

윈도우 제어를 위한 시각적 비접촉 사용자 인터페이스

(Visual Touchless User Interface for Window Manipulation)

김진우[†] 정경부[†] 정승도^{**} 최병욱^{***}
(Jin Woo Kim) (Kyungboo Jung) (Seungdo Jeong) (Byung-Uk Choi)

요약 최근 다양한 3차원 콘텐츠 및 응용 프로그램의 개발되고, 컴퓨터 사용자 계층이 다양화됨으로 인하여 인터페이스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구는 사용자가 손을 이용하여 윈도우를 효율적으로 제어할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 기존 인터페이스에 관한 연구들은 고가의 장비를 사용하거나 복잡한 제스처 인식, 또는 부가적인 도구인 마커 등을 사용하는 문제가 있다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 새로운 시각적 비접촉 인터페이스를 제안한다. 손을 사용하여 윈도우를 제어하기 위하여 HSV 색상공간을 이용하여 손 영역을 검출한다. 그리고 거리변환 행렬과 손 외곽선의 곡률을 이용하여 손의 중심과 손가락의 위치를 파악한다. 손의 중심과 손가락 위치를 이용하여 본 논문에서 제안하는 7가지의 제어 동작 중 사용자가 의도하는 동작을 파악하여 인터페이스로써 활용한다. 제안하는 인터페이스는 스테레오 카메라를 사용함으로써 사용자가 3차원 공간에서 거리감을 가지고 제어할 수 있도록 하였다. 그리고 간단한 손동작으로 제어하고자 하는 객체를 시각적으로 접촉할 수 있도록 함으로써 직관적인 제어가 가능하도록 하였다. 마지막으로 제안하는 인터페이스를 활용한 응용을 통해서 효율성을 확인한다.

키워드 : 사용자 인터페이스, 시각적 비접촉, 윈도우 제어, 손동작

Abstract Recently, researches for user interface are remarkably processed due to the explosive growth of 3-dimensional contents and applications, and the spread class of computer user. This paper proposes a novel method to manipulate windows efficiently using only the intuitive motion of hand. Previous methods have some drawbacks such as burden of expensive device, high complexity of gesture recognition, assistance of additional information using marker, and so on. To improve the defects, we propose a novel visual touchless interface. First, we detect hand region using hue channel in HSV color space to control window using hand. The distance transform method is applied to detect centroid of hand and curvature of hand contour is used to determine position of fingertips. Finally, by using the hand motion information, we recognize hand gesture as one of predefined seven motions. Recognized hand gesture is to be a command to control window. In the proposed method, user can manipulate windows with sense of depth in the real environment because the method adopts stereo camera. Intuitive manipulation is also available because the proposed method supports visual touch for the virtual object, which user want to manipulate, only using simple motions of hand. Finally, the efficiency of the proposed method is verified via an application based on our proposed interface.

Key words : User Interface, Visual Touchless, Window Manipulation, Hand Motion

· 이 논문은 제35회 추계학술대회에서 '윈도우 제어를 위한 시각적 접촉 기반의 사용자 인터페이스의 제복으로 발표된 논문을 확장한 것임

논문접수 : 2008년 12월 19일

심사완료 : 2009년 4월 24일

† 학생회원 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과
jwkim@hanyang.ac.kr

** 정회원 : 한양대학교 전기정보통신기술연구소
sdjeong@hanyang.ac.kr

*** 종신회원 : 한양대학교 컴퓨터공학부 교수
buchoi@hanyang.ac.kr

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 소프트웨어 및 응용 제36권 제6호(2009.6)

1. 서론

정보과학 기술이 발전함에 따라 유아에서부터 노년층까지 다양한 계층의 사용자가 컴퓨터를 사용하게 되었다. 또한 다양한 3차원 응용 프로그램들이 개발이 되면서 기존의 키보드나 마우스와 같은 인터페이스를 대체할 수 있는 새로운 형태의 사용자 인터페이스에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 사용자 인터페이스는 복잡한 것에서 단순한 것으로, 간접적인 것에서 직접적인 방식으로 발전해 왔다. 즉, 크게 사용자가 필요한 명령을 키보드에 직접 입력하는 방식의 CUI(Character User Interface)에서부터, 그래픽을 통해서 컴퓨터와 정보를 교환하는 방식의 GUI(Graphic User Interface)로, 사람이 직접 손으로 접촉하는 방식의 TUI(Tangible User Interface) 방식으로 발전되어 왔다. 최근에는 직관적이고 단순한 방식으로써, 자연스러운 손의 제스처를 활용하고자 하는 연구가 주류를 이루고 있다[2,3]. 손을 이용한 인터페이스는 도구를 가지고 사용하는 방법과는 달리 일상생활에서 사용하던 손의 움직임에 이용하기 때문에 초보 사용자도 새로운 인터페이스에 쉽고 빠르게 적응할 수 있다. 따라서 사용자가 경험으로부터 별도의 학습 없이 사용할 수 있는 직관적 인터페이스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 터치스크린과 근거리 통신을 기반으로 한 마이크로소프트사의 Surface Computer, 닌텐도 Wii, Sony사의 HoloWall과 Helsinki의 CityWall 등이 대표적인 예이다[1]. 이 방법들은 장치에 손을 직접 접촉하는 방법을 사용해서 멀티미디어 개체를 제어할 수 있도록 하였다.

위의 방법들은 특별한 인터페이스 장치를 보조적으로 사용한 방식으로써 장치가 고가라는 단점이 있다. 따라서 최근 고가의 외부장치 없이 손을 직접 활용하는 인터페이스에 관한 연구가 있다. 그 예로, 손의 동작을 이용한 비주얼 터치 패드, 손의 제스처를 이용한 포인팅 디바이스 등이 있다[4-6].

위에서 제시된 방법들은 인터페이스의 직관성과 효율성에 초점을 두고 있다. 하지만 터치스크린과 같은 고가의 장비에 대한 부담과 손에 장치를 부착해야하는 불편함이 있다. 또한 제스처 인식의 경우 여러 개의 제스처에 대한 학습이 필요하다.

마우스나 터치 패드와 같이 2차원 공간에서 동작하는 인터페이스의 경우 3차원 공간에 있는 가상 물체를 제어하는데 어려움이 따른다. 또한 2차원 제스처를 인터페이스로 이용하는 경우 그림 그리기 등 2차원 공간에서 활용은 가능하지만 이 경우도 3차원 공간에서 인터페이스로 활용하기는 어렵다.

본 논문에서는 고가의 장비를 사용하지 않고 몇 개의

간단한 손의 동작을 사용한 사용자 인터페이스를 제안한다. 장비를 사용하지 않아 장비에 대한 경제적인 부담을 줄일 수 있게 한다. 기존의 마커, 장갑 등을 이용해서 윈도우를 제어하는 방법과 달리 맨손을 직접 사용하도록 하여 사용자의 직관성을 높인다. 또한 2차원이 아닌 3차원 손 정보를 획득하여 3차원 환경에서 사용자에게 자연스러운 제어가 가능하도록 한다. 제안하는 인터페이스의 활용 가능성을 제시하기 위하여 윈도우 제어에 적용한 결과를 보인다.

2. 시스템 구성

제안하는 시스템은 크게 정보획득과 제어 단계로 구분된다. 정보획득 단계에서는 실시간으로 입력되는 영상에서 색상을 이용해서 손의 영역을 검출한다. 검출된 손의 이진 영상에서 거리변환을 이용해서 손의 중심점을 구하고 손의 연속적인 외곽선 정보로부터 곡률 반경을 계산해서 손가락 끝점을 검출한다. 최종적으로 손가락 끝점의 3차원 정보를 계산한다. 제어 단계에서는 손가락 끝점과 손의 중심점의 3차원 정보를 이용해서 윈도우를 제어하는 동작을 결정하고 응용에 적합하게 적용시킨다. 그림 1은 제안하는 시스템 구성도이다.

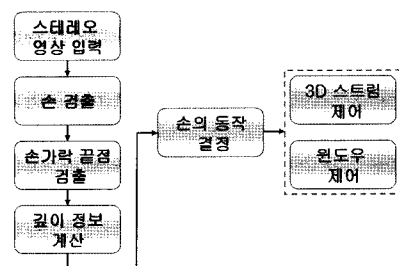


그림 1 시스템 구성도

3. 손 정보 분석

손가락 끝점은 윈도우를 제어하는 동작에 사용된다. 제안하는 방법은 손가락 하나의 움직임으로 윈도우를 제어하기 때문에 사용자는 왼손이나 오른손에 관계없이 사용할 수 있다. 손을 이용하여 3차원 공간에서 윈도우를 제어하기 위해서 우선 손가락 끝점의 깊이(depth) 정보를 획득해야 한다. 깊이 정보는 윈도우를 제어하기 위한 손의 3차원 움직임을 분석하는데 사용될 뿐만 아니라, 사용자가 실제 거리감을 느끼면서 제어할 수 있도록 도움을 준다. 그림 2는 손가락 끝점의 3차원 정보를 계산하는 과정을 간략히 설명한 것이다.

3.1 손 영역 검출

매 프레임에 캡처된 영상으로부터 손과 배경을 분리한다. 이때 색상을 이용한 손 영역 검출 방법을 사용하

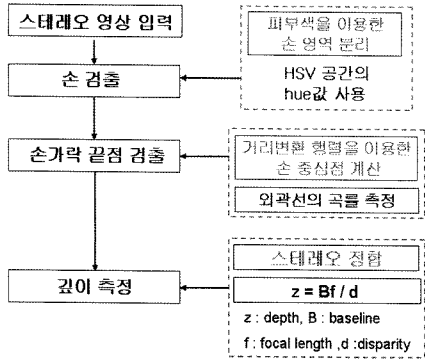
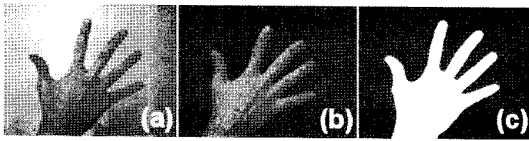


그림 2 손가락 끝점의 3차원 정보 계산

였다[7]. HSV공간에서 손의 색상에 해당하는 Hue의 범위를 결정하고 결정된 범위를 이용해서 손과 배경을 분리하고 이진영상으로 바꾼다. 거리 변환(distance transform)을 사용해서 응답 값이 최대인 부분을 손 영역의 중심점으로 결정한다[8]. 또한 연결 요소(connected component) 방법[9]을 이용하여 손 영역의 외곽선 부분을 추출한다. 추출된 외곽선 정보는 손가락 끝점 후보 검출 단계에서 사용한다.

그림 3(a)는 입력영상이고 그림 3(b)는 색상을 이용하여 손 영역을 검출한 영상이다. 그림 3(c)는 검출된 손 영역을 이진화한 결과이다.



(a) 입력 영상 (b) 손 영역 검출 (c) 손 영역의 이진 영상
그림 3 피부색을 이용한 손의 영역 획득 결과

그림 4(a)는 손의 이진 영상에 대하여 거리변환을 적용한 한 결과이다. 손의 중심부분으로 갈수록 응답 값이 커져서 밝게 보이는 것을 확인할 수 있다. 그림 4(b)는 응답 값이 최대인 손의 중심점을 찾은 결과이고 그림 4(c)는 검출된 손 영역에서 연결 요소를 이용해서 외곽선을 획득한 결과이다.



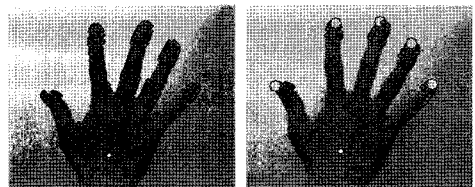
(a) 거리변환 결과 (b) 손 영역의 중심점 검출
(c) 손의 외곽선 추출
그림 4 손의 중심점과 외곽선을 검출한 결과

3.2 손가락 끝점 검출

손가락 끝점을 찾기 위하여, 손 영역의 중심점과 손 외곽정보의 곡률을 이용한다. 손의 외곽선에서 가장 뾰족한 부분들을 손가락 끝점의 후보로 결정한다. 곡률을 계산하기 위해서는 외곽선 위의 임의의 간격(n)을 둔 세 점을 사용한다. 외곽선의 점들 중 k 번째 점을 P_k 로 표현하고 P_k 를 중심으로 하여 양쪽으로 n 간격만큼 떨어진 두 점을 각각 P_{k-n} , P_{k+n} 로 한다. 벡터 $\overrightarrow{P_k P_{k-n}}$ 와 벡터 $\overrightarrow{P_k P_{k+n}}$ 가 이루는 곡률 상수 $C_n(P_k)$ 는 식 (1)과 같다[1,5]. 계산된 $C_n(P_k)$ 가 임계치 이상인 점들을 손가락 끝점의 후보로 둔다[5]. 여기서 k 는 손가락 끝점 후보의 번호이다.

$$C_n(P_k) = \left[\frac{\overrightarrow{P_k P_{k-n}} \cdot \overrightarrow{P_k P_{k+n}}}{\| \overrightarrow{P_k P_{k-n}} \| \| \overrightarrow{P_k P_{k+n}} \|} \right] \quad (1)$$

곡률만을 고려하여 선택한 후보 집합에는 손가락 사이의 계곡(valley) 부분도 포함되어 있다. 손가락 끝점은 손 영역의 중심점에서 손가락 끝으로 나아가는 방향성을 가지기 때문에 이를 이용하여 계곡 부분을 제거할 수 있다[10]. 즉, 두 벡터 $\overrightarrow{P_k P_{k-n}}$ 와 $\overrightarrow{P_k P_{k+n}}$ 의 외적을 구하고 방향성을 보고 중심으로부터 밖으로 나아가는 방향성이 아닌 경우 계곡 부분으로 판단하여 제거한다. 곡률과 방향성을 고려하여 찾은 각각 손가락 끝점의 후보들 중에서 중간 위치의 점을 해당 손가락의 끝점으로 결정한다. 그림 5(a)는 곡률을 계산해서 손가락 끝점의 후보를 찾은 결과이다. 여기서는 손가락 사이의 계곡 부분도 곡률 임계치 범위에 포함되어 검출되었다. 그림 5(b)는 벡터 외적을 이용하여 계곡부분을 제거한 후 손가락 끝점의 후보만 찾고, 각 영역의 중심점을 최종적인 손가락 끝점으로 판단한 결과이다.



(a) 손가락 끝의 후보 (b) 손가락 끝점 결정
그림 5 손가락 끝점 검출 결과

3.3 손가락 끝점의 깊이 정보

윈도우 움직임을 3차원적으로 제어하기 위해서는 손의 3차원 정보가 필요하다. 손가락 끝점들의 3차원 정보는 스테레오 영상을 이용해서 계산하였다. 블록 정합(block matching) 방법을 이용하여 손가락 끝점과 손 중심점의 대응점을 각각 찾고 x 좌표의 변이(disparity)

를 구한다. 그리고 식 (2)를 이용해서 손가락 끝점과 손 영역의 중심점에 대한 깊이 z 를 구하였다.

$$z = \frac{B \cdot f}{d} \quad (2)$$

여기서 B 는 두 개의 카메라 간의 거리인 기선 (baseline)이고 f 는 카메라 렌즈의 초점거리이다. B 와 f 는 카메라보정 단계에서 구할 수 있다. 획득된 손가락 끝점의 3차원 정보는 손의 동작을 결정하기 위해 사용된다.

정확하고 안정적인 3차원 정보를 계산하기 위해서는 식 (2) 이외에 추가적인 방법이 필요하나 본 연구에서는 윈도우의 정밀 제어가 아닌 편리한 사용자 인터페이스를 목적으로 하고 있어 식 (2)만을 이용하여 손의 3차원 정보를 계산한다.

4. 손을 이용한 인터페이스

윈도우를 제어하기 위하여 선택과 해제, 이동, 회전, 숨기기, 생성, 소멸 등의 동작들을 제안한다. 제안하는 방법들은 초보자들도 쉽고 친숙하게 사용할 수 있도록 하기 위하여 물건을 다룰 때의 일반적인 동작들을 응용하였다. 첫 번째로 선택과 해제 동작은 마우스 클릭 동작을 응용했다. 선택 동작은 손이 고정된 상태에서 손가락만 손바닥 방향으로 누르듯이 이동하는 움직임이므로, 해제 동작은 손등 방향으로 올리듯이 이동하는 움직임으로 정의한다. 두 번째로 이동은 손가락 하나를 사용하여 윈도우를 선택하고 손가락 끝점을 움직이는 동작으로 정의한다. 세 번째로 회전은 손가락으로 작은 원탁을 회전시키는 동작을 응용하였다. 따라서 윈도우 하단에 손가락을 두고 좌우로 이동하는 동작을 회전으로 정의한다. 즉, 윈도우가 원탁에 올려져있어 원탁을 회전시킴으로써 물체가 돌아가는 것처럼 구성하였다. 네 번째로 숨기기는 물체를 던지는 동작을 응용한 것으로, 물체를 선택한 후 손가락을 빠르게 이동하는 동작으로 정의한다. 마지막으로 생성 및 소멸은 다섯 손가락 모두 쥐었다가 펴는 동작으로 정의한다.

4.1 선택과 해제

손을 이용한 윈도우를 선택 및 해제하는 동작은 손가락 끝점이 z 축에 대한 이동량과 방향성을 고려하여 판단한다.

먼저, 손가락 끝점이 일정량 이상으로 움직였을 때만 선택과 해제로 결정이 되도록 손가락 끝점과 손 중심점의 xy 평면과 깊이 방향에 대한 이동 비율을 이용한다. 식 (3)을 이용하여 손가락 끝점과 손 중심점이 xy 평면에서 이동한 변화량과 z 축으로 이동한 변화량의 비율 $\Delta m(s)$ 를 계산한다. 임의의 시간 s 에 손가락 끝점과 손 중심점의 2차원 좌표는 각각 $p^f(s) = (x^f(s), y^f(s))$,

$p^h(s) = (x^h(s), y^h(s))$ 로 표현한다.

$$|\Delta m(s)| = \left| \frac{p^f(s) - p^f(s-1)}{p^h(s) - p^h(s-1)} \right| \quad (3)$$

식 (4)와 식 (5)는 각각 손가락 끝점과 손 중심점의 z 축에 대한 현재와 이전 상태의 변화량을 나타낸다.

$$\Delta z^f(s) = z^f(s) - z^f(s-1) \quad (4)$$

$$\Delta z^h(s) = z^h(s) - z^h(s-1) \quad (5)$$

식 (6)은 손가락 끝점과 손 중심점의 변화량을 비율로 나타낸 것이다. 여기서 손 중심점의 이동은 방향성을 고려하지 않기 위해서 절대 값을 취하였다.

$$\Delta z(s) = \frac{\Delta z^f(s)}{|\Delta z^h(s)|} \quad (6)$$

xy 평면에서 이동량 보다 z 축에 대한 이동량이 많을 경우 선택이나 해제 동작으로 인식되도록 하기 위해서 $\Delta m(s)$ 와 $\Delta z(s)$ 의 절대 값의 비율을 사용한다. xy 평면에서의 변화량과 z 축 변화량의 비율이 임계치 T_z 보다 작을 경우 선택 또는 해제 동작으로 판단한다. T_z 는 실험적으로 결정하였다.

$$\frac{\Delta m(s)}{|\Delta z(s)|} < T_z \quad (7)$$

손가락 끝점의 이동량을 사용하여 선택 및 해제 동작으로 결정한 후, 손가락 끝점이 움직이는 방향을 고려하여 선택 혹은 해제 동작으로 최종 결정한다. 손가락으로 누르는 동작을 취할 때 이전 위치 보다 현재 위치가 더 깊어진다. z 축으로의 변화량 비율은 0보다 클 때 선택 동작이 된다. 반대로 손가락 끝점이 선택 동작 위치에서 원래의 위치로 돌아 왔을 때 변화량 비율이 0보다 작을 때 해제 동작으로 판단한다. 즉, 선택 동작은 $\Delta z(s)$ 가 양의 값인 경우이고, 해제 동작은 $\Delta z(s)$ 가 음의 값인 경우이다. 그림 6은 이전과 현재 상태에서 손가락 끝점의 선택과 해제 동작을 나타내는 그림이다.

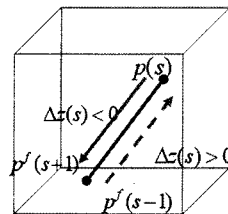


그림 6 선택과 해제에 대한 손가락 끝점의 이동

4.2 이동 및 회전

선택 동작을 취한 후부터는 이동 동작으로 판단한다. 윈도우의 3차원 좌표 값과 손가락 끝점의 3차원 좌표 값을 일치시켜 윈도우가 손가락 끝을 따라 다니도록 한다. 이동이 완료된 후에는 해제 동작을 취함으로써 고정

시킬 수 있다. 이동 동작을 부가적으로 윈도우의 크기를 조절할 때 사용할 수 있다. 즉, 손을 몸 쪽으로 이동시켜 윈도우를 크게 하고, 몸 바깥쪽으로 이동시켜 물체를 작게 할 수 있다.

손가락이 윈도우 하단의 일정 영역 내에 들어왔을 때 회전 동작으로 판단한다. 회전량은 단위 프레임 간 손가락 끝점의 이동 변화량으로 결정한다. 즉, 손가락 끝점이 x 축 변화량 $\Delta x^f(s)$ 에 따라 윈도우를 회전시킨다. 식 (9)는 현재와 이전 상태의 x 축에 대한 손가락 끝점의 변화량을 나타낸다.

$$\Delta x^f(s) = x^f(s) - x^f(s-1) \quad (9)$$

4.3 숨기기

숨기기 동작은 손가락 끝점의 변화량에 따라서 결정되며 선택된 윈도우를 사라지게 하는 것이다. x 축으로 빠르게 손을 움직이면 윈도우가 사라지도록 하였다. 식 (9)에서 계산한 x 축에서의 손가락 끝점의 변화량이 임계치 이상으로 손가락 끝을 움직이면 숨기기 동작이 된다.

4.4 생성 및 소멸

생성과 소멸은 손가락 끝점의 개수를 사용한다. 손가락의 개수는 3.2절에서 손가락 끝점을 검출할 때 알 수 있다. 주먹을 쥔 상태에서 손가락 다섯 개를 모두 폼 때 생성 및 소멸 동작이 된다. 생성 및 소멸은 서로 반대관계이기 때문에 하나의 손동작으로 생성 및 소멸 동작임을 파악한 후 현재 상태의 반대 상태로 결정한다.

5. 응용

5.1 3D 스트림

본 논문에서는 손을 이용한 인터페이스를 활용하여 윈도우를 효율적으로 관리할 수 있는 3D 스트림을 제안한다. 3D 스트림은 3차원 공간에서 다수의 윈도우를 효율적으로 제어하기 위한 윈도우 집합체로써 일정한 간격으로 배치된 윈도우가 정면을 바라보면서 회전할 수 있도록 구성하였다. 그림 7에서 제안하는 3D 스트림 보였다.

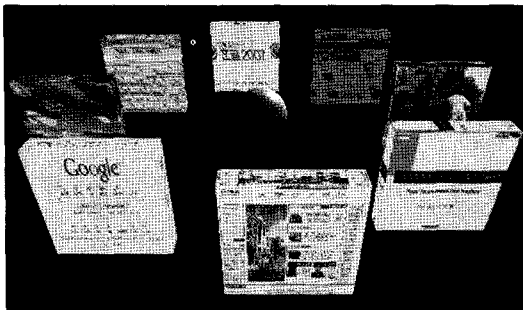


그림 7 3D 스트림

5.2 응용 프로그램 제어

3D 스트림을 제어하는 방법은 다음과 같다. 우선 화면에 아무것도 없는 초기 상태에서 생성 동작을 취하여 하나의 3D 스트림을 생성한다. 3D 스트림이 생성된 후 본 논문에서 제안하는 선택과 해제, 이동, 회전, 숨기기 등의 방법을 사용하여 3D 스트림과 스트림 내부의 윈도우들을 다양하게 제어할 수 있다. 3D 스트림은 중심부에 위치한 구를 중심으로 동작하기 때문에 구에 대한 선택과 이동 동작을 통해 전체 3D 스트림을 이동시킬 수 있다. 또한 3D 스트림 하단에 손가락을 위치시켜 3D 스트림을 회전시킬 수 있다.

3D 스트림 내부의 윈도우들은 이동 동작을 이용하여 3D 스트림 외부로 빼낸 후 제어할 수 있다. 윈도우를 빼내고자 할 때는 먼저 3D 스트림을 회전시켜 해당 윈도우를 중앙 하단부로 위치시킨다. 그 다음 해당 윈도우에 대한 선택과 이동 동작을 이용하여 3D 스트림 외부로 이동시키면 된다. 선택된 윈도우는 이동, 회전, 크기 변화 등의 제어가 가능하며 3D 스트림 외부에 있는 윈도우를 다시 스트림에 삽입할 수 있다. 또한, 왼쪽이나 오른쪽으로 손을 빠르게 움직이는 숨기기 동작을 취하여 선택된 윈도우를 없앨 수 있다. 마지막으로 스트림 숨기기 동작을 취하게 되면 스트림 외부의 윈도우는 남고 스트림만 사라지게 된다. 그림 8은 3D 스트림의 전체적인 동작을 보여주는 흐름도이다.

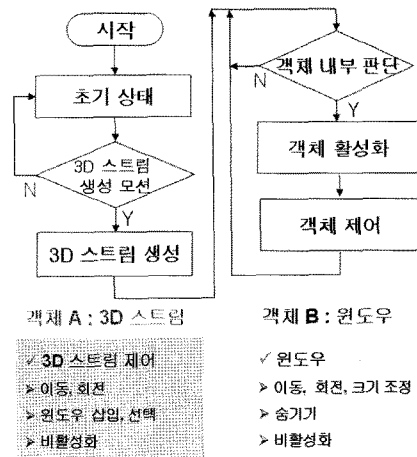


그림 8 3D 스트림 흐름도

6. 실험

6.1 실험 환경

사용자가 화면에 나타난 윈도우를 보면서 제어할 수 있도록 하기 위해서 사용자 뒤쪽에 카메라를 설치하였고 카메라 하단에 빔 프로젝트를 설치하였다. 그리고 손 검



그림 9 실험 환경

출시 빛에 대한 영향 때문에 빔 프로젝트의 빛이 손에 닿지 않도록 카메라와 프로젝트 간격을 적절히 조절하였다. 이러한 구성은 컴퓨터 화면을 보고 윈도우를 선택하는 것이 아니라 사용자가 자신의 손을 보면서 제어할 수 있으므로 훨씬 직관적으로 보일 수 있다. 실험 환경은 그림 9와 같다. 본 연구에서는 VIDERE STH-MDCS2 스테레오 카메라를 사용하였다. 그리고 손의 끝점에 대한 정보를 추출하기 위해서 OpenCV 라이브러리를 사용하였고, 3D 렌더링(rendering)을 위해서 OpenGL 라이브러리를 사용하였다.

6.2 실험 결과

제안하는 인터페이스를 이용해서 3D 스트림을 제어하였다. 우선 초기에 아무것도 없을 때 주먹을 쥐었다가 펴면 3D 스트림이 생성된다. 그림 10은 3D 스트림 생성 동작을 보여준다. 3D 스트림 숨기기 동작은 생성과 같은 동작을 한 번 더 취하면 사라진다. 그림 11은 3D 스트림 숨기기 동작을 보여준다.



그림 10 3D 스트림 생성



그림 11 3D 스트림 숨기기

3D 스트림의 하단에서 손가락을 좌우로 움직이면 세로축을 기준으로 각각 시계, 반시계 방향으로 회전한다. 그림 12는 스트림을 왼쪽에서 오른쪽으로 손가락을 움직여서 반시계 방향으로 회전시키는 장면을 보여주고 있다. 그림 13(a)는 선택하고자 하는 윈도우를 제일 앞쪽에

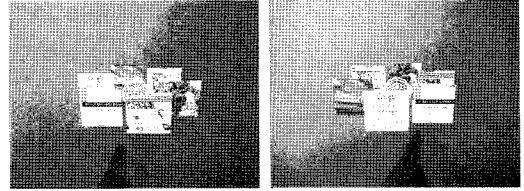
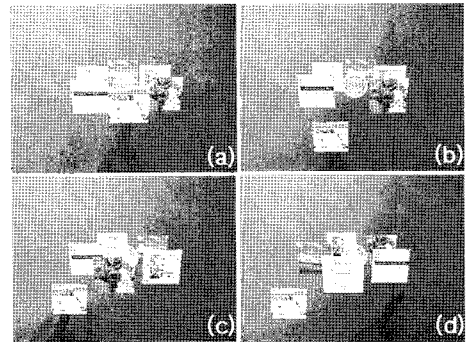


그림 12. 3D 스트림을 회전시키는 동작 (3D 스트림을 반시계 방향으로 회전)

위치하도록 회전시키고 선택한 것이다. 그림 13(b)는 선택된 윈도우가 손의 끝점을 따라 이동하는 것을 보여주고 있고 그림 13(c)는 윈도우를 원하는 위치에 옮기고 해제 동작을 취해서 윈도우가 손에서 떨어지게 하는 것이다. 또한 하나의 윈도우를 선택해서 원하는 곳에 두면 3D 스트림에 포함된 나머지 윈도우들은 자동으로 일정한 간격을 유지하며 배치되는 것을 확인할 수 있다.

그림 13(d)는 분리된 윈도우가 제외된 3D 스트림을 독립적으로 회전시키는 동작을 보여준다.

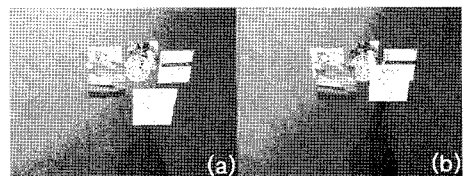
그림 14는 선택된 윈도우를 이동시켜서 다시 스트림에 삽입하는 동작을 보여준다. 윈도우를 3D 스트림의 중심과 일정한 거리를 유지하는 윈도우들 가까이 가져간 후 해제 동작을 취하면 자동으로 배치됨을 확인할 수 있다. 그림 14(a)는 3D 스트림 외부의 윈도우를 내



(a) 윈도우 선택 (b) 윈도우 꺼내기

(c) 원하는 곳으로 이동 (d) 3D 스트림 회전

그림 13 3D 스트림 내부에서 윈도우 제어하는 동작



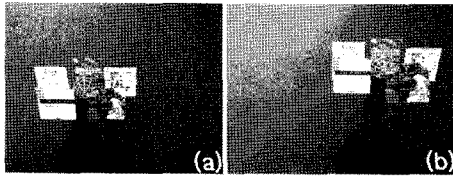
(a) 윈도우를 3D 스트림 가까이 이동

(b) 윈도우를 3D 스트림에 삽입

그림 14 윈도우를 스트림으로 삽입하는 장면

부로 가져갈 때 공간을 만들어 주고 있으며 그림 14(b)는 윈도우를 3D 스트립에 삽입 완료한 것을 보여준다.

그림 15는 손가락 끝을 3D 스트립 중심에 있는 구에 가져다 놓고 선택 동작을 취했을 때 손가락 끝점을 따라 이동하는 것을 보여준다. 이 때 3D 스트립의 선택 유무에 따라 구의 색만이 바뀐다. 선택이 되었을 때와 선택 해제가 되었을 때 색을 바꿔서 사용자가 스트립의 이동 가능한 상태를 쉽게 알 수 있도록 하였다.



(a) 3D 스트립 선택 (b) 선택된 스트립 이동
그림 15 3D 스트립의 이동

그림 16은 윈도우를 버리는 결과를 보여준다. 원하는 윈도우를 선택하고 우측 방향으로 손을 빠르게 움직였을 때 윈도우가 사라지는 것을 보여준다.

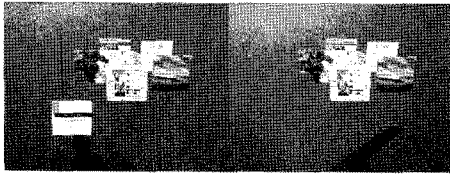


그림 16 윈도우 버리기 동작

그림 17은 여러 개의 윈도우를 3D 스트립 외부에 두고 작업하는 모습이다. 하나의 윈도우를 선택해서 원하는 곳에 둔 후 다른 윈도우를 선택해서 독립적인 작업이 가능함을 확인할 수 있다.

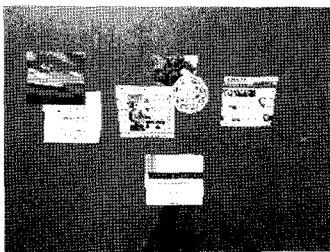


그림 17 여러 개의 윈도우 선택 제어

7. 결론

본 논문에서는 손을 이용한 시각적 접촉 기반의 사용자 인터페이스를 제안하였다. 제안하는 인터페이스는 일상생활에서 물체를 다루는 동작과 유사한 손동작을 활

용하였다. 손의 동작은 손가락 끝점과 손 중심점의 3차원 정보를 활용하여 결정하였고, 여러 개의 윈도우를 선택하고 관리할 수 있는 응용 프로그램에 제안하는 인터페이스를 적용시켜 실제 사용 가능함을 검증하였다. 제안하는 방법은 여러 개의 제스처를 필요로 하는 방식보다 쉽고 효율적으로 제어할 수 있었고, 3차원 공간에서 손의 깊이 정보를 활용함으로써 터치스크린 방식의 2차원적 제어에 대한 공간적인 제약을 극복하였다.

그리고 여러 개의 윈도우를 시각적으로 보기 쉽게 다룰 수 있으므로 기존의 윈도우 환경도 바로 도입 가능할 뿐만 아니라 편리하게 사용할 수 있다. 또한 여러 개의 물체나 멀티미디어 개체를 제어하는 테이블 탑(table top)에도 적용가능하다.

향후, 제안 방법에 대해서 깊이 정보 계산 시 정확도와 해상도(resolution)에 대한 정량적인 분석을 통해서 성능을 평가하고자 한다. 성능 향상을 위하여, 빛과 카메라 위치 변화에 강인한 알고리즘에 대한 추가적인 연구를 진행하고, 여러 개의 손가락으로 윈도우를 다양하게 제어할 수 있도록 확장하고자 한다. 또한 여러 개의 손가락으로 윈도우를 다양하게 제어할 수 있도록 확장하고자 한다. 그리고 다양한 연령대의 사용자를 대상으로 인터페이스를 사용하는 실험을 통하여 제안하는 방법의 효율성을 검증하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 승익, 정중우, 서영란, "테이블탑 기기와 인터랙티브 벽면 디스플레이의 기술 동향과 응용", 정보과학회지, 26권 제3호 통권 제226호, pp. 5-14, 2008.
- [2] Q. Chen, N.D Georganas, and E.M. Petriu, "Real-time Vision-based Hand Gesture Recognition Using Haar-like Features," Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, IEEE, pp. 1-6, 2007.
- [3] R. Almeida and P. Cubaud, "Supporting 3D Window Manipulation with a Yawing Mouse," Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer, Oslo, Norway, pp. 477-480, 2006.
- [4] A.A. Argyros and M. I. A. Lourakis, "Real-time tracking of multiple skin-colored objects with a possibly moving camera," European Conference on Computer Vision, Vol.3, pp. 368-379, 2004.
- [5] R. Sharma, T. Darrell, M. P. Harper, G. Lazzari, and M. Turk, "Visual touchpad: a two-handed gestural input device," Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces, pp. 13-15, 2004.
- [6] A. Licsara and T. Szirányia, "User-adaptive hand gesture recognition system with interactive training," Image and Vision Computing, Vol.23, Issue 12, pp. 1102-1114, 2005.

- [7] F. Dadgostar and A. Sarrafzadeh, "An adaptive-real-time skin detector based on Hue thresholding: A comparison on two motion tracking methods," Pattern Recognition Letters, Vol.27, Issue 12, pp. 1342-1352, 2006.
- [8] G. Borgefors, Distance transformations in digital images, Computer Vision, Graphics and Image Processing, Academic Press Professional, Inc, 1986.
- [9] A.A. Argyros and M. I. A. Lourakis, "Vision-based interpretation of hand gestures for remote control of a computer mouse," Computer Vision in Human-Computer Interaction, pp. 40-51, 2006.
- [10] T. Lee and T. Hollerer, "Handy AR : Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking," 11th IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp. 11-13, 2007.

신대학원장. 1981년~현재 한양대학교 컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 멀티미디어정보검색, 컴퓨터 비전, e-Learning, Intelligent Tutoring System(ITS) 등



김진우

2007년 영남대학교 전자공학부 졸업(학사). 2009년 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 졸업(석사). 관심분야는 증강현실, 컴퓨터비전, 자동차 IT 멀티미디어 융합 기술 등



정경부

2004년 금오공과대학교 전자공학부 졸업(학사). 2006년 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 졸업(석사). 2006년~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정 관심분야는 증강현실, 3차원 재구성, 컴퓨터 비전, 인공지능 등



정승도

1999년 한양대학교 전자·전자통신·전파공학과 졸업(학사). 2001년 한양대학교 전자통신전파공학과 졸업(석사). 2007년 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 졸업(박사). 2007년~2008년 한양대학교 BK21 사업단 과학기술분야 POST-DOC. 2008년~현재 한양대학교 전기정보통신기술연구소 전임연구원 관심분야는 멀티미디어정보검색, 증강현실, 텐서 기반 응용 등



최병욱

한양대학교 전자공학과 졸업(학사). 일본 게이오대학교 전기공학과 졸업(석사, 박사). 1980년~1981년 일본 KDD 위촉연구원. 1981년 일본 주식회사 리코 촉탁연구원. 1999년~2002년 대한전자공학회 상임이사. 1995년~2004년 한양대학교 정보통신원장, 사무처장, 총부처장, 정보통신대학장/정보통신