터랙션은 동시에 여러 사용자가 공간상에 단순한 손동작만을 이용하여 다양한 콘텐츠와 인터랙션을 할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 제 2장에서는 앰비언트 환경에서 다양한 인터랙션 기법에 대한 기존 연구들에 대해서 기술한다. 제 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 전체적인 흐름에 대해서 기술하고 4장과 5장에서는 제안한 시스템에서의 영상 획득을 위한 환경 설정과 핵심 알고리즘에 대해서 기술한다. 또한 제 6장에서는 제안한 기법의 결과와 실험환경에 대해서 기술하고 7장에서는 인터페이스에 대한 기존 방식과의 비교 사용성 평가에 대해서 기술한다. 마지막으로 제 8장에서는 논문의 결론으로 마무리 한다.

II. 관련 연구

앰비언트 환경에서의 인터랙션을 다루는 연구로는 Fraunhofer IPSI 의 Norbert A. Streitz 와 그의 동료들이 진행한, 인터랙션을 "Human-Computer Interaction (HCI)" 에서 "Human-Environment Interaction (HEI)" 로 전개해 나가기 위한 연구가 있다[1], 그들은 Roomware[2] 나 Ambient Agoras[1]와 같은 결과물을 통하여 컴퓨팅 능력이 내재되어 있는 실제 구조물로 구성된 공간과 가상의 정보 공간을 통합하는 시도를 해왔다. 또한 Stanford 대학의 iRoom [3] 의 경우도 협업 환경에서 공용 디스플레이를 목표로 하는 새로운 타입의 인터랙션 방법을 제공하였다. 그중 다양한 장치를 이용한 방법들이 연구되었으며 독일 프라운호퍼 연구소에서 개발한 Gossip Wall이 그 중 하나이다[4]. 즉, 사용자와 디스플레이와의 거리가 아주 먼 앰비언트 영역에 있으면 일반적인 정보를 디스플레이하고, 사용자가 디스플레이에 좀 더 다가가게 되어 디스플레이가 그 사용자를 인지하게 되면 해당 사용자에게 적합한 콘텐츠를 보여 주게 된다. 사용자가 디스플레이와 아주 근접한 인터랙션 영역으로 걸어가게 되면 모바일 단말기 디스플레이를 사용하여 보다 세부적인 정보를 얻을 수 있을 뿐 아니라 외부와 연결도 가능하다. 상기 Gossip Wall은 사

용자가 거리 센서 방식을 채택한 모바일 단말기를 이용하여 디스플레이에서 정보를 얻고 사용자의 위치를 파악하게 된다. 하지만 상기 Gossip Wall은 사용자가 항상 모바일 단말기를 휴대해야만 사용자를 추적하는 점, 디스플레이 장치가 다양하게 제공되지 못하는 등의 문제점이 있다. Toronto 대학에서는 여러 명이서 사용가능한 공유형 인터랙티브 앰비언트 디스플레이를 개발하였는데, 이 시스템은 사용자와 디스플레이간의 근접성에 따라 네 단계로 나누어 각기 다른 인터랙션을 할 수 있도록 설계하였다[5]. 하지만 이 시스템은 사용자가 여러 타입의 인식 장치를 착용함으로써 인터랙션에 한계가 있으며 다수의 사용자가 사용하기가 어렵다. 이러한 센싱 방식에서 최근 국내에서는 적외선 LED를 이용한 연구들이 다양하게 이루어지고 있다. 인터페이스와 사용자간의 상호작용을 위해 적외선 LED를 이용한 트래킹 기법[9]을 이용하거나 적외선 LED 밴드를 이용한 모션 분석과 이를 활용한 재활훈련 시스템[13]도 있다. 닌텐도 사의 Wii 컨트롤러와 적외선 LED를 이용한 사용자의 위치와 시선 추적을 통해 몰입형 사용자 인터페이스[10] 제공하기도 하며, 적외선 LED를 단순한 포인팅 및 컨트롤 디바이스 형태로 개발[11-13]하여 다양한 콘텐츠에 적용되었으며, 또한 FTIR(Frustrated Total Internal Reflection)기반의 다양한 테이블 탑 디스플레이(Tabletop Display)와 인터랙티브 벽면 디스플레이(Interactive Wall Display)들이 개발[15,16]되어 다양한 콘텐츠에 활용되고 있다. 즉, 기존의 적외선 LED를 이용한 인터랙션 인터페이스는 단순히 포인팅 및 컨트롤 디바이스 형태로 사용자가 직접 착용하여 사용하거나 인터랙션 하기위해 디스플레이에 직접 터치하는 방식으로 개발됨으로써 불편하거나 제한되는 요소들을 내재하고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 연구들에서의 제한점과 한계점을 해결하고 보다 자연스러운 인터랙션 인터페이스를 제안한다. 이를 위해 사용자가 인식장치나 센싱장치를 착용하지 않고 적외선 LED 배열바(IR-LEDs Array Bar)에서 생성된 적외선 인터랙션 막(IR Interaction Surface)을 통해 사용자의 자연스러운 손동작만으로 인터랙션을 할 수 있는 멀티 공간 인터랙션

인터페이스를 제공한다.

III. 전체 시스템 구조

사용자들에게 다양한 멀티 공간 인터랙션을 제공하기 위한 대규모 인터랙티브 디스플레이 구성도는 다음과 같다[그림 1]. 본 시스템은 프로젝터기반의 대형 벽면형 디스플레이 장치, 적외선 발생 장치(IR-LEDs)를 이용한 적외선 LED 배열판(IR LEDs Array Bar), 적외선 투과 필터(IR-Filter)장치를 장착한 적외선 카메라(IR Camera)로 구성된다. [그림 1]에서 보듯, 본 시스템은 적외선 인터랙션 막을 통해 사용자가 기존의 제한된 스크린면이 아닌 공간에서 자연스럽게 손동작으로 인터랙션을 할 수 있다.

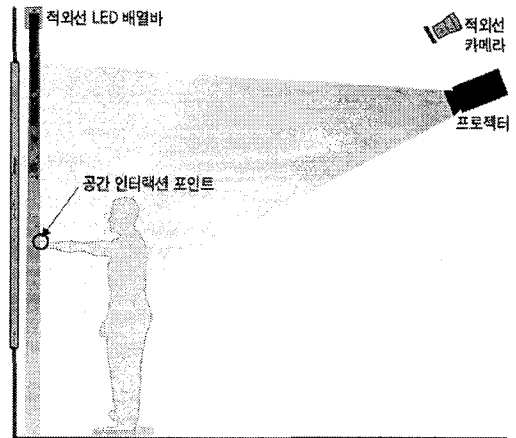


그림 1. 전체 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 공간 멀티 인터랙션 인터페이스 시스템의 전체적인 흐름은 [그림 2]와 같다. 먼저 적외선 카메라를 이용하여 영상을 획득한다. 일반적으로 카메라를 통해 획득한 영상은 왜곡이 발생을 하기 때문에 보정 과정을 거치게 된다. 이때 영상의 왜곡을 보정하기 위하여 호모그래피 행렬(Homography Matrix)을 사용한다. 그리고 일정한 조도 이외에 들어오는 영상의 잡음을 제거하기 위하여 이진화(Threshold) 과정을 거쳐 잡음을 제거 한 후 블랍-라벨링(Blob-Labeling) 과

정을 거쳐 좌표보정 후 트래킹을 통해 손의 위치를 파악한다. 이러한 손 좌표 정보는 클라이언트(콘텐츠)와 네트워크 통신을 통하여 공간 멀티 인터랙션을 적용한다.

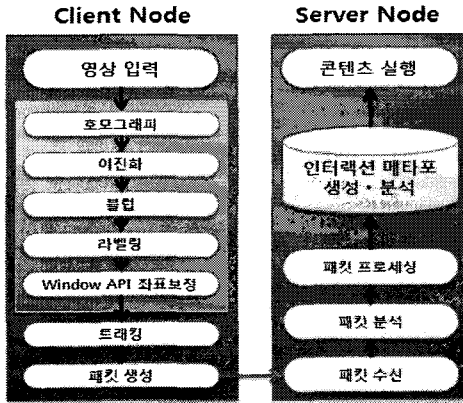


그림 2. 전체 시스템 흐름도

IV. 영상 획득을 위한 환경 설정

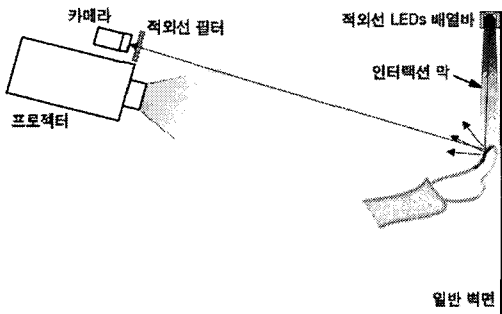
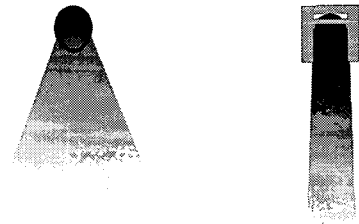


그림 3. 프로젝터, 카메라 위치 설정

본 시스템에서는 특별한 스크린이 요구되지 않는다. 단, 사용하고자하는 스크린의 너비에 맞춰 스크린상단에 적외선 LED 배열바(IR-LEDs Array Bar)를 설치한다. 프로젝터는 스크린의 크기에 비례하여 거리가 정해진다. 스크린의 규모가 커지면 스크린과의 거리가 멀어지고 반대로 작아지면 스크린과의 거리가 가까워진다. 그래서 다양한 공간에서 활용가능하다. 또한 공간에서 터치를 하지 않는 방식(Touchless)방식을 통해 공간상에서 사용자의 제스처를 인식하여 사용자가 자연스럽게

게 인터랙션을 할 수 있다. 즉, 인터랙션막이 벽과 떨어져 있어도 사용자가 인터랙션 막에서의 공간 인터랙션만으로 충분히 다양한 콘텐츠를 즐길 수 있다. 그리고 스크린에 영사되는 영역을 카메라가 볼 수 있도록 프로젝터 보다 상단에 위치한다. 이때 대역 통과 필터(Band-pass filter)의 사용 없이 화면 자체를 얻어오게 되면 프로젝터에서 영사되는 모든 영상을 받아오기 때문에 대역 통과 필터를 이용하여 프로젝터에서 나오는 영상을 차단한다. 이때 사용한 대역 통과 필터는 850nm 이하의 영역을 차단하는 필터이다[그림 3].

본 논문에서는 공간 멀티 인터랙션 인터페이스를 위하여 스크린의 너비에 맞춰 적외선 LED 배열바를 설치한다. 적외선 LED 배열바는 3cm의 간격으로 적외선 LED를 나열하여 제작하였으며, 사용자의 손 영역이외 불필요한 사물을 영상에 제거하기 위하여 스크린과 적외선 빛이 수평을 유지해야한다. 수평을 유지하기위해 IR LED의 주변을 차단하여 빛의 발산범위를 좁힌다. 즉, 45°로 빛을 발산하는 것을 막기 위하여 적외선 LED의 양쪽을 차단하여 수직으로만 빛이 나갈 수 있도록 한다. 그림 4(b)는 빛에 대한 직진성 향상을 이용한 적외선 LED 배열바이다. 공간에서 사용자의 손을 트래킹하기위해서 적외선 LED 배열바를 스크린 상단에서 하단으로 빛을 수직으로 발산한다. 이때 빛은 직진성 원리에 의한 사용자의 손에 의해 더 이상 빛이 직진하지 못하게 된다. 그 결과 직진성을 잃은 적외선 빛은 사용자 손등위에 남아 적외선 카메라를 이용하여 손의 위치를 획득 할 수 있다. 이때 사용한 적외선 LED는 45° 880nm의 파장의 빛을 방출한다.



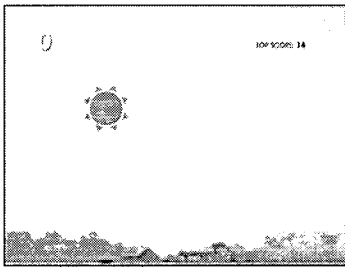
(a)일반 적외선 LED (b)적외선 LED 배열바
그림 4. 빛에 대한 직진성 향상 원리를 이용한 적외선 LED 배열바

V. 구성 알고리즘

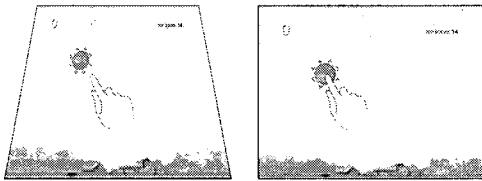
본 논문에서 제안하는 공간 멀티 인터랙션 인터페이스를 구현하기 위하여 카메라 영상과 프로젝터 영상의 변환 관계를 계산하여 영상에 대한 왜곡을 보정하고, 다수의 사용자가 공간 멀티 인터랙션을 위해 네트워크 통신을 통해 실시간으로 손의 위치를 추적한다.

1. 영상 왜곡 보정 알고리즘

일반적으로 프로젝터와 카메라를 이용한 시스템에서는 카메라를 통해 얻어진 영상에서 정확한 위치 좌표값을 얻기 위해서는 보정이라는 단계가 필요하다.



(a) 프로젝터를 통한 입력 영상



(b) 왜곡된 입력영상

(c) 보정된 입력 영상

그림 5. 호모그래피로 보정된 입력 영상

그렇지 않으면 [그림 5](b)와 같이 스크린에서의 왜곡된 영상을 기반으로 사용자의 손 좌표를 계산하여 화면의 좌표로 적용하는 것은 올바른 결과를 얻을 수 없다. 따라서 카메라로부터 영상을 입력을 받아서 프로젝터를 통해 투영할 영상의 키스톤을 보정하고 사용자의 손 좌표를 정확하게 추적하기 위해서는 투영될 영상과 프로젝터를 통해 뿌려져야 할 영상간의 호모그래피 관계를 계산해야 한다. 이를 통해 [그림 5](c)와 같이 카메

라를 통해 투영된 영상에서의 정확한 좌표정보를 얻을 수 있다. 카메라 영상과 프로젝터 영상간의 변환 관계를 계산할 수 있는 방법으로서, 카메라와 프로젝터의 두 영상 간의 등극선 기하관계(Epipolar Geometry)를 알아내는 방법인 기본행렬(Fundamental Matrix)과 두 평면 사이의 점의 관계를 나타낼 수 있는 호모그래피(Homography Matrix)등이 있다. 기본행렬은 점과 점의 관계가 아닌 점과 선의 관계이며, 여러 평면을 고려해야 하기 때문에 호모그래피에 비해 노이즈(Noise)가 심하다. 이런 점을 고려하여 본 논문에서는 호모그래피를 이용하여 카메라와 프로젝터간의 변환 관계를 계산한다. 이를 통해 영상 왜곡에 대한 보정을 하게 된다.

두 평면 사이의 기하학적 사영 관계를 계산할 수 있는 호모그래피의 계산 방법은 다음과 같다. 입력 영상의 좌표 $X_i = (x_i, y_i, w_i)^T$ 와 변환된 출력 영상 $X'_i = (x'_i, y'_i, w'_i)^T$ 간의 관계는 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ z'_i \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 & h_2 & h_3 \\ h_4 & h_5 & h_6 \\ h_7 & h_8 & h_9 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

식 (1)은 $x'_i = Hx_i$ 와 같이 간단히 표현할 수 있다. 여기서 H 는 3×3 크기의 호모그래피이고, H 를 계산하기 위해서 식(1)을 식(2)와 같이 변형할 수 있다.

$$X'_i H X_i = 0 \quad (2)$$

식 (2)를 $Ah = 0$ 과 같이 전개하여 A 를 구하면 다음과 같다.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -x_1 & -y_1 & -1 & y'_1 x_1 & y_1 y'_1 & y'_1 \\ x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_1 x_1 & -x_1 y'_1 & -x_1 \\ 0 & 0 & 0 & -x_2 & -y_2 & -1 & y'_2 x_2 & y_2 y'_2 & y'_2 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_2 x_2 & -x_2 y'_2 & -x_2 \\ 0 & 0 & 0 & -x_3 & -y_3 & -1 & y'_3 x_3 & y_3 y'_3 & y'_3 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_3 x_3 & -x_3 y'_3 & -x_3 \\ 0 & 0 & 0 & -x_4 & -y_4 & -1 & y'_4 x_4 & y_4 y'_4 & y'_4 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'_4 x_4 & -x_4 y'_4 & -x_4 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$h = (h_1, h_2, \dots, h_8, h_9)^T \quad (4)$$

여기서 h 는 H 행렬을 사전식으로 배열한 9×1 벡터이고, A 는 X_i 와 X'_i 를 조합한 $n \times 9$ ($n \geq 4$) 행렬이다. A 는 8개의 자유도를 가지므로 최소 4쌍의 좌표 값이 필요하다. h 는 $A^T A$ 의 가장 작은 고유값(Eigenvalue)에 해당하는 고유벡터(Eigenvector)들로 구성되며, 이렇게 계산된 h 의 요소들을 호모그래피의 각 요소에 순서대로 대입하여 구성한다. [그림 6]는 스크린과 프로젝터, 카메라 영상간의 대응점들의 호모그래피 관계를 보여준다.

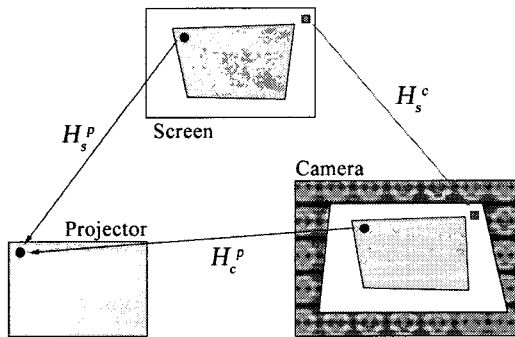


그림 6. 프로젝터-카메라 호모그래피 관계

카메라로부터 영상 입력을 받아서 프로젝터를 통해 투영할 영상의 키스톤을 보정하기 위해서는 투영될 영상과 프로젝터를 통해 뿌려져야될 영상간의 호모그래피 관계 H_s^p 를 계산하여야 한다. 먼저 스크린의 4개 꼭지점을 이루는 경계선(Boundary Line)의 비율(Ratio)과 카메라에 맺혀진 스크린의 꼭지점 좌표들이 이미 알려져 있다면 스크린과 카메라간의 호모그래피 H_s^c 를 구할 수 있다. 또한 프로젝터에서 뿌려질 영상의 비율과, 카메라에 맺힌 영상의 4개 꼭지점 좌표가 이미 알려져 있다면 카메라와 프로젝터간의 호모그래피 H_c^p 를 구할 수 있다.

따라서 스크린과 카메라간의 호모그래피 H_s^c 와 카메라와 프로젝터간의 호모그래피 H_c^p 를 통해서 수식 5를 통해 스크린과 프로젝터간의 호모그래피 H_s^p 를 구할

수 있다.

$$H_s^p = H_s^c H_c^p \quad (5)$$

2. 마우스 좌표 보정 알고리즘

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

$$X_h = X_i \times \frac{65535}{width} \quad (6)$$

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

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(수식6 참조).

3. 다중 공간 멀티 인터랙션 구현

다양한 인터랙션을 위해서는 공간 멀티 터치가 가능하여야 한다. 공간 멀티 터치란 입력 정보가 동시에 화면 여러 부분에서 일어나는 것을 말한다. 본 시스템에서는 대역통과 필터를 통해 들어온 영상을 이진화[그림 7](a)를 거치면서 잡음을 제거하고, 블랍-라벨링과정을 거쳐 각 위치를 찾아냈다[그림 7](c). 현재 사용하는 컴퓨터는 여러 가지의 입력 정보를 동시에 입력받을 수 있는 디바이스가 존재 하지 않아 공간 멀티 인터랙션의 기능을 수행 할 수 없다. 이를 위해서 시스템과 콘텐츠와의 네트워크 통신을 이용한다. 적외선 카메라로 찾아낸 좌표는 패킷을 구성하여 실시간으로 콘텐츠로 전송을 한다. 콘텐츠에서는 전송된 패킷을 분석하여 공간 멀티 인터랙션의 기능을 수행한다.

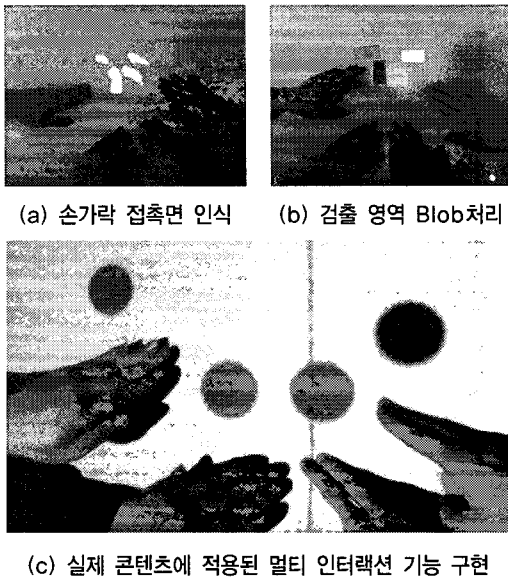


그림 7. 적외선 빛 반사를 이용한 손 영역 인식 및 해당 영역 Blob처리 결과

VI. 구현 및 실험

본 논문에서 제안한 시스템은 펜티엄IV 1.8GHz, 2GB 램이 설치된 시스템에서 Microsoft Visual C++, OpenCV를 이용하여 구현하였다. Visual C++언어를 사용하여 카메라의 영상획득, 영상처리, 그리고 영상의 왜곡에 대한 보정, 좌표 인식에 대한 부분을 처리한 후 네트워크 통신을 통해 콘텐츠와의 인터랙션이 가능하도록 하였다.

본 시스템은 사용자의 인터랙션을 위해 적외선 LED 배열바를 통해 생성된 인터랙션 막에 반사된 적외선 빛을 카메라를 통해서 인식하여 사용자의 위치정보를 얻게 된다. 따라서 주변 환경적인 요인들에 따라 시스템의 성능에 영향을 주게 되며 이러한 요인들을 차단함으로써 실험환경을 구성하였다. 적외선 LED 배열바 제작을 위해 Osram 880nm 적외선 LED를 사용하였다. 그리고 적외선 영상만 입력 받기 위한 방법으로 850nm의 적외선 필터를 사용하였으며, 효과적으로 적외선 영역의 영상을 입력 받기 위하여 카메라 CCD전면에 부착되

어 있는 적외선 차단 필터를 제거하여 실험하였다. 즉, 대역 통과 필터(850nm 이하를 차단하는 필터)를 이용하여 프로젝터에서 나오는 모든 영상을 차단하고 적외선 빛만 받을 수 있도록 하였다. 그 결과 인터랙션 막에 사용자가 콘텐츠와의 인터랙션을 위해 손을 뻗게 되면, 천정에 위치한 적외선 LED 배열바에서 내려오는 적외선 빛이 손등을 통과하지 못하여 차단된다. 이때 카메라는 손등위에 반사되는 적외선 빛을 영상 처리하여 좌표정보를 알아 낼 수 있다. 적외선 LED 배열바는 3cm 간격으로 적외선 LED를 배열하여 제작하였다. 그리고 45°로 발산하는 적외선 빛의 직진성을 높여주기 위해 적외선 LED의 양쪽을 차단하여 수직으로만 빛이 나갈 수 있도록 하였다. 본 시스템의 전체적인 실험 환경은 [그림 8]과 같다.

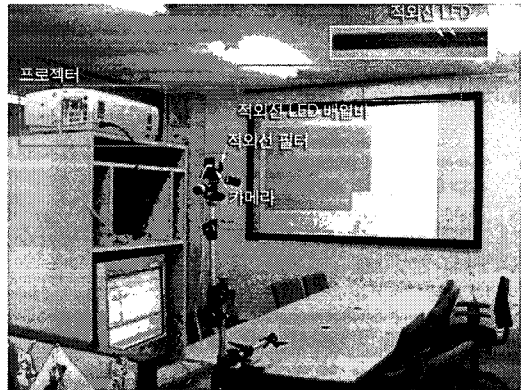


그림 8. 시스템의 전체적인 실험 환경

이러한 실험 환경을 통해 적외선 LED 배열바에서 적외선 빛 세기가 강하기 때문에 인터랙션 막을 생성하게 된다. 즉, 일정한 영역의 과장파 빛의 세기로 발산하며 인터랙션 막의 전체에 균일하게 빛 발산함으로써 인터랙션은 전체영역에서 잘 이루어졌다. 또한 카메라 프레임 테스트 결과 전체 콘텐츠에 대해서 21~30fps의 성능을 보임으로써 사용자의 눈에 끊임 없고 인터랙션이 자연스럽게 트래킹 되는 것을 확인하였다.

또한 [그림 9]에서와 같이 공간 멀티 인터랙션을 테스트한 영상으로 한 사람이 아닌 다수의 사용자가 대규모 인터랙티브 디스플레이 환경에서도 공간 멀티 인터

랙션이 가능하다. 그리고 다수의 사용자가 인터랙션할 경우에도 21~30fps으로 똑같은 성능을 유지하였다.

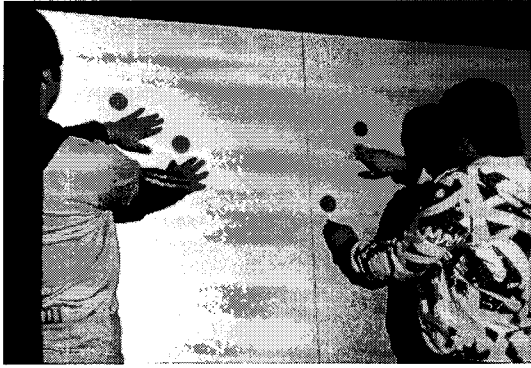


그림 9. 공간 멀티 인터랙션 테스트 모습

VII. 사용성 평가

본 시스템은 앰비언트 환경 디스플레이에서 사용자가 공간에서 인터랙션 할 수 있는 인터페이스를 제공한다. 즉, 기존의 멀티터치 방식보다는 인터랙션에 대한 쉽고 자연스러운 조작 구현이 가능할 것으로 예상된다. 즉, 기존 멀티터치 스크린 방식에서는 직접 스크린과의 접촉을 통해 인터랙션이 이루어지는 반면 개발 방식은 직접 접촉이 되지 않아도 손 위치를 통해 인터랙션이 가능하다. 하지만 공간 멀티 인터랙션 인터페이스가 게임 콘텐츠 상에서 사용자들에게 어떻게 반영될 수 있는지에 대한 검증이 요구된다. 따라서 본 장에서는 개발 방법에 적용된 게임 콘텐츠를 통해 기존 멀티터치 스크린 방식과의 사용성 평가를 시행하여 사용자 만족도를 측정하였다. 이를 위해 본 논문에서는 아래 평가 목적에 맞춰서 만족도를 측정하였다.

- 조작의 편의성(Ease to use)
- 조작방식의 학습성(Learnability)

1. 평가방법

평가는 부산, 경남 지역 거주 20~30대 일반인 25명 대상으로 하였으며, 사전에 준비된 휴리스틱 평가 기법

(Heuristic Evaluation)을 적용한 사용성 평가를 실시하였다. 개발된 시스템을 적용한 게임 콘텐츠는 ‘조작의 편의성’과, ‘조작방식의 학습성’의 두 관점에서 총 7가지 항목으로 7점 척도를 적용한 정량 평가를 통해서 평가하였다.

2. 평가결과

[그림 10]의 그래프에서 볼 수 있듯이, 사용성 평가결과 진행 피드백에 대한 만족도가 본 연구에서 개발한 방식이 높게 나타났다. 이는 사용자가 손동작만으로 자신이 원하는 위치 정보와 인터랙션이 가능하게 됨으로써 기존 멀티터치 스크린 방식보다 결과에 대한 피드백이 직관적으로 전달되기 때문이다. 하지만 자유로운 입력 항목에서는 사용자가 터치스크린 면에 직접적으로 터치하는 방식이 공간을 터치하는 방식보다는 다소 높은 결과를 보여주고 있다. 이는 기존 터치 방식이 일반 사용자가 쉽게 접할 수 있는 방식이므로 조작에 있어서 좀 더 자유스럽게 입력이 가능하기 때문이다. 하지만 인터페이스에 대한 학습 과정을 통해 충분히 극복할 수 있다.

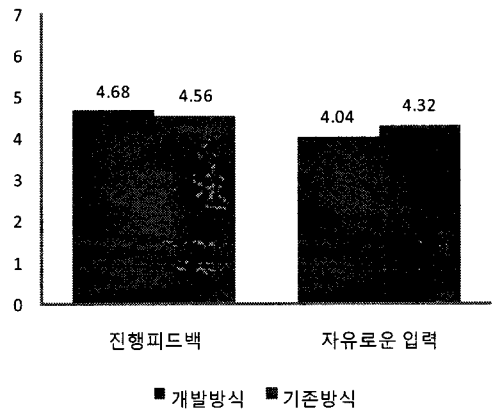


그림 10. 사용성 평가 결과 - 조작의 편의성

[그림 11]의 그래프에서 볼 수 있듯이, 조작방식의 학습성에 대한 사용성 평가결과 대부분의 항목에서 개발 방식이 기존의 멀티 터치스크린 방식에 비해 높은 만족도를 보여주었다. 이는 쉽고 자연스러운 방식인 공간

멀티 인터랙션 인터페이스가 기존 방식보다는 사용성 평가 결과 조작 방식의 학습성 면에서 보다 효과적이라는 것을 보여주고 있다. 하지만 사용자가 처음 접하는 인터랙션 인터페이스이기에 사용자가 사용방법에 대한 학습정도가 기존의 멀티터치 인터랙션방식보다는 다소 떨어지는 것을 볼 수 있다. 따라서 개발 인터페이스의 학습이 어느 정도 이루어지게 되면 기능에 대한 기억이 쉽고, 보다 자연스럽게 직관적인 조작 인터페이스는 학습하지 않은 명령의 조작을 예측 가능하게 하여 명령 실행시 조작의 회수 또한 줄여준다는 결과를 보여줬다.

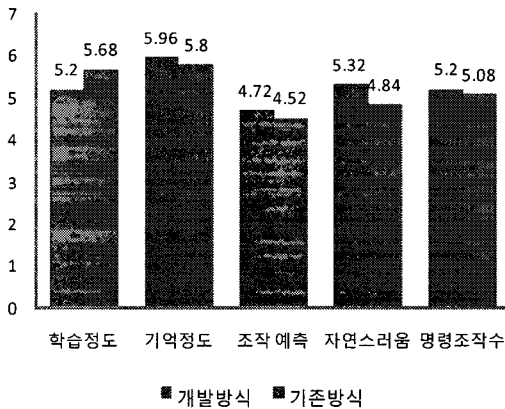


그림 11. 사용성 평가 결과 - 조작 방식의 학습성

VIII. 결론

본 논문은 다수의 사용자가 앰비언트 디스플레이 환경에서 인터랙티브 영역 제공을 위한 공간 인터랙션 시스템을 제안한다. 본 시스템은 적외선 LED 배열바 (IR-LEDs Array Bar)를 통해 사용자가 인터랙션을 할 수 있는 인터랙션 막을 생성함으로써 다양한 인터랙션을 제공한다. 즉, 사용자가 손을 뻗을 수 있는 거리에서 적외선 LED 배열바에서 나오는 빛을 이용한 인터랙션 막에 터치를 하게 되면 인터랙션을 할 수 있는 공간에 있다는 것이다. 따라서 유비쿼터스 앰비언트 환경에서 사용자에게 다양한 공간 멀티 인터랙션을 제공함으로써, 인식을 위한 디바이스 장치의 도움 없이 사용자의

단순한 터치 동작만으로 인터랙션 할 수 있는 인터랙티브 디스플레이 시스템 및 사용자 인터페이스 방법을 제공한다.

본 인터페이스는 사용성 평가를 통해 기존 방식인 멀티 터치 스크린 방식보다 조작의 면에서 학습 과정이 충분히 진행이 된다면 사용성 면에서 손색이 없는 것으로 나타났다. 즉, 다양한 인터랙션 정보들을 전처리 과정을 통해 인식하게 되며 스크린의 크기가 커지면 다수의 사용자가 함께 사용할 수 있다. 또한 작은 공간에서 대규모 공간까지 아무런 제약 없이 운용이 가능하다는 확장성을 가지고 있으며 인터랙션 막을 공간 터치함으로써 사용자가 직접 다양한 콘텐츠를 직접 몸으로 느끼고 체험할 수 있다.

참고 문헌

- [1] N. A. Streitz, "From Human-Computer Interaction to Human-Environment Interaction," ERCIM UI4ALL Ws 2006, LNCS 4397, pp.3-13, 2007.
- [2] P. Tandler, "The BEACH application model and software framework for synchronous collaboration in ubiquitous computing environments," Journal of Systems and Software, Vol.69, No.3, pp.267-296, 2004.
- [3] B. Johanson, "The Interactive Workspaces Project: Experiences with Ubiquitous Computing Rooms," Pervasive Computing Magazine Special Issue on Systems, Vol.2, pp.67-74, 2002.
- [4] D. M. Russell, N. Streitz, and T. Winograd, "Building Disappearing Computers," Communications of the ACM, Vol.48, No.3, pp.42-48, 2005.
- [5] 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.

[6] C. Wisneski, H. Ishii, A. Dahley, M. Gorbet, S. Brave, B. Ullmer, and P. Yarin, "Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information," Proceedings of CoBuild '98, Darmstadt, Germany, LNCS Vol.1370, Heidelberg, Germany, Springer, pp.22-32, 1998.

[7] N. Streitz, J. Geißler, and T. Holmer, "Roomware for Cooperative Buildings: Integrated Design of Architectural Spaces and Information Spaces," Proceedings of CoBuild '98, Darmstadt, Germany, LNCS Vol.1370, Heidelberg, Germany, Springer, pp.4-21, 1998.

[8] N. Streitz, P. Tandler, C. Müller-Tomfelde, and S. Konomi, "Roomware: Towards the Next Generation of Human-Computer Interaction based on an Integrated Design of Real and Virtual Worlds," Human-Computer Interaction in the New Millennium. Addison-Wesley, pp.553-578, 2001.

[9] 김영민, 김준, "인터랙티브 멀티미디어 콘텐츠를 위한 적외선LED 트래킹 시스템 연구", 한국공학·예술학회 논문지 제1권, 제1호, pp.51-59, 2009(8).

[10] 윤종원, 홍진혁, 조성배, "MyWorkspace: 몰입형 사용자 인터페이스를 이용한 가상현실 플랫폼", 한국HCI학회 HCI2009 학술대회, pp.52-55, 2009(2).

[11] 홍성수, 서준규, 고창석, 안효인, "통합원격제어기를 통한 직관적인 다중기기 제어방법의 구현", 한국HCI학회 HCI2009 학술대회, pp.646-649, 2009(2).

[12] 백성호, 김종수, 김태용, "아케이드 건(Gun)을 위한 적외선 LED 추적과 조준 위치 조정", 한국게임학회 논문지 제5권, 제1호, pp.3-10, 2005(3).

[13] 박준석, 박준, "LED-bar: 대형화면용 게임을 위한 인터랙션 툴", 한국컴퓨터게임학회 논문지, 제15호, pp.49-54, 2008(12).

[14] 김태영, 임철수, 최완, "적외선 LED 기반 모션 분석을 통한 재활훈련 시스템", 컴퓨터그래픽스학회논문지, 제13권, 제4호, pp.29-36, 2007(1).

[15] 최승역, 정중우, 서영완, "테이블탑 기기와 인터랙티브 벽면 디스플레이의 기술 동향과 응용", 정보과학회지 제26권, 제3호, pp.5-14, 2008(3).

[16] 김송국, 김장운, 장한별, 배기태, 문주필, 이철우, "FTIR sensing 원리를 이용한 멀티 터치 테이블탑 디스플레이", 제19회 신호처리합동학술대회 논문집, 제19권, 제1호, pp.122-123, 2006(10).

저자 소개

윤창옥(Chang-Ok Yun)

정희원

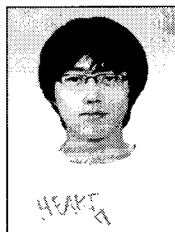


- 2005년 2월 : 동서대학교 산업공학과(공학사)
- 2007년 2월 : 동서대학교 유비쿼터스네트워크학과(공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 박사과정

<관심분야> : Stereo Vision, 가상현실, 영상 기반 모델링 및 렌더링

박정필(Jung-Pil Park)

준희원



- 2004년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 컴퓨터공학과 학사과정

<관심분야> : HCI, Computer Vision, 가상현실

윤 태 수(Tae-Soo Yun)

정회원



- 1991년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 1993년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학박사)

• 2001년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 디지털 콘텐츠학과 부교수

<관심분야> : Machine Vision, 멀티미디어, 게임 개발

이 동 훈(Dong-Hoon Lee)

정회원



- 1999년 2월 : 동서대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
- 2001년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 경북대학교 컴퓨터 공학과(공학박사)

• 2004년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 디지털 콘텐츠학과 조교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 3D Vision, 가상현실, 영상기반 모델링 및 렌더링