
모바일 장치를 위한 동작 추적형 이미지 브라우징 시스템

Image Browsing in Mobile Devices Using User Motion Tracking

임성훈, Sung-Hoon Yim*, 황재인, Ja-Ne Hwang**, 최승문, Seung-Moon Choi***,
김정현, Gerard Joung-Hyun Kim****

요약 현재 대부분의 모바일 장치들엔 디지털 카메라가 설치되어 있으며 많은 양의 이미지 데이터들을 저장할 수 있다. 하지만, 이러한 경우 장치 속의 이미지들에 대한 브라우징을 하기 어려워지고, 그에 걸리는 시간도 증가하게 된다. 특히 모바일 장치의 경우 화면의 크기가 작으며, 일반 컴퓨터와 비교하여 부자연스럽고, 불편한 인터페이스를 갖고 있어 어려움을 더욱 증가시킨다. 우리는 이를 해결하기 위해 3차원 가시화 방법과 모션 센싱을 이용한 인터페이스를 제안하고, 제안된 가시화 방법과 인터페이스의 조합을 통해 모바일 장치에서의 효과적인 이미지 브라우징 방법을 모색해 보았다. 또한 제안한 방법들을 기존의 방법과 비교하여 사용성 평가를 하였다.

Abstract Most recent mobile devices can store a massive amount of images. However, the typical user interface of mobile devices, such as a small-size 2D display and discrete-input buttons, make the browsing and manipulation of images cumbersome and time-consuming. As an alternative, we adopt motion-based interaction along with a 3D layout of images, expecting such an intuitive and natural interaction may facilitate the tasks. We designed and implemented a motion-based interaction scheme for image browsing using an ultra mobile PC, and evaluated and compared its usability to that of the traditional button-based interaction. The effects of data layouts (tiled and fisheye cylindrical layouts) were also investigated to see whether they can enhance the effectiveness of the motion based interaction.

핵심어: HCI, UI, 모바일, 이미지 브라우저, 동작 추적 인터페이스

본 연구는 재단법인 대구 디지털 산업진흥원의 글로벌 네트워크를 활용한 특화 SW 전문 인력 양성 연구비 지원과 과학재단 특정 기초 연구 (R01-2006-000-11142-0)의 지원을 통하여 연구되었음.

* 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사 과정; e-mail: algorab@postech.ac.kr

** 한국과학기술연구원 연구원; e-mail: jane@postech.ac.kr

*** 교신저자 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수; e-mail: choism@postech.ac.kr

**** 고려대학교 정보통신공학부 교수; e-mail: gjkim@korea.ac.kr

1. 서론

현재 모바일 장치들이 발전하고 대중화되면서 이미지의 취득 및 관리 형태도 새로워지고 있다. 사진을 찍기 위해 제작된 전문적인 디지털 카메라 이외에도 휴대폰, PDA 등의 다양한 장치들에도 디지털 카메라가 설치되면서 언제 어디서나 사진을 찍을 수 있게 되었고 이를 통해 수많은 양의 사진들이 모바일 장치들에 저장되고 있다. 그러나 모바일 장치에 저장되는 사진의 양은 증가 되고 있지만 그를 효과적으로 다루기 위한 브라우징 방식은 그다지 발전하지 못하였다. 모바일 장치는 작은 화면과 빈약한 인터페이스, 제한된 컴퓨팅 파워의 제한을 갖고 있다. 이 작은 화면과 빈약한 인터페이스로는 방대한 양의 사진을 브라우징 하기 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이미지의 3 차원 배치 및 가시화와 동작인식을 이용한 인터페이스를 본 논문에서 제시하겠다. 장치의 움직임을 이용한 인터페이스의 경우 매우 직관적이고 자연스럽게 사용할 수 있으며 연속적인 형태의 입력이 가능하다. 특히 현실에서의 움직임과 유사한 메타포를 갖는 상호작용이 가능하므로 이의 도움을 얻어 효과적인 브라우징 인터페이스가 될 수 있다고 예상하였다.

2. 관련 연구

현재 적절한 레이아웃과 인터페이스를 이용하여 작은 화면의 한계를 극복하기 위한 다양한 연구들이 있다. Gutwin[1]은 큰 인터페이스를 작은 화면의 모바일 기기에서 다루기 위한 효과적인 방법을 찾기 위해 다양한 인터페이스와 레이아웃을 비교하였다. Patel[2]은 작은 화면을 가진 모바일 장치에서의 효과적인 이미지 브라우징을 위해 속도 의존형 자동 줌(Speed dependant automatic zooming)[3]을 응용한 새로운 인터페이스인 자동 줌(auto zoom)과 동작 줌(gesture zoom)을 제안하였다. Hakala[4]는 공간 인지(spatial cognition)를 이용할 수 있는 3차원 가시화 방법을 통해 효과적인 데이터의 전달을 꾀하였다.

모바일 기기의 인터페이스로 동작 추적 방법론을 이용하고자 하는 연구 역시 계속되고 있다. Yee[5]는 피플 디스플레이(Peephole display)를 제안하였다. 피플 디스플레이는 동작 추적을 이용하여 펜을 이용한 작업을 할 때 작업 영역이 모바일 기기의 화면 크기로 제한되는 것을 극복하였다. 한편 Verplaetse[6]는 외부의 도움 없이 장치 스스로 동작을 추적하기 위해서는 관성 감지(inertial sensing)가 필수적이라는 결론을 내리고 그를 구현하기 위해 필요한 기술들을 서술하였다. 그에 따르면 스스로의 움직임을 측정하기 위한 기술로 가속도계와 자이로스코프를 들었다. Rekimoto[7]가 기울임 인식을 입력 장치로 이용하는 것을 제안한 이후 기울임 센서를 이용한 동작 추적을 행한 다양한 연구[8-13]가 있다.

한편 Hwang[14]은 3축 가속도계와 비전 알고리즘을 이용한 동작 인식 알고리즘을 이용하여 4 자유도 동작 인식을 실현하였으며 모바일 기기에서의 가상현실환경을 구현하기 위해 이 알고리즘을 이용하였다.

이미지 브라우저는 여러 개의 이미지로부터 유저가 하나 또는 그 이상의 이미지를 선택할 수 있도록 하는 프로그램이다. 이 이미지 브라우저는 한 번에 여러 장의 이미지를 보여 줄 수 있어야 하며 원래의 해상도의 큰 이미지 또한 보여 줄 수 있어야 한다[15]. 이 조건을 확대 축소 가능 사용자 인터페이스(Zoomable user interface)를 이용하면 쉽게 달성할 수 있다. 확대 축소 가능 사용자 인터페이스는 정보 객체(information object)가 위치와 크기로 정리 되어 있으며 유저는 정보 공간(interface space)에 있는 객체를 줌(zoom) 또는 팬(pan)을 통하여 직접적으로 상호작용 할 수 있는 형태의 인터페이스이다[16]. 패닝은 현재 보고 있는 정보 공간의 위치를 변경 시키고 줌은 현재 보고 있는 정보 공간의 크기를 변경시킨다.

3. 동작 추적형 인터페이스

3.1 모바일 장치에서의 동작 추적

모바일 장치에서 동작 인식을 위해 사용하는 센서들은 외부 참조가 필요 없는 독립된 시스템이어야 할 필요가 있다. 이 조건을 충족하여 모바일 기기에서 사용할 수 있는 센서들을 표 1 에 정리하였다.

표 1. 자체 모션 인식이 가능한 센서들

센서의 종류	평행이동	회전
3축 가속도 센서	상대적인 3축 이동	
3축 가속도 센서 (기울기 센서)		절대적인 롤, 피치
카메라 (Hwang[17]의 방법)	상대적인 Z축 이동	상대적인 요우, 피치
자이로스코프		상대적인 3축 회전

가속도계의 경우 3축의 가속도를 얻을 수 있으므로 이를 적분해서 속력과 위치를 얻을 수 있다. 하지만 적분을 통해서 얻어야 하므로 오류가 많고 짧은 시간의 제스처 정도만 인식이 가능하다. 대부분 모바일 기기에서 가속도계를 사용할 경우엔 가속도계가 중력 가속도를 기준으로 삼는다는 점을 이용하여 기울기 센서로 사용하였다.

카메라는 광흐름(optical flow)와 같은 비전 기술을 이용 얻어진 영상을 처리하여 상대적인 위치를 추적 할 수 있다. Hwang의 방법에서는 특징 점의 상대적인 위치를 이용하여 전 후 움직임도 인식할 수 있었다.

자이로스코프의 경우엔 가속도계와 카메라 보다 상대적으로

비싸지만 3축의 회전을 전부 얻어 낼 수 있는 장점을 갖고 있다. 다만 가속도계를 기울기 센서로 사용할 때와 달리 상대적으로 기울임을 인식하므로 오류가 누적될 수 있다.

각각의 센서와 알고리즘은 서로 장, 단점을 갖고 있고 인식할 수 있는 범위가 조금씩 차이가 있다. 때문에 가속도계와 카메라를 병용하는 방법[14]을 이용하였다. 이 방법의 경우 3차원, 4 자유도의 움직임을 인식할 수 있기 때문이다.

3.2 모바일 장치의 위치 추적을 이용한 인터페이스

Hwang[14]의 위치 추적 방법을 사용할 경우 피치(pitch), 롤(roll), 요우(yaw)와 1차원 평행 이동(translation)의 4 자유도 움직임을 얻을 수 있다. 이 4 자유도 움직임은 모바일 장치의 3차원 공간에서의 상대적인 위치를 얻어 내기에 충분하다. 사용자가 화면을 수직으로 바라보면서 움직인다고 가장하면 사용자의 움직임은 그림 1과 같이 유추 할 수 있다.

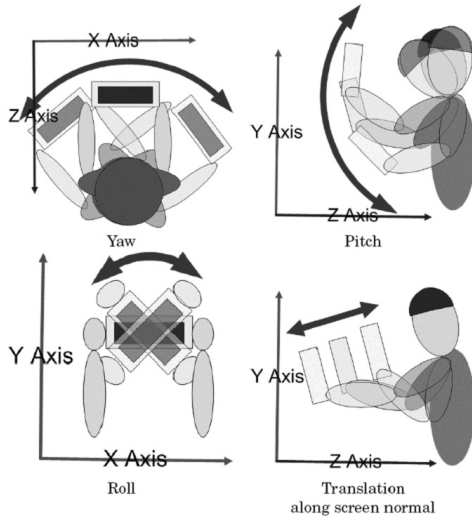


그림 1. 사용자의 4 자유도 움직임

이렇게 얻어진 사용자의 움직임을 이미지 브라우저의 기능과 대응시킬 수 있다. 일반적인 2차원 이미지 브라우저라면 요우를 수직 방향의 패닝에 피치를 수평 방향의 패닝에 대응시킬 수 있다. 한편 얻어진 사용자의 움직임은 3차원 움직임이므로 그 움직임을 3차원 환경에서의 움직임으로 그대로 대응시킬 수 있다. 요우의 경우엔 사용자를 축으로 하고 사용자와 화면 사이의 거리를 반지름으로 하는 지면과 평행한 호를 그리는 움직임으로 피치의 경우엔 사용자를 축으로 하고 사용자와 화면 사이의 거리를 반지름으로 하는 지면과 수직인 호를 그리는 움직임으로 대응할 수 있다. 화면 방향의 움직임은 각각 줌 또는 화면 방향의 움직임 자체로 대응시킬 수 있다. 표 2에 다시 정리하였다.

이렇게 현재의 추적된 상대 위치와 가상의 상대 위치를 그

대로 대응시켜 3차원 브라우징을 하면 유저의 움직임에 그대로 따르므로 자연스럽게 직관적인 인터페이스가 될 수 있다고 기대하였다. 특히 이미지의 위치를 실제 공간과 연관 지어서 공간 인지와 고유 수용(proprioception)의 도움[18]을 얻을 수 있을 것이라 예상하였다.

표 2. 모바일 장치의 위치 추적을 이용한 인터페이스의 사용자의 움직임과 브라우저 기능의 대응

입력	2차원 브라우저 기능	3차원 네비게이션 기능
요우	1차원 수평 패닝	1차원 수평 호
피치	1차원 수직 패닝	1차원 수직 호
화면 방향으로 평행이동	줌	시선 방향으로 평행이동

하지만 이 경우엔 현실의 작업 영역(workspace)의 크기가 사용자의 팔 길이에 제한되는 문제가 있다. 브라우징 해야 하는 이미지의 수에 따라 가상의 작업 영역의 크기는 무제한에 가깝게 증가할 수 있으므로 가상의 넓은 작업 영역과 현실의 제한된 움직임 사이의 불일치가 발생한다. 이 경우 현실의 움직임과 가상의 움직임 사이의 이득(gain)을 증가시키게 되는데 이득의 값은 사용자의 움직임의 해상도에 제한이 된다. 이를 해결할 수 있는 방법 중에 클러칭(clutching)이 있다.

클러칭은 일반적인 2차원 마우스의 움직임과 같은 방식이다. 마우스를 사용하다가 작업 영역의 끝에 다다르면 마우스를 들어서 작업 영역의 가운데로 옮긴 다음에 내려놓는 것과 같이 입력을 잠시 무시하고 작업 영역을 옮긴 다음 다시 입력 받기 시작 하는 방법이다. 하지만 이 방법에는 클러칭으로 인한 시간의 소모가 있으므로 작업 영역의 크기에 제한을 받지 않는 속력 제어방식으로 변경하는 것이 가장 근본적인 해결책이 된다. 대신 속력 제어 방식일 때는 오류의 영향이 위치 제어 보다 증폭 되므로 오류가 누적되지 않는 인식 방법을 사용하는 것이 효과적이다.

3.3 모바일 장치의 기울기 추적을 이용한 인터페이스

모바일 장치의 기울기 추적을 이용한 인터페이스는 가속도계의 절대적인 인식을 이용하였다. 중립 위치로부터의 기울기에 비례하여 브라우저의 패닝 속도를 조정하는 형태가 된다. 일반적인 2차원 이미지 브라우저의 경우엔 중립 위치로부터의 롤의 차이는 수평 패닝의 속도를 제어하며 중립 위치로부터의 피치의 차이는 수직 패닝의 속도를 제어한다. 한편 3축 가속도계는 2축의 절대적 회전 값만 사용 가능하다는 단점이 여전히 존재하므로 줌은 여전히 카메라를 이용한 상대적인 위치 추적 방식을 이용하여 조절한다. 이 인터페이스 역시 ‘모바일 장치의 위치 추적을 이용한 인터페이스’와 같이 3차원 환경의 네비게이션을 위해 사용할 수 있다. 화면 방향으로의 움직임이 제한된다면 실질적으로 무한대의 작업

영역을 제어할 수 있게 된다. 표 3에 인터페이스를 정리하였다. 구현 시엔 기울기 차이의 제공에 비례하여 속력을 변화시켰다. 예비 실험의 결과 작업 영역의 제한을 극복할 수 있었지만 세밀한 제어에서 문제를 일으켰으며 사용자의 공간 인지를 이용할 수 없었다.

표 3. 모바일 장치의 기울기 추적을 이용한 인터페이스의 사용자의 움직임과 브라우저 기능의 대응

입력	2차원 브라우저 기능	3차원 네비게이션 기능
기준 값으로부터 피치의 차이	1차원 수직 패닝의 속도	1차원 수직 호를 따르는 움직임의 속도
기준 값으로부터 롤의 차이	1차원 수평 패닝의 속도	1차원 수평 호를 따르는 움직임의 속도
화면 방향으로의 평행이동	줌	시선 방향으로의 평행이동

3.4 위치, 기울기 혼성 추적 인터페이스

‘모바일 장치의 위치 추적을 이용한 인터페이스’의 약점은 실제 작업 영역과 가상 작업 영역 사이의 차이가 클 경우 클러칭으로 인한 성능 문제가 발생한다는 것이다. 한편 ‘모바일 장치의 기울기 추적을 이용한 인터페이스’는 속도 제어를 이용하기 때문에 세밀한 동작의 경우에 문제가 발생하였다. 이 둘의 장점을 혼합할 수 있다면 좀 더 효과적인 인터페이스가 될 수 있다.

‘모바일 장치의 위치 추적을 이용한 인터페이스’를 이용할 때는 롤을 사용하지 않는다. 한편 사용자의 움직임의 경우에도 장치의 무게 때문에 좌우보다 상하 기울임의 정도가 제한되는 경향이 있었다. 한편 현재의 카메라를 이용한 피치 추적의 경우엔 평행이동과 회전이동을 정확히 구분할 못하는 특성이 있다. 따라서 실제로 많이 기울이지 않더라도 피치 값을 입력 받을 수 있다.

표 4. 위치, 기울기 혼성 추적 인터페이스의 사용자의 움직임과 브라우저 기능의 대응

입력	2차원 브라우저 기능	3차원 네비게이션 기능
요우	1차원 수평 패닝	1차원 수평 호
피치	1차원 수직 패닝	1차원 수직 호
기준 값으로부터 피치의 차이	1차원 수직 패닝의 속도	1차원 수직 호를 따르는 움직임의 속도
기준 값으로부터 롤의 차이	1차원 수평 패닝의 속도	1차원 수평 호를 따르는 움직임의 속도
화면 방향으로의 평행이동	줌	시선 방향으로의 평행이동

이에 따라 요우와 피치의 경우엔 위치 인터페이스를 사용하고 롤과 역치 이상의 피치의 경우엔 기울기 추적 인터페이스를 하는 형태로 두 개의 인터페이스를 서로 결합할 수 있었다. 일반적인 요우 움직임 또는 피치 움직임의 경우엔 위치 인터페이스와 같은 방식으로 작동하고 롤 또는 피치가 역치를 넘었을 경우에는 위치 추적을 중단하고 기울기 추적으로 작동한다.

4. 모바일 기기에서의 다수의 이미지 배치

4.1 격자 원기둥 레이아웃

모션을 이용한 인터페이스를 사용하므로 이미지의 배치 역시 모션을 사용한 인터페이스에 적합하도록 해야 할 필요성이 있다. 현재의 인터페이스는 3차원 모션을 추적할 수 있으므로 이미지의 배치를 3차원 적으로 해도 문제는 없다. 특히 투시화면(perspective view)를 사용하는 3차원 네비게이션을 이용할 경우에는 줌이 가능한 2차원 이미지 브라우저와 기능적으로 차이가 없다. 그림 1에서 볼 수 있는 모션 인터페이스의 움직임을 고려해 볼 때 비교적 효과적인 이미지 배치는 사용자를 중심으로 한 원기둥 형태이다. 모션 인터페이스의 움직임에 맞추어 사용자를 중심으로 하는 구형의 배치를 할 경우 이미지의 왜곡을 가져 오게 된다. 또한, 실제로 사용자가 사용하는 모션의 범위에서 피치의 변화는 크지 않으므로 구 대신 원기둥을 사용함으로써 발생하는 왜곡 역시 크지 않다. 그림 2는 인터페이스의 움직임과 원기둥 배치 사이의 관계를 보여 준다.

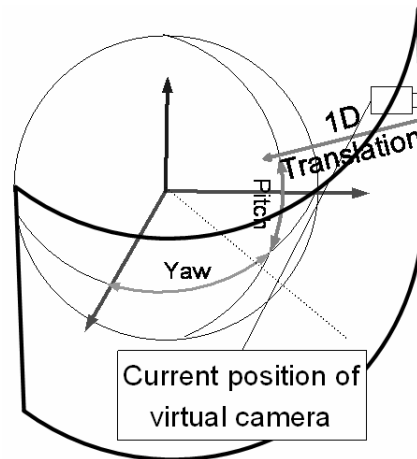


그림 2. 사용자의 움직임과 원기둥 배치, 사용자의 움직임은 구 내부와 대응, 이미지의 배치는 원기둥과 대응.

한편 원기둥 형태로 배치할 때, 이미지 사이의 간격과 이미지와 사용자 사이의 거리를 일정하게 배치하여 일반적인 2차원 이미지 브라우저의 격자형 배치와 같게 하였다.



그림 3. 격자 원기둥 배치의 삽화(좌)와 실제 실행화면(우)

4.2 피시아이 원기둥 레이아웃

Gutwin[1]의 결과에 따르면 작은 화면을 가진 모바일 기기에서 큰 문서를 사용하는 경우 피시아이(fisheye) 화면의 사용은 상당히 효과적이었다. 이것이 다수의 이미지를 사용하는 경우에도 적용이 가능할 것이라 생각되었다. 피시아이 화면은 이미지를 왜곡시켜 가운데는 강조가 되어 크게 보이고 주변부는 작게 보이는 형태의 화면이다. 이를 레이아웃에 적용을 한다면 현재의 화면에서 중심에 가장 가까운 이미지는 크기를 증가 시키고 주변부로 갈수록 이미지의 크기를 감소 시키는 형태가 된다. 또한 가상의 카메라의 위치가 업데이트 될 때 마다 레이아웃도 업데이트 되어야 한다.



그림 4. 피시아이 원기둥 배치의 삽화(좌)와 실제 실행화면(우)

5. 인터페이스와 레이아웃 간의 사용성 실험

5.1 실험 목적

이전에 소개하고 구현한 인터페이스들과 레이아웃의 조합들을 직접 이미지 브라우징 과정에 사용해 보면서 그 조합들의 사용성을 평가하였다. 이를 통해 각각의 인터페이스나 레이아웃이 기대한 효과를 낼 수 있는지 주어진 인터페이스와 레이아웃에 알맞은 조합은 어떤 것인지 확인해 볼 수 있었다.

5.2 실험 설계

5.2.1 피 실험자

24명의 피 실험자가 실험에 참여하였다. 피 실험자 중 18명은 남성, 6명은 여성이었다. 피 실험자는 모두 학생이었으며, 나이 분포는 만 19세에서 25세 사이였다. 피 실험자 중, 모바일 기기를 이용하여 이미지를 관리하는 인원은 15명, 모션 인터페이스를 사용한 경험이 있는 인원은 6명이었다.

5.2.2 독립 변수

실험의 독립 변수는 버튼 인터페이스, 기울기 추적 인터페이스, 혼성 추적 인터페이스의 중 하나의 인터페이스 적용 여부와 격자 원기둥 레이아웃과 피시아이 원기둥 레이아웃 중 하나의 레이아웃의 적용 여부이다. 표 5에 독립 변수들이 정리되어 있다. 위치 추적 형 인터페이스는 클릭 문제로 인해 혼성 추적 인터페이스보다 좋지 못한 성능을 예비 실험(pilot experiment)에서 보여주었으므로 실험에 사용되는 변수 중에서는 제거되었다. 실험의 전체적인 디자인은 3 또는 2 수준을 갖는 2인자 개체 내 디자인(2 factor within-subject design)으로 6종의 실험 세션을 수행하게 된다. 각각의 실험 세션은 라틴 방격(latin square)를 통해서 6명마다 다른 순서로 설정된다.

5.2.3 종속 변수

실험의 종속 변수는 실행 시간, 사용하기 쉬움, 선호도, 직관적, 자연스러움, 재미이다. 실행 시간을 제외한 나머지 수치는 설문지를 통하여 얻었다.

표 5. 독립 변수

독립 변수	수준		
인터페이스	버튼 인터페이스	혼성 추적 인터페이스	기울기 추적 인터페이스
레이아웃	격자 원기둥 레이아웃		피시아이 원기둥 레이아웃

5.2.4 수행 작업

실험에서 피 실험자에게 주어진 수행 작업은 두 가지이다. 전체 100장의 사진들 중에서 찾아야 할 사진이 있는 위치를 알려준 상태에서 사진 한 장을 찾는 수행 작업과 전체 100장의 사진 중에서 찾아야 할 사진이 있는 위치를 알려주지 않은 상태에서 사진 한 장을 찾는 수행 작업이다.

전자의 수행 작업을 통해 사진을 검색하고 인지하는 인지적 부담(cognition load)을 가능한 한 배제하고 인터페이스와 레이아웃의 효과만을 검증할 수 있다. 그리고 후자의 수행 작업을 통해 인지적인 부담을 요구하는 작업에서의 인터페이스와 레이아웃의 효과를 검증할 수 있다.

5.2.5 실험 절차

피 실험자는 실험 전에 기본적인 인적 정보와 모바일 기기를 이용한 이미지 관리 여부, 모션 인터페이스 사용 여부에 대한 설문을 하고 인터페이스의 사용법에 대해서 설명을 듣는다. 모든 피 실험자가 모션 인터페이스에 익숙하지 않으므로 모션 인터페이스의 기본적인 동작에 대한 트레이닝 세션

을 두었다. 트레이닝 세션이 끝난 뒤에는 각각의 조합에 대한 수행 작업을 행하였다.

수행 작업의 순서는 사진의 위치를 알려주고 사진을 찾는 수행 작업을 실행한 후에 사진의 위치를 알려주지 않고 사진을 찾는 수행 작업을 실시한다. 매 수행 작업은 24번의 시도(trial)로 이루어져 있고 이 중 처음 4번의 시도는 연습용으로 사용한다. 이 두 수행 작업을 6가지의 실험 세션마다 반복하게 되므로 피 실험자는 12번의 수행 작업을 하게 된다.

같은 독립 변인 조건으로 두 번의 수행 작업이 끝나면 현재의 조건에 대한 설문지를 작성한다. 설문지는 인터페이스와 레이아웃의 조합을 사용하기 쉬운 정도, 인터페이스와 조합을 선호하는 정도에 대하여 질문하며, 답변은 1~7까지 7단계로 답하도록 하였다. 또한 매 세션 조건에 대한 전체적인 소감이나 힘들었던 점을 설문지에 작성하도록 하였다.

모든 실험을 끝마친 뒤엔 전체 실험에 대한 전체적인 소감이나 건의하고 싶은 사항을 설문지에 작성하도록 하였다.

5.3 실험 결과 및 토론

5.3.1 평균 수행 시간

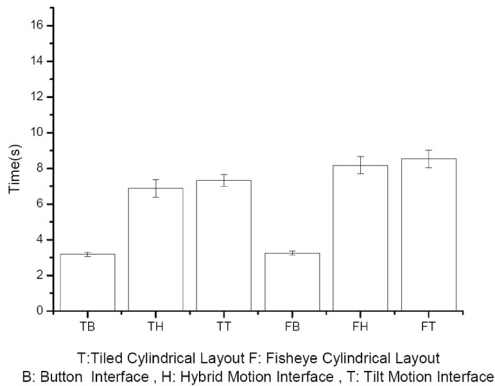


그림 5. 위치를 알려준 이미지의 탐색 시 평균 수행 시간

위치 알려준 이미지의 탐색 시 버튼 인터페이스가 혼성 추적 인터페이스와 기울기 추적 인터페이스보다 유의하게 짧은 평균 수행 시간($F_{2,46}=84.10$ $p<0.0001$) 을 기록하였다. 또한 격자 원기둥 레이아웃이 피시아이 원기둥 레이아웃보다 유의하게 짧은 수행 시간($F_{1,23}=11.53$ $p=0.0025$)을 기록하였다.

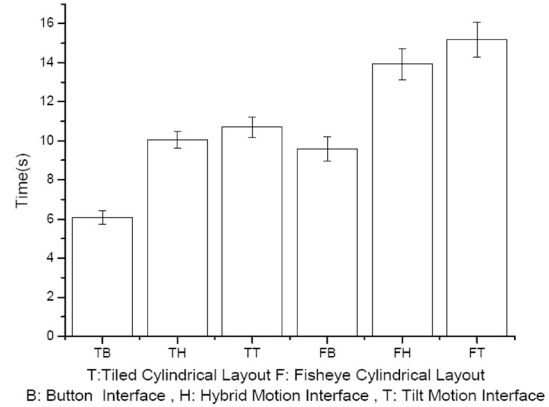


그림 6. 위치를 알려주지 않은 이미지의 탐색 시 평균 수행 시간

위치 알려주지 않은 이미지의 탐색의 경우도 마찬가지로 버튼 인터페이스가 혼성 추적 인터페이스와 기울기 추적 인터페이스보다 유의하게 짧은 평균 수행 시간($F_{2,46}=48.61$ $p<0.0001$) 을 기록하였다. 또한 레이아웃의 경우도 위치를 알려준 경우와 같이 격자 원기둥 레이아웃이 피시아이 원기둥 레이아웃보다 유의하게 짧은 수행 시간($F_{1,23}=70.51$ $p<0.0001$)을 기록하였다.

5.3.2 설문 수행 결과

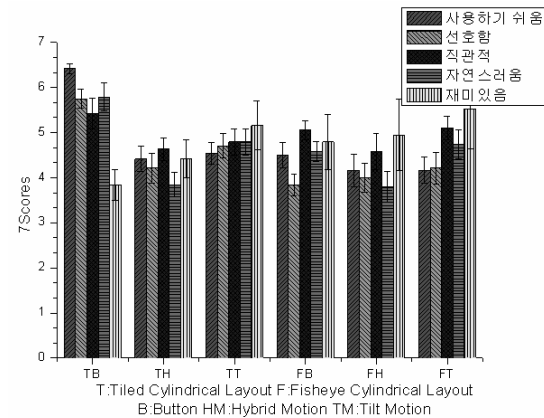


그림 7. 설문 결과

설문의 수행 결과는 그림 7의 그래프와 같다. 사용하기 쉬움에 있어서는 버튼 인터페이스와 격자 레이아웃이 가장 사용하기 쉬운 것으로 밝혀졌으며 이 조합을 제외한 다른 조합들의 경우는 서로 간에 통계적으로 유의한 결과는 발견하지 못하였다. 선호도의 경우도 버튼 인터페이스와 격자 레이아웃을 가장 선호하였고 다른 조합들은 서로 간에 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하였다. 직관적의 경우엔 모든 조합들

이 서로 유의한 차이를 보이지 못 하였지만 자연스러움의 경우에도 버튼 인터페이스와 격자 레이아웃이 가장 자연스럽다는 결과를 얻었다. 재미의 경우에만 격자 레이아웃보다 피시아이 레이아웃이 버튼 인터페이스보다는 두 동작 추적 인터페이스가 더 재미있다는 결론을 얻었다.

5.3.3 실험 결과 및 토의

실험 결과 버튼 인터페이스와 격자 레이아웃이 이미지 브라우징에 효과적이었으며 사용자로부터도 좋은 평가를 받았다.

움직임 추적 인터페이스들은 효과적이지 못하였는데 사용자는 충분히 빨리 움직이지 못하였고 장비 자체의 무게에 대한 불만이 존재하였다. 또한 버튼 인터페이스에 비해 신뢰성과 해상도에서도 한계를 보였다.

또 음성 추적 인터페이스가 기울기 추적 인터페이스보다 더 부자연스러운 결과를 얻었는데 사용자가 모드 변환에 익숙하지 못하였고 실제 공간을 움직이면서 브라우징을 하기 보단 작은 움직임으로 브라우징을 하는 쪽을 선호하였다.

피시아이 레이아웃 역시 효과적이지 못하였는데 우선 사용자가 더 많은 이미지가 보이는 것 보다 세부를 관찰할 수 있는 쪽을 선호하였다. 하지만 피시아이 레이아웃의 경우에는 다양한 요소가 최적화되지 않았을 가능성 역시 존재한다.

6. 결론 및 향후 계획

논문에서 제안한 동작 추적 인터페이스는 이미지 브라우징에 부적합하였다. 이 결과와 관련한 유력한 원인 중에 하나로 고정된 이미지가 움직이는 이미지 보다 효과적으로 인지된다는 연구[19]가 있다. 버튼 인터페이스의 경우 이미지가 단속적으로 제시되는데 반해 동작 추적 모션 인터페이스는 움직이는 이미지로 제시하므로 사용자가 효과적으로 인지하지 못할 수 있다. 이는 동작 추적 모션 인터페이스 자체가 버튼 인터페이스에 비해 태생적으로 부적합할 가능성을 시사한다. 그리고 기울기 인터페이스보다 혼합형 인터페이스가 더 부자연스러운 결과를 보여준 것으로 보아 현실과 같은 메타포 역시 이미지 브라우징에는 그다지 효과적이지 못할 가능성이 있다. 또한 구현된 인터페이스가 해상도와 신뢰성이 충분하지 못하였고 무게 등의 이유로 사용하기 어려웠다. 이 불완전한 모션 인터페이스 역시 결과에 영향을 끼칠 수 있다고 본다.

레이아웃의 경우엔 격자 레이아웃이 다수의 이미지를 위한 2차원 브라우징엔 더 효과적이었다. 이는 하나의 큰 이미지를 브라우징 하는 경우와는 달리 전체적인 부분을 확인할 필요가 없었기 때문으로 생각된다. 하지만 피시아이 레이아웃의 경우에는 다양한 요소가 최적화되지 않았을 가능성이

존재하므로 더 깊은 연구가 필요하다고 생각한다.

향후엔 좀 더 신뢰성이 높은 동작 추적 인터페이스를 개발할 필요성이 있다. 적외선 거리 센서와 자이로스코프를 조합한다면 더 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각한다. 또한 고정된 이미지가 움직이는 이미지 보다 효과적으로 인지된다는 연구결과에 따라 동작 추적의 경우에도 고정된 형태로 이미지를 제시할 수 있는 방법을 고려해볼 필요가 있다고 생각한다.

참고문헌

- [1] C. Gutwin and C. Fedak, "Interacting with big interfaces on small screens: a comparison of fisheye, zoom, and panning techniques," Proc. of Graphics Interface, pp. 145-152 2004.
- [2] D. Patel, G. Marsden, S. Jones, and M. Jones, "An evaluation of techniques for browsing photograph collections on small displays," in MobileHCI, LNCS vol. 3160, pp. 132-143, 2004.
- [3] T. Igarashi and K. Hinckley, "Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents," Proc. UIST 2000, pp. 139-148, 2000.
- [4] T. Hakala, J. Lehikoinen, and A. Aaltonen, "Spatial interactive visualization on small screen," Proc. of MobileHCI05, pp 137-144, 2005.
- [5] K.P. Yee, "Peephole displays: pen interaction on spatially aware handheld computers," Proc. of CHI pp. 1-8, 2003.
- [6] C. Verplaetse, "Inertial proprioceptive devices: Self-motion sensing toys and tools," IBM Systems Journal, Vol. 35, No. 3&4, pp. 639-650, 1996.
- [7] J. Rekimoto, "Tilting operations for small screen interfaces," Proc. of UIST 1996, pp. 167-168, 1996.
- [8] B. L. Harrison, K. P. Fishkin, A. Gujar, C. Mochon, and R. Want, "Squeeze me, hold me, tilt me! an exploration of manipulative user interfaces," Proc. of CHI, pp. 17-24, 1998.
- [9] J. F. Bartlett, "Rock' n' scroll is here to stay," Computer Graphics and Applications, IEEE, vol. 20, No. 3, pp. 40-45, 2000.
- [10] K. Hinckley, J. Pierce, M. Sinclair, and E. Horvitz, "Sensing techniques for mobile interaction," Proc. of UIST 2000, pp. 91-100, 2000.
- [11] A. Crossan and R. Murray-Smith, "Variability in wrist-tilt accelerometer based gesture interfaces," in Mobile HCI, LNCS vol. 3160, pp. 144-155, 2004.
- [12] P. Eslambolchilar and R. Murray-Smith, "Tilt-based automatic zooming and scaling in mobile devices - A state-space implementation," in Mobile HCI,

LNCS vol. 3160, pp. 120-131, 2004.

- [13] G. Marsden and N. Tip, "Navigation control for mobile virtual environments," Proc. of MobileHCI, pp. 279-282, 2005.
- [14] J. Hwang, J. Jung, and G. J. Kim, "Hand-held virtual reality: A feasibility study," Proc. of ACM Symposium on VRST, pp. 279-282, 2006.
- [15] T. T. A. Combs and B. B. Bederson, "Does zooming improve image browsing?," Proc. of ACM conference on Digital libraries, pp. 130-137, 1999.
- [16] K. Hornbæk, B. B. Bederson, and C. Plaisant, "Navigation patterns and usability of zoomable user interfaces with and without an overview," ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 9, No. 4, pp. 362-389, 2002.
- [17] J. Hwang, G. J. Kim, and N. Kim, "Camera based relative motion tracking for hand-held virtual Reality," in NICOGRAPH International 2006.
- [18] M. R. Mine, F. P. Brooks, and C. H. Sequin, "Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual-environment interaction," Proc. of Siggraph, pp. 19-26, 1997.
- [19] K. Cooper, O. d. Bruijn, R. Spence, and M. Witkowski, "A Comparison of Static and Moving Presentation Modes for Image Collections," Proc. of AVI, pp. 381-388, 2006.



임 성 훈

2000년 3월~2005년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 2005년 3월~2007년 2월 포항공과대학교 정보통신학과 졸업(공학석사). 2007년 3월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 박사

과정. 관심분야는 Haptics, Virtual Reality, HCI임.



황 재 인

1994년 3월~1998년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 1998년 3월~2000년 2월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 2000년 3월~2007년 9월 포항공과대학교 컴퓨터공학

과 졸업(공학박사), 2007년 9월~2007년 12월 고려대 산학연구단 연구교수, 2008년 1월~현재 한국과학기술연구원 연구원. 관심분야는 Virtual Reality, Hand-held VR임.



최 승 문

1991년 3월~1995년 2월 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학사). 1995년 3월~1997년 2월 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학석사). 1998년 9월~2003년 12월 퍼듀대학교 전기컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2004년 1월~2005년 6월 퍼듀대학교 박사 후 연구원, 2005년 7월~현재 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 Haptics임.



김 정 현

1984년~1987년 Carnegie Mellon University 전자컴퓨터 공학부 학사 졸업(공학사). 1987년~1989년 University of Southern California 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1989년~1994년 University of Southern California 컴퓨터공학과 졸업(공학박사), 1994년~1996년 NIST, Fellowship, 1996년~2006년 7월 포항공과대학교 컴퓨터공학과 교수. 2006년 8월~현재 고려대학교 정보통신공학부 교수. 관심분야는 Virtual Reality, HCI임.