

프로젝터 기반 증강 현실을 사용한 확장 가능한 인터페이스 개발

이승세⁰ 윤창옥 한상현 윤태수 이동훈
동서대학교 소프트웨어 대학원

{sslee, coyun, shhan, tsyun, dhl}@dongseo.ac.kr

Extensible Interface using Projector Based Augmented Reality

Seungse Lee⁰, Changok Yun, Sanghun Han, Taesu Yun and Dong Hoon Lee
Graduate School of Software, Dongseo University

요 약

차세대 컴퓨팅 환경에서의 프로젝트 기반 증강 현실 디스플레이 시스템은 일반적인 컴퓨터가 가지고 있는 공간상의 제한과 한계점을 극복하고 발전하고 있다. 그러나 시스템 구축 시 여러 장비가 요구되어 비용이 높아지거나 주위 환경에 조화롭지 못하다는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 최근 범용 그래픽 카드에서 지원하는 듀얼 모니터 기능과 프로젝터를 이용하여 일반 모니터 환경을 실세계의 환경으로 확장할 수 있는 간단한 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방법을 통해 컴퓨터로부터 실세계 환경으로 정보의 이동을 자연스럽게 할 수 있으며 실세계에 편재한 다양한 사물을 컴퓨터 인터페이스의 일부로 채택함으로써 주위 환경에 조화로운 확장 가능한 컴퓨팅 공간을 구축할 수 있다.

1. 서론

최근 실세계와 가상공간의 혼합을 통해 현실을 증강시키는 증강현실(Augmented Reality) 기술과 실세계에 존재하는 사물을 인터페이스의 일부로 사용하는 탭저블 인터페이스(Tangible Interface) 기술의 개발로 고전적인 컴퓨터가 가지고 있던 인터페이스의 한계성을 극복하기 위한 많은 노력들이 시도되고 있다. 그러나 이러한 기술들은 확장된 환경 구축을 위해 고 비용과 기술이 요구되었고 특정 실험 환경을 벗어난 범용적인 공간에 이를 적용하기 위해서는 많은 한계점을 가지고 있다.

본 논문에서는 일반적인 컴퓨팅 환경에서 범용적으로 사용하고 있는 컴퓨터와 프로젝터만을 활용하여 손쉽게 모니터 환경을 주위 환경에 확장하기 위한 시스템을 제안한다.

환경 구축을 위해 특정한 공간이나 장치의 필요 없이 일반적인 벽이나 사물에 정보를 디스플레이 함으로써 새로운 환경이 요구되지 않도록 한다. 또한 범용 컴퓨터의 모니터 듀얼기능과 일반 LCD 프로젝터를 사용하여 여러 장비가 필요 없는 저비용 환경을 구축하고 일반 사물과 디지털 정보를 연결함으로써 주위 환경에 적합하고 자연스러운 방법을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 프로젝트 기반으로 구현된 증강 현실 관련 연구에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제시하는 확장 공간 인터페이스를 구성하기 위한 기술적 요소들을 살펴본다. 4장에서는 본 논문에서 제시한 방법을 활용한 3가지 사례 연구에 대해 살펴보고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

차세대 컴퓨팅 기술로 소니(sony)에서 개발한 'Hyper Drugging'[1]은 현실세계인 모니터상의 작업들을 가상공간인 테이블이나 벽면에 뿌려주고 상호 연동 가능하도록 하였다. 이 기술은 물리적 공간과 가상공간의 경계를 넘어뜨리는 개념으로 두 공간이 서로 상호작용하는 인터페이스를 제공하여 확장된 인터페이스를 제공해 줄 수 있다. 그러나 그러한 시스템을 구현하는데 많은 비용이 요구되고 특정 고정된 벽이나 책상에 디스플레이 되어 공간상의 제약을 받는 등 사용의 편리성을 제공하지 못하고 있다.

사이버스페이스에 실감성 및 사실성을 부여하여 가상공간과 실제 공간 사이의 자연스럽게 긴밀한 연결을 가능케 하는 Large multi-projector walls[2], Steerable projected displays[3], Immersive environments[4,5], Intelligent presentation systems[6,7] 그리고 Remote-collaboration tools[8]과 같은 다양한 프로젝트 기반의 시스템들이 개발되었으나 이러한 연구들 또한 고 사양의 하드웨어 장비를 요구하며 사용자의 특성을 고려하지 않고 획일화된 정보를 제공하거나 사용자에게 정보 수요자로서의 역할만 강조하는 한계점을 지니고 있다. 또한 이러한 기존의 시스템은 사용자에게 제한된 공간상에서 정보 서비스를 제공하고 사용자 스스로 정보를 생성, 수정, 및 삭제 등을 할 수 없으며, 실세계에 존재하는 이차원 평면 공간으로만 증강시킬 수 있다는 한계를 지니고 있다.

3. 범용 확장 인터페이스 개발 기술 연구

본 논문에서는 간단하고 주위환경과 조화로운 범용 확장

인터페이스를 구축하기 위해 최근 사양의 범용 컴퓨터와 LCD 프로젝터 1대를 사용하여 그림 1과 같이 시스템을 구축한다.

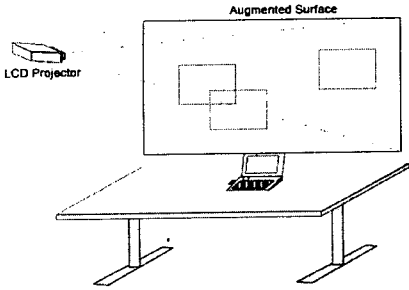


그림 1. System Configuration.

3.1 확장 공간 설정

하나의 컴퓨터가 표현할 수 있는 디스플레이 환경은 하나의 단일 공간으로 한정되어 있다. 기존의 관련 연구에서는 컴퓨팅 가상 환경을 확장하기 위해서 별도의 컴퓨터의 가상 환경을 확장된 공간으로 정하고 네트워크를 사용하여 정보를 공유함으로써 마치 하나의 컴퓨팅 환경처럼 인지하도록 확장 공간을 설정한다. 본 논문에서는 단일 컴퓨터만을 사용하여 확장 가상 공간을 표현하기 위하여 최근 거의 모든 컴퓨터에서 지원하는 듀얼 모니터 기능을 사용한다.

일반적으로 듀얼 모니터의 기능은 모니터의 옆 혹은 윗부분을 확장된 공간으로 재배치한다. 보통 별도의 모니터를 두어 확장 공간을 표현하는 수단으로 사용하나 본 연구에서는 프로젝터를 사용하여 확장 공간을 표현하고자 하는 임의의 실세계에 이 공간을 투영한다. 이 경우 마우스의 이동이 손쉽게 모니터 공간과 프로젝터로 투사된 확장 공간을 넘나들기 때문에 확장 공간이 모니터 공간의 일부로 인식되는 인지적 결함을 지니고 있다. 따라서 듀얼 모니터에 존재하는 두 개의 공간을 분리함으로써 마우스의 이동을 막고 이를 통해 사용자가 그러한 증강 공간을 인식하지 못하도록 한다. 이러한 개발 설정으로 가상 증강 환경은 간편히 구성된다.

3.2 확장 공간으로의 이동

컴퓨터 모니터에서 확장 공간으로 정보의 자연스러운 이동을 위하여 모니터에서 표현되는 가상 공간 윗부분의 일정 영역을 확장 공간으로의 이동을 위한 영역으로 지정해 둔다. 마우스의 위치가 그 영역을 통과할 때 시스템은 커서의 위치를 마치 컴퓨터 모니터에서 실제 투영되는 사물로 전이되어진 것처럼 확장 공간에 재배치하여 정보를 자연스럽게 이동한다. 확장 공간에서 컴퓨터 모니터로의 이동은 특정 키의 조합 또는 약속된 마우스 조작을 통해 커서의 위치를 모니터에 재배치한다. 식 (1)은 커서의 위치(x,y)가 정의된 마우스 지역(y < ε)을 지나면 확장 공간으로 재배치되는 것을 표현한 것이다. ε는 해상도 내의 임의의 상수이다.

$$(x_{new}, y_{new}) = (x + t_x, y + t_y), \quad \text{식 (1)}$$

which $y < \epsilon$.

3.3 임의의 곡면에 대한 확장 인터페이스의 투영 보정

투영되는 실제 사물은 사물의 형태에 따라 벽과 같은 2차원 평면과 임의의 3차원 곡면으로 구분할 수 있다. 2차원 평면으로의 투영은 프로젝터가 2차원 평면과 수직으로 배치시켰을 경우 프로젝터의 크기 변환 및 전이되는 컴퓨터 상의 정보의 이동 변환만으로 자연스러운 투영보정이 가능하다. 그러나 투영면이 3차원의 임의의 곡면일 경우 곡면의 특성에 맞게 정보를 투영하기 위해서는 프로젝터 보정(calibration) 단계가 선행되어야 한다.

Raskar에 의해 Shader Lamps[9]에서 제안된 이미지 보정 방법은 3차원 모델을 사용하여 프로젝터로 투사되는 정보를 정확히 사물의 면에 정합(registration)하기 위한 기술이다. 본 논문에서는 Raskar의 방법을 사용하여 프로젝터의 내부 및 외부 파라미터를 추출하고 구해진 프로젝터의 파라미터를 활용하여 3차원 모델을 변환함으로써 임의의 3차원 곡면에 적합한 정보를 정합한다. 이를 위해 먼저 3차원 모델과 실세계의 동일 사물의 중요 점들(최소 6개 이상 ($n > 6$))의 대응 관계를 입력하여 모델링한 데이터의 점들과 입력한 점들의 관계에 대한 변환 행렬(P)을 결정하고 식 (2)의 선형 해법을 통해 에러를 최소화하고 식 (3)의 비정형화를 거쳐 프로젝터의 내부 및 외부 파라미터를 획득한다. Raskar의 방법은 실제 사물을 그대로 3D 모델링 작업을 해야 하고 대응관계를 수작업으로 입력해야 하며 입력 후 사물의 위치가 고정되어야 한다는 단점이 있으나, 비교적 손쉽고 빠르게 정확한 프로젝터 보정이 가능하다는 장점이 있다.

$$\tilde{X}_i = UX_i, \quad \tilde{X}'_i = TX'_i,$$

$$\begin{bmatrix} 0^T & -w_i X_i^T & y_i X_i^T \\ w_i X_i^T & 0^T & -x_i X_i^T \end{bmatrix} \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_2 \end{pmatrix} = 0. \quad \text{식 (2)}$$

$$\min \sum_i d(\tilde{X}_i, \tilde{P} \tilde{X}'_i)^2$$

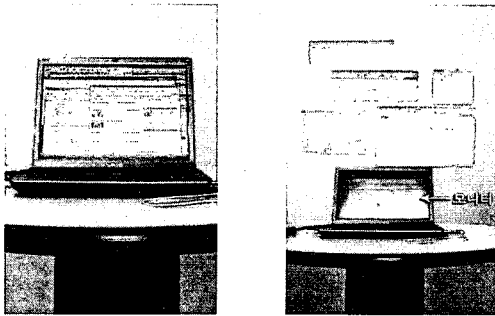
$$P = T^{-1} \tilde{P} U. \quad \text{식 (3)}$$

4. 사례 연구

본 논문에서 제안한 기법의 다양한 활용을 제시하기 위해 다음과 같은 3가지의 응용 시스템을 개발하였다.

4.1 디지털 증강 디스플레이

디지털 증강 디스플레이 시스템은 그림 2(a)와 같이 컴퓨터 사용 시 한정된 모니터 공간에 많은 창을 이용할 때 발생하는 비효율성을 해결하기 위해 그림 2(b)와 같이 증강된 공간으로 정보를 보내고 가져옴으로써 사용자가 활용할 수 있는 컴퓨팅 공간을 확장하기 위한 시스템이다. 본 시스템을 통해 실세계의 공간을 모니터 공간의 일부로 활용할 수 있으므로 보다 효율적인 공간 활용이 가능하다.



(a) (b)
그림 2. 디지털 증강 디스플레이.

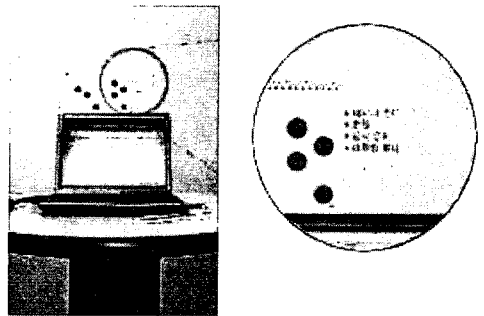


그림 4. 인터랙티브 스케줄러.

4.2 인터랙티브 메일 알림이

메일 수신시 모니터 공간이 아닌 일반 실세계에서 정보를 제공함으로 실세계와 컴퓨팅 공간을 자연스럽게 확장할 수 있는 메일 알림 시스템을 개발하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 메일 수신 시 알림이 나타나 편지를 떨어뜨림으로서 사용자는 직관적으로 메일이 왔다는 것을 인지할 수 있다. 본 시스템은 보다 적극적인 측면에서 실세계를 컴퓨팅 공간의 일부로 간주하고 실세계로부터 컴퓨팅 공간으로 정보를 전달하는 개념을 표현하기 위한 시스템이다.

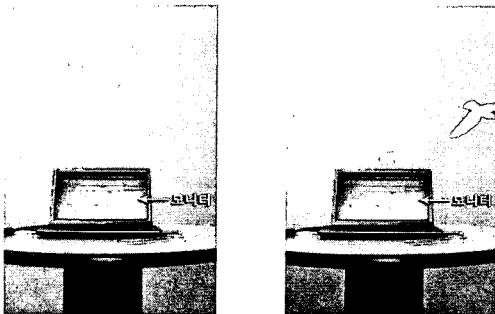


그림 3. 메일 알림이.

4.3 인터랙티브 스케줄러

그림 4에서와 같이 현실 세계에서 특정한 역할을 가진 사물 중 달력을 디지털 정보와 연동하여 상호작용 가능한 스케줄을 작성하는 시스템을 구현하였다. 달력의 날짜에 마우스를 올려놓으면 그 날의 일정을 달력에 붙어 있는 메모지를 통해 확인할 수 있다. 또한 해당 날짜를 선택함으로써 일정을 생성/ 편집/ 삭제하여 일정의 유무에 따라 그 날짜를 표시해 준다. 본 시스템은 현실세계 사물의 고유한 역할을 고려하여 정보를 투명해 줌으로써 주위 환경과 조화로운 능동적인 인터페이스를 개발하기 위한 목적으로 경사진 달력의 평면과 메모지의 두 개의 상이한 평면에 대해 3.3절에서 소개한 Raskar의 알고리즘을 사용하여 투명 보정을 수행하였다. 본 사례 연구에서는 비교적 복잡도가 덜한 현실 세계의 사물을 활용하였지만, 보다 복잡한 임의의 3차원 곡면에 대해서도 동일한 적용이 가능하다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 최근 범용 그래픽 카드에서 지원하는 듀얼 모니터 기능과 프로젝터를 이용하여 일반 모니터 환경을 실세계의 환경으로 확장할 수 있는 손쉬운 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 방법을 통해 컴퓨터로부터 실세계 환경으로 정보의 이동을 자연스럽게 할 수 있으며 실세계에 편재한 다양한 사물을 컴퓨터 인터페이스의 일부로 채택함으로써 주위환경에 조화로운 확장 가능한 컴퓨팅 공간을 구축할 수 있었다. 향후 과제로 현실세계에 편재한 다양한 사물 중 보다 직관적으로 컴퓨터 인터페이스로 활용 가능한 사물에 대해 본 연구를 확장할 예정이다.

6. 참고 문헌

1. Rekimoto, J. and Saitoh, M, "Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Work Space for Hybrid Computing Environments," SIGCHI'99, 1999.
2. T. Funkhouser and K. Li, "Large format displays," Computer Graphics and Applications, 20(4), 2000.
3. C. Pinhanez, "The Everywhere display", Proc. of Ubiquitous Computing, 2001.
4. C. Cruz-Neira, D. Sandlin, and T. DeFanti, "Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the CAVE," In Proc. of SIGGRAPH, 1993.
5. R. Raskar, G. Welch, M. Cutts, A. Lake, L. Stessin, and H. Fuchs, "The office of the future: A unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays," In Proc. of SIGGRAPH, 1998.
6. R. Raskar and P. Beardsley, "A self-correcting projector," In Proc. of CVPR, 2001.
7. R. Sukthankar, R. Stockton, and M. Mullin, "Smarter presentations : Exploiting homography in camera-projector systems," In Proc. of ICCV, 2001.
8. N. Takao, J. Shi, and S. Baker, "Tele-graffiti," CMU-RI-TR-02-10, Carnegie Mellon University, 2002.
9. R. Raskar, Kok-Lim Low, Deepak Bandyopadhyay, and Greg Welch, "Shader lamps : Animating real objects with image-based illumination," In Eurographics Rendering Workshop, 2001.