

사용자 거리에 따라 다른 형태의 정보를 제공하는 디지털 거울 제안

박지은¹, 이승은², 한민수³
한국정보통신대학교 디지털미디어연구소^{1 2 3}
{rashrone¹,lseuny²,mshahn³}@icu.ac.kr

함원식⁴, 정지홍⁵,
국민대학교 테크노디자인 대학원 인터랙션 디자인 랩^{4 5}
{hwonsik⁴,jihong95⁵}@kookmin.ac.kr

A Suggestion for of a Digital Mirror which Draws Different User Interaction by Mirror-User Distance

Ji Eun Park¹, Seung Eun Lee², Min Soo Hahn³
Digital Media Lab, Information and Communications University^{1 2 3}

Won Sik Hahn⁴, Ji Hong Jung⁵,
Dept. of Interaction Design, Graduate school of Techno Design, KMU^{4 5}
{hwonsik⁴,jihong95⁵}@kookmin.ac.kr

요약

거울은 인간이 자신의 모습을 들여다 보기 위해 오랜 세월 동안 이용했던 친숙한 도구이다. 디지털 기술의 발달로 우리는 빛과 정보를 함께 반사해 주는 거울에 대한 여러가지 접근들을 보아 왔다. 전통적인 거울은 빛의 즉각적인 반사에 의해 일어나는 자동적인 시각적 피드백 덕분에 특별한 조작이 필요하지 않으나, 빛과 정보가 함께 반사되는 디지털 거울에서는 다른 형태의, 좀 더 적극적인 사용자 인터랙션을 기대할 수 있다.

본 논문에서는 사용자와 거울간의 거리에 따른 행태 조사를 중심으로 인터랙션 유형의 사례 분류 및 사용자 조사 연구를 정리하였다. 이를 바탕으로 거리에 따라 다른 사용자 요구사항을 충족하는 디지털 거울에 적합한 조작 인터페이스를 제안하고, 초기 모델로 회전식 적외선 격자를 이용한 조작, 비전 기반의 정면 이미지 획득 및 얼굴 확인, 그리고 적외선 위치확인을 통해 사용자와 인터랙션하는 거울을 설계하였다.

본 연구에서는 거울과의 인터랙션에서 나타나는 사용자의 요구사항을 토대로 여러 비접촉식 거울 인터페이스를 설계하고 시스템에 적용한 사례를 분석한다. 아울러 결과물의 초기모델에 대한 분석을 통해 더 개선된 형태의 ‘거울을 응용한 시스템’의 설계 가능성을 보일 수 있다.

Keyword : Mirror, User Interface, Interaction, Infrared Sensor, Computer Vision

1. 서론

거울은 인간이 자신의 모습을 들여다 보기 위해 오랜 세월 동안 이용했던 친숙한 도구이며, 그 자체로서 사용자의 상과 사용자 자신 사이의 접점이자 인터페이스의 역할을 하고 있다. 전통적인 거울은 빛의 즉각적인 반사에 의해 일어나는 자동적인 시각적 피드백 덕분에 특별한 조작이 필요하지 않았다. 그러나 백설공주 계모의 마법 거울 같은, 사용자가 원하는 정보가 거울 면에 디스플레이 되는 형태로 디지털 거울을 정의할 경우, 빛과 정보가 함께 반사되는 이 디지털 거울에서는 거울 면에 제시된 정보 오브젝트에 대한 사용자의 새로운 인터랙션 욕구 및 기대가 발생한다. 이에 따라 사용자의 자연스런 반응 및 조작을 시스템에 전달할 입력 디바이스의 필요성도 함께 증대되고 있다.

본 논문에서는 여러 가지 관련 연구들에서 시도된 다양한 조작 방법들에 대한 고려에 더하여, 전통적인 거울에서 사용자가 행동하는 모습 및 간단한 정보를 half-silvered mirror 뒤에 스크린을 두어 디스플레이하는 형태의 디지털 거울에서 이루어진 사용 행태 조사를 통해 디지털 거울 시스템의 구상에 필요한, 디지털 거울이 가져야 할 속성을 추출하고 기술적인 지원을 고려하여 사용자와 거울간의 거리를 하나의 인터랙션 요소로 인정하는 prototype 을 구현한다.

2. 배경 연구

2-1 관련 연구

기술이 발전하면서, 백설공주의 마법 거울을 실현하기 위해 많은 연구들이 이루어졌다. 매력적인

인공 지능은 아직 요원할 지 모르나, 기본적인 컴퓨터 시스템을 동반하고 거울 면에 어떤 형태로든 갖가지 정보의 상이 맺히도록 하는 디지털 거울에 대한 연구는 이미 일반인에게도 잘 알려질 정도이다. Easy living, Smart Home 등 유비쿼터스 시대의 홈 환경 프로젝트에 대한 하나의 application 으로의 접근들은 현재 상용화 단계까지 거론되고 있다 [1][2][3]. 이러한 여러가지 디지털 거울들의 조작 방식은 대체로 조작이 아예 없거나, computer vision 을 이용하여 사용자의 손 모양을 추출하고 gesture 를 입력하거나[4], 터치 스크린을 사용하거나, RFID 나 이미지 등의 tag 를 인식하여 해당 메뉴를 입력하는 등의 방법[5] 이 사용되고 있다. 그러나 이러한 연구들은 서비스 중심의 콘텐츠 및 기반 기술에 중점을 두어, 사용자와 거울간의 관계 및 행태에 대한 조사를 기초로 연구를 진행할 필요가 있다고 생각되었다. 따라서 디지털 거울 시스템을 제안하기 위해 먼저 거울 사용자 행태에 대한 조사 연구를 진행하였다.

2-2 거울 사용자 행태 조사 연구

본 연구에서는 거울 위의 정보에 대한 사용자의 조작 요구를 알아보기 위해 20 명의 사용자를 전신 거울 앞에 서도록 한 후 3 단계의 task 를 제시하여 그 결과를 정리하였다. 첫째, 거리에 따라 거울에 비치는 상의 크기 및 사용자가 볼 수 있는 자신의 모습 범위가 달라지는 것에 주목, 일반적인(전통적이며 디지털 정보가 사용자의 모습과 함께 보이지 않는)거울에서 사용자가 선호하는 거리 및 거리에 따라 어디에 관심을 두는지를 알아보았다. 둘째로 정보와 사용자의 모습이 함께 디스플레이 될 경우 사용자가 선호하는 정보 오브젝트의 위치, 크기, 및 필요도를 어떻게 느끼고 있는지에 대해 분석하였다. 이에 따라 3 차 조사에서는 사용자에게 정보 오브젝트에 대한 간단한 task 를 주고 어떤 식으로 조작 명령을 내리는 지 관찰하였다.

그 결과는 다음과 같다. 사용자들은 첫째, 거울 앞에서 정보를 조작하는 것을 중요하게 생각하지 않는다. 일반적으로 거울을 사용할 때, 사용자는 스스로의 모습을 보는데 주의를 기울이므로 정보의 조작 없이 정보가 자동적으로, 별도의 조작으로 인한

원래 목적에 대한 방해가 없이 동작되기를 원한다. 이는 거울이라는 전통적인 인터페이스가 가지는 기능 및 형태, 피드백에 대해 형성된 mental model 의 방증으로 사용자들이 거울을 사용하는 본연의 목적은 스스로의 모습을 비춰보며 바로잡기 위한 것이라는 점을 시사한다. 둘째, 사용자는 자신의 모습이 정보 오브젝트에 가려지는 것을 원하지 않는다. 셋째, 사용자는 근거리에서 얼굴을 확인할 때 비교적 정보 오브젝트에 대해 민감한 반응을 보이며, 원하는 정보일 경우에는 확대하여 보는 등 인터랙션에 대한 기대를 갖는 모습을 보였다. 반면, 원거리에서 전신을 확인할 때는 정보를 조작하려는 태도가 드물다. 기본적으로 사용자의 모습을 가리지 않는 거울의 기본적 기능을 기대하는 데 반해 사용자가 가까이 갈수록 거울 전체에서 사용자의 상이 차지하는 비율은 커지게 마련이므로, 정보 오브젝트가 사용자의 반사된 상 외에만 디스플레이 되려면 거리가 가까울수록 오브젝트의 크기는 작아져야 한다. 그러나 사용자의 눈 역시 가까이 오게 되므로 오브젝트가 작아지는 데에는 큰 문제가 없으며, 사용자가 멀리 서 있을 경우 시력을 고려해 정보 오브젝트는 크게, 내용은 가능한 알아보기 쉽도록 간략하게 표현해 줄 필요가 있다. 또한 간단한 조작 task 가 제시되었을 때 주로 손 전체를 사용하고 손바닥을 거울 면 쪽으로 돌려 평행하게 이동하려 하는 행동 형태의 빈도가 높았다. 단 사용자들은 거울 면에 직접 손을 대기보다는 작게는 5~10cm 정도, 멀리는 약 30cm 이상까지 거울 면에서 떨어진 상태에서 조작하려는 경향을 많이 보였는데, 인터뷰 결과 이는 손자국이 나서 본인 및 거울을 사용할 다른 사용자가 자신의 모습을 보는 데 방해가 되지 않도록 하기 위한 것으로, 가능한 거울면에 접촉하지 않는 형태의 입력 디바이스가 필요함을 확인하였다.

인터뷰를 통해 좀 더 자세한 사용자 요구사항을 찾아낼 수 있었다. 사용자들은 90~150cm 거리에서는 주로 정면 및 정측면의 상을 함께 비춰보려는 경향이 있었다. 또한 콘텐츠와 자신의 모습이 겹치지 않기를 바라는 연장선에서, 거울 앞을 옆으로 지나쳐 갈 경우 거울의 반대쪽 모서리, 시선이 닿는 자리에 정보가 자동으로 따라오기를 바라는 등의 요구가 있었다.

3. 시스템 요구 사항 및 구성

상기한 기존 연구 및 조사 결과를 바탕으로, 거리에 따라 각각 다른 정보를 제시하는 새로운 디지털 거울을 제안하였다. 거리에 따라 멀리서는 크고 간략한 정보 오브젝트를, 가까이 오면 작고 자세한 오브젝트를 제시하는 서비스를 기본으로 하고, 가까이 다가온 사용자가 범위 내에 들어올 경우 사용자를 인식하고 관련된 정보로 전환하는 형태의 디지털 거울을 구상하였다. 따라서 사용자의 거리 및 위치를 파악하는 모듈, 비 접촉식 조작 모듈, 사용자 인식 모듈의 구현이 필요하다.

위의 요구사항에 맞추어 거리 및 위치에 따라 다른 정보를 보여주기 위해 IR 을 사용자 방향으로 쏘아 위치를 인식하는 모듈, 그리고 비 접촉식 조작 방법에 대한 사용자의 요구사항을 만족시키기 위해 IR 로 그리드를 거울 면 약 10 cm 위에 틀을 만들어 고정하였다. 이 틀 위에 센서를 배치하고 IR 빔을 통과하는 손의 위치를 파악, 그 통과 순서 및 방향에 따라 조작 명령을 입력할 수 있다. 또한 거울이라는 특성으로 인해 사람들이 거울을 정면으로 향하게 되는 특성에 주목하고, computer vision 을 통한 얼굴 인식으로 이미 등록된 사용자를 인식하도록 설계하였다. 그리고 정면이 아닌 이미지들에 대한 요구를 충족하기 위해 양 옆의 카메라가 사용자의 측면 이미지를 얻어오도록 추가 배치하였다.

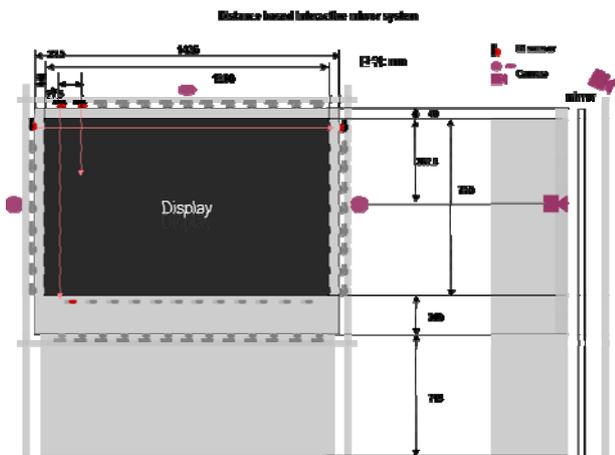


그림 1. 하드웨어 시스템 구성도

4. 시스템 구현

4.1 사용자 위치 인식

디스플레이 하단의 정면 사용자를 향한 13 개의 IR 센서(10cm 간격, 모델명:GP2Y0A02YK)으로 이루어진 array 로 사용자의 위치를 단계별(0~50cm, 50~100cm, 100cm 외)로 인식하며, 각 좌우 5 단계로 사용자의 위치를 판별하여 렌더링 시스템에 전송한다. 각각의 적외선 송수신 센서는 사람의 몸통 부분에 반사되어 나오는 시간을 측정을 한 후, 그것을 아날로그 신호 형태의 전압 값으로 결과를 보여주며, 그것을 디지털 신호로 변환(A/D converter)해서 사용자가 어느 정도로부터 각각의 적외선 송수신 센서로부터 떨어져 있는지를 측정한다.

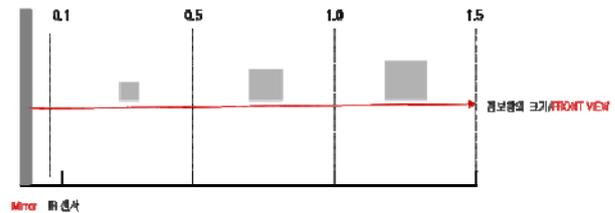


그림 2. IR 위치 인식 및 정보 오브젝트 크기 관계도

13 개의 센서로부터 얻어온 결과를 통해서 사용자가 어느 위치에서 거울에서 어느 정도만큼 떨어져 있는지를 알아 낼 수 있다. 아울러 얼굴 인식에서 사용자의 ID 파악 시 일어날 수 있는 순간적인 loss 를 보완한다.

4.2 사용자 인식

비전에 기반한 얼굴 인식은 조명 조건을 우리가 조절 할 수 있다는 가정하에서 진행되었다. 왜냐하면 너무 낮은 빛이나 너무 센 빛과 등 조도 상태나 조명의 변화는 카메라를 이용한 인식에 어려움을 주기 때문이다. 카메라로 얼굴 영역을 검출한 뒤 영상 DB 에 보관된 얼굴 특징 데이터와 비교하여 현재 카메라 앞에 있는 얼굴을 인증(identification)한다.

거울 시스템의 사용자 인식에 적용 가능한 기술은 크게 생체인식과 같은 얼굴인식이나 음성인식을 이용한 방법과, 사용자가 매일 가지고 다니는 친

속한 아이템에 RFID 기술을 적용한 전자 태그를 부착하여 인식하는 방법으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 사용자와 거울 사이의 자연스런 상호작용을 통한 인식을 위해 컴퓨터 비전에 기반한 얼굴인식 모듈을 개발하여 적용하였다. 거울 시스템의 사용자 얼굴 인증을 위한 얼굴인식 모듈은 다음과 같이 크게 두 부분으로 나뉜다. 첫 번째로, Viola 가 제안한 AdaBoost 방법[6][7]을 이용하여 입력 받은 카메라 영상에서 배경을 제외한 사용자의 얼굴을 추적하여 추출한다. 두 번째로 이렇게 추출된 얼굴 영상을 정규화하여 은닉 마코프 모델(HMM: Hidden Markov Model)로 구성된 얼굴 인식을 통해 사용자를 인식한다.

4-2-1 얼굴추적(Detection) 모듈

카메라로부터 획득한 영상에서 배경을 제외한 얼굴영역만 추출하기 위해서 정형화된 패턴을 갖는 얼굴영상의 학습과 그렇지 않은 배경의 학습이 필요하다. 이를 위해, 학습할 20×20 크기의 정면 얼굴영상과 ±5° 기울인 얼굴영상 5,000 장을 FERET DB[3]를 이용하여 추출하였다. 또한, 배경을 학습하기 위한 영상 10,000 장을 인터넷으로부터 수집한 일반영상을 이용하여 추출하였다.



(a) 얼굴 데이터 (b) 배경 데이터
그림 3-A. 얼굴추출을 위한 20×20 크기의 학습 데이터

얼굴을 학습하는 방법은 그림 B 와 같이 Harr 특징을 이용하여 기존방법[1]과 유사하게 크기가 다양한 4 종류의 사각 특징 윈도우를 이용하여 특징값을 바탕으로 AdaBoost 알고리즘을 사용하여 얼굴과 그렇지 않은 배경영역을 학습하였다.

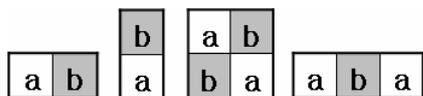


그림 3-B. 특징 윈도우 (특징값 = abs(a-b))

이렇게 학습한 결과는 국부적으로 얼굴 특징과 배

경을 잘 구별해내는 순서대로 그림 B 와 같이 크기가 조절된 특징 윈도우를 사용자에게 제공한다. 이와 같이 약한 분류기(weak classifier)를 decision tree 의 형태와 유사하게 직렬로 연결함으로써 입력 받은 영상에서 실시간에 가깝게 고속으로 얼굴 영역의 검출이 가능해진다 [6][7]. 본 연구에서는 22 개의 약한 분류기를 사용하여 얼굴을 추출하였다. 그림 C 는 입력 받은 영상에서 얼굴영역을 검출한 결과를 보여준다. 약 96%의 정확도를 갖는 것을 알 수 있다. 실험결과 Intel Pentium M processor 1.6GHz 시스템에서 320×240 크기의 USB 카메라의 영상을 초당 평균 10 프레임 처리가 가능하다.

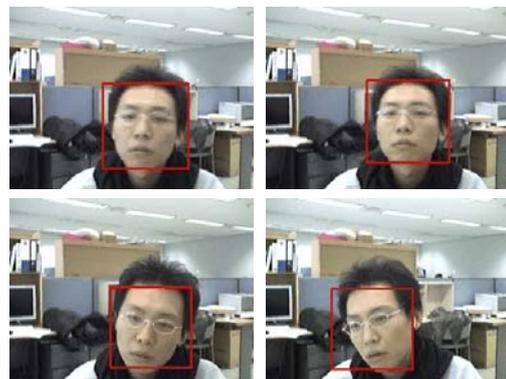


그림 3-C. 얼굴영역의 검출 결과

표 1. 얼굴 검출기의 정확도

합계	얼굴	얼굴을 놓친 결과	배경에서 얼굴을 검출한 결과
335	320	8	7
100%	95.5%	2.4%	2.1%

4-2-2 얼굴인식(Recognition) 모듈

거울 시스템에서 사용자의 얼굴인식을 위해 은닉 마코프 모델(HMM)을 이용하여 각 개인의 특징을 학습한다 [4]. 앞 절에서 설명한 얼굴추적 모듈의 결과로 추출된 정규화된 얼굴 영상에 대해 HMM 모델 파라미터를 계산하여 기존 학습 데이터와 비교함으로써 거울 앞에서 선 사용자를 추정하여 인식한다. 얼굴 특징을 HMM 을 이용하여 모델링하기 위해서 먼저 학습 얼굴 영상들을 눈, 코, 입의

3 단계 영역으로 중첩되게 나눈 뒤, 상태 천이 확률을 구하고 관측 벡터(observation vector)를 구한다. 이를 학습에 이용함으로써 대표 얼굴 영상과 각 개인이 갖는 얼굴의 특징을 수치화할 수 있다. 얼굴의 관측 벡터를 구성하는 얼굴 영상의 각 부분은 겹치는 블록으로 구성되어 각 특징 블록의 모든 픽셀 값을 사용한다. 이 벡터를 구성하는 각각의 픽셀 값은 얼굴을 나타내는 특징으로 사용 가능하지만, 보통 조명이나 노이즈에 영향을 많이 받고, 얼굴의 회전이나 이동과 같은 움직임에 따라 그 값이 많이 변하므로 픽셀 값을 갖는 특징 벡터의 약점을 보완하기 위해 각 영역을 이루는 픽셀에 대해 영역별로 2 차원 이산 코사인변환(2-D DCT)를 적용한다. 그래서 저주파 영역에 밀집하는 영역의 픽셀 값의 DCT 계수를 관측 벡터로 사용한다. 이러한 관측 벡터는 얼굴의 움직임과 변형에 강인한 특징으로 이용 가능하다. 또한, 관측 벡터의 크기를 줄이기 위해 Karhunen Loeve(KL) 변환을 사용한다. 각 얼굴 영역 블록들의 픽셀 값들을 열로(column-wise) 벡터화한 후에 KL 변환을 적용함으로써 관측 벡터의 차수(dimension)를 줄일 수 있다. 각 개인별로 각도와 조명의 변화에 따른 다양한 얼굴을 DB 화하여 학습한 후 개인별로 하나의 HMM 모델을 갖는다. 이후 주어진 입력 얼굴영상을 블록으로 구분한 후 KL 변환한 낮은 차수의 데이터를 이용하여 얼굴의 HMM 모델 파라미터를 추정한다. 그래서 이 추정된 결과와 가장 유사한 DB의 HMM 모델을 현재 사용자라고 판단한다.

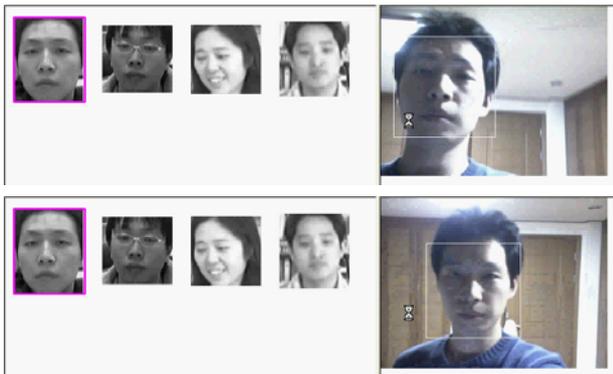


그림 3-D. 얼굴 검출과 얼굴 인식 결과

4.3 조작 인터페이스

아래 그림과 같이 사용자가 거울에 가까이 와 렌더링된 정보 오브젝트를 조작하려는 의도가 있을 경우, 손의 위치를 IR 센서(10cm 간격, 모델명:GP2Y0A02YK, 가로 14 개 x 세로 9 개)에서 쏜 적외선이 반사된 값으로 14x9의 레졸루션으로 감지할 수 있다. 각 IR 센서는 100 마이크로초 차이를 두어 순차적으로 IR beam을 발광한다. 각 센서 간의 거리는 간섭을 피하기 위해 10cm로 두며, 하단의 위치 인식 IR의 정보를 이용, IR 그리드를 이루는 각 변에 해당하는 기둥에 모터를 달아 각도를 변화시켜 좀 더 먼 거리에 있는 사용자의 조작을 지원하는 차후 목표를 가지고 있다.

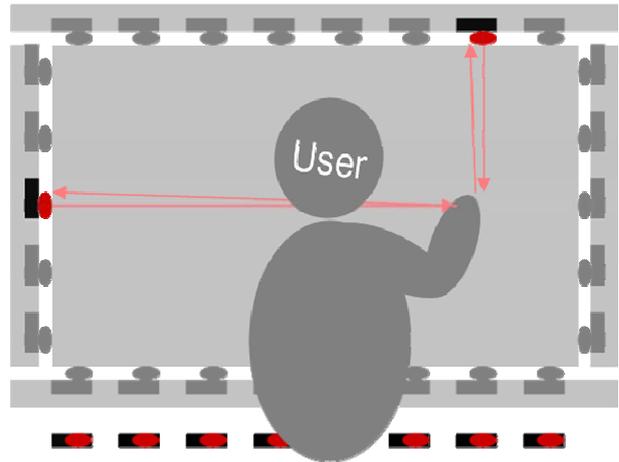


그림 4. 조작 인식

위 그림과 같이 사용자 손의 위치 및 이동된 경로를 추적하여 사용자가 거울 면 위에서 손 전체로 어떠한 경로를 그렸는지 파악하고, 이를 조작 명령으로 인식하여 렌더링 시스템에 넘긴 후 이제 맞게 정보 오브젝트를 디스플레이 한다.

5. UI 구현 요구 사항 및 디자인 결과

본 연구는 기술 팀과 인터랙션 팀의 협업으로 이루어졌으며, 조사 결과에 가능한 충실히 지원하여 제작하려는 노력이 있었다. 또한 기술적인 부분으로 해결이 힘든 부분, 예를 들면 사용자 인식을 위한 카메라가 사용자의 정면에 가까운 이미지 일수록 인식률이 좋은 부분 등을 보완하기 위해 GUI 측면에서 행동 유도를 해 줄 것을 요구하였다. 아울러 사용자 조사 결과 사용자의 조작 요구가 손가락 및 손 전체를 사용하는 데에 집중되어 있

었으나 기술적 한계로 손 전체의 움직임으로만 한정하는 등의 협의 하였다. 두 팀의 전체 논의 끝에 아래와 같은 인터랙션 설계를 도출하였다.

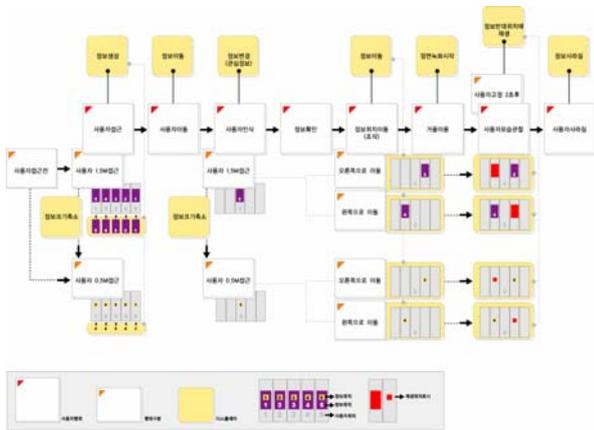


그림 5. 인터랙션 설계

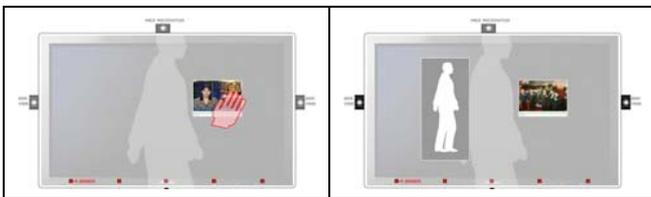


그림 6. User Interaction 의 예:
정보 오브젝트 이동

6. 결론 및 향후 연구

디지털 거울은 사용자의 잔상을 반사하는 본연의 기능에 정보를 덧붙여 비춰줄 수 있는 장점을 가진다. 조사 결과, 사용자들은 정보의 수용에 긍정적이나 자신을 비추는 본연의 역할을 더욱 중요하게 여기고 있다.

본 논문에서는 사용자와 거울간의 거리 및 사용자의 위치에 따라 사용자의 상이 거울에서 차지하는 면적과 정보 오브젝트가 차지할 수 있는 면적 및 영역이 달라지기 때문에, 더욱 나은 인터랙션을 위해 사용자의 위치 정보를 획득, 이에 맞추어 적절한 피드백 및 콘텐츠를 제공하는 거울을 제안하였다. 그러나 이는 일종의 framework 으로, 앞으로는 사용자가 원하는 명령을 자연스럽게 입력할 수 있도록 지원하는 행동 유도를 위한 UI widget 및 조작 명령을 위한 IR 센서의 입력 방식 정의에 대한 연구를 이어가갈 필요가 있다.

본 연구를 통해 제작한 prototype 은 서비스 및 사용자 위치에 따라 그에 적합한 조작 방법을 제공하는 디지털 거울의 test bed 로 활용가능하며,

아울러 결과물의 초기모델에 대한 분석을 통해 더 개선된 형태의 ‘사용자와 거울간의 거리를 이용한 상호작용적 디지털 거울 시스템’의 설계를 향후 과제로 삼는다.

7. Reference

[1] Philips Research : Mirror Display.
<http://www.research.philips.com/newscenter/pictures/display-mirror.html>

[2]Cullinan, C. & Agamanolis, S. Reflexion: a responsive virtual mirror, interactive,2002

[3] Kidd, Cory D., Robert J. Orr, Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkinson et al. “The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research,” Proc. Of the Second International Workshop on Cooperative Buildings – CoBuild’99, 1999.

[4] 박정우, 이동욱, 박지은, 이만재, “유비쿼터스 환경을 위한 지능형 거울 시스템”, HCI 2005

[5] 이동욱, 조주희, 안현상, 이만재, “지능형 거울 시스템을 통한 넥타이 스타일리스트”, HCI 2005

[6]P. Viola and M. Jones, “Robust Real-time Object Detection,” in Proc. 2nd International Theories of Vision – Modeling, Learning, Computing, and Sampling, July, 2001.

[7] P. Viola and M. Jones. “Asymmetric AdaBoost and a detector cascade,” in Proc. Neural Information Processing Systems (NIPS), Dec. 2001.

[8] The Facial Recognition Technology (FERET) Database, <http://www.itl.nist.gov/>, DVD-ROM, released in 2001.

[9] H. Othman, T. Aboulnasr, “A separable low complexity 2D HMM with application to face recognition,” IEEE Tr. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1229-1238, vol. 25, Oct. 2003

[10] Mirror Project
<http://www.mirrorproject.com>