
부풀어지는 마우스: 기압센서를 이용한 입력과 햅틱 피드백을 갖는 부피가 변하는 마우스



Inflatable Mouse: Volume-adjustable Mouse with Air-pressure-sensitive Input and Haptic Feedback



김석태, Seoktae Kim*, 이보람, Boram Lee**, 김현정, Hyunjung Kim**,
남택진, Tek-Jin Nam***, 이우훈, Woohun Lee***



요약 "부풀어지는 마우스"는 부피가 변하는 유저 인터페이스 기기이다. 이 마우스는 우리가 흔히 사용하는 마우스의 부피만큼 부풀어지는 것뿐만 아니라, 사용하지 않을 때에는 납작하게 줄어들어 노트북 컴퓨터의 PC 카드 슬롯에 보관될 수 있다. 이 기기는 일반 마우스와 동일하게 사용 가능할 뿐만 아니라 마우스 풍선 안의 기압을 측정함으로써 새로운 인터랙션을 제공해 주고 있다. 또한 이 기기는 기존에 압력 센싱 인터랙션이 갖고 있는 한계점인 양방향 제어와 효율적인 피드백의 부재를 해결하고 있다. 나아가 제어 수단뿐만 아니라 표현의 수단으로도 활용 가능하다. 본 논문에서는 부풀어지는 마우스의 프로토타입 디자인에 대해서 설명하고 압력제어를 통해 줌인과 같은 응용 가능한 시나리오를 소개하고자 한다. 또한, 감성 및 커뮤니케이션 도구로의 활용 가능성도 기대 할 수 있다.



Abstract Inflatable Mouse is a volume-adjustable user interface. It can be inflated up to the volume of a familiar mouse, but be deflated and stored flat in a PC card slot of a laptop computer when not in use. Inflatable Mouse functions just like a typical mouse; moreover, it provides new interaction techniques by sensing the air pressure in the balloon of the mouse. It also addresses some issues associated with pressure-sensing interactions such as the lack of bi-directional control and the lack of effective feedback. Moreover, it can be used as both a control tool and a display tool. In this paper, the design of an Inflatable Mouse prototype is described and potential application scenarios such as zooming in/out and fast scrolling using pressure control are explained. We also discuss the potential use of Inflatable Mouse as an emotional communication tool.



핵심어: *Input devices, inflatable user interface, touch/pressure-sensitive interaction, haptic feedback*



본 논문은 BK21 프로젝트의 지원에 의하여 연구되었음

*주저자(교신저자) : 한국과학기술원 산업디자인학과; e-mail: seoktaekim@kaist.ac.kr

**공동저자 : 한국과학기술원 산업디자인학과

***공동저자 : 한국과학기술원 산업디자인학과 교수

1. 서론

1.1 휴대성이 높은 포인팅 기기에 대한 니즈

컴퓨터 사용자에게 포인팅 디바이스는 없어서는 안 되는 중요한 요소이다. 노트북 컴퓨터 사용자의 증가로 인해 높은 휴대성과 효율을 지닌 포인팅 기기에 대한 니즈 또한 증가하고 있다. 현재 노트북에 많이 쓰이는 터치패드나 트랙포인트가 이를 지원해 주지만 더 나은 기기 사용의 효율을 위해서 많은 사람들이 마우스를 휴대하여 사용하는 것을 선호하고 있다.

휴대성 향상을 위하여 Newton Peripherals 사의 MoGo Mouse BT™와 DaoKorea의 Slim G4 Mouse가 개발되었다(그림 1). 이 두 마우스는 5mm의 두께로 PC 카드 슬롯에 내장이 가능하다. 많은 사용자에게 마우스를 깔끔하게 들고 다닐 수 있다는 점이 충분한 매력으로 작용하였지만 얇은 두께 때문에 파지성이 떨어진다는 지적이 있다.



그림 1. Newton Peripherals의 MoGo Mouse BT™(좌)와 DaoKorea의 Slim G4 Mouse(우).

1.2 부풀어지는 마우스 (Inflatable Mouse)

위와 같이 사용성과 휴대성의 상충관계 해결을 위해서 본 논문에서는 풍선처럼 팽창하고 수축하는 구조를 갖는 새로운 마우스를 제안한다(그림 2). 풍선은 납작한 형태를 취할 수도 있고 주입되는 공기의 양에 따라 잡기 편한 형태를 취할 수도 있다. 전자의 경우 더 나은 휴대성을 제공하며 후자의 경우 더 나은 사용성을 제공해 준다. 그래서 부풀어지는 마우스는 좋은 포인팅 효율을 제공할 뿐만 아니라 충분한 휴대성도 제공해 줄 수 있다.

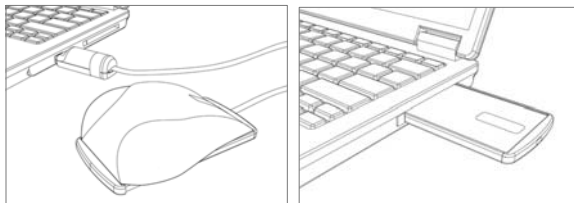


그림 2. 부풀어지는 마우스(Inflatable Mouse)의 컨셉

풍선과 같은 부풀어지는 마우스는 사용자의 손가락과 손바닥에 의해서 형태가 변형이 될 수 있다. 형태가 변하면서 생긴 압력의 변화는 사용자에게 햅틱 피드백을 자연적으로

제공해 주고 이 압력값은 컴퓨터에 입력 신호로 전환될 수 있다. 이를 활용하면 우리는 부풀어지는 마우스에 압력 기반의 인터랙션 방식들을 적용해 볼 수 있다.



2. 부풀어지는 마우스의 주요 특징

높은 휴대성과 함께 자유로운 형태 가능

풍선은 공기의 주입과 방출을 통하여 얇은 형태와 인체공학적인 마우스와 유사한 부피의 형태를 취할 수 있다. 얇아졌을 때는 좋은 휴대성을 갖게 된다. 더욱이, 공기를 내포하는 용기의 형태에 따라서 다양한 형태를 갖을 수 있다.

연속적인 파라미터 제어

만약 풍선 안의 기압을 측정할 수 있다면 풍선을 누르는 행위가 압력 센서를 누르는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.

수동적인 햅틱 피드백 제공

부풀어지는 마우스는 형태적으로 변형을 통해 햅틱 피드백을 제공하고 또한 풍선을 눌렀을 때 풍선 표면으로부터 반작용을 느낄 수도 있다.

양방향 입력 제공

기존의 압력 기반의 입력 장치들은 오직 반쪽 방향의 입력만을 제공하였다. 예를 들어, 펜 끝에 압력 센서를 부착하고 있는 태블릿 스타일러스 펜의 경우, 사용자는 태블릿 면에 대고 누를 때 입력이 가능하지만, 그 반대되는 경우의 입력은 불가능하다. 부풀어지는 마우스는 마우스의 위를 누를 때와 양 옆을 움켜쥐는 두 가지 압력 입력 방식을 통하여 기존 압력 기반 인터랙션의 한계를 극복하였다.

표현 수단으로 활용 가능

부풀어지는 마우스는 입력장치 뿐만 아니라 출력장치로도 활용 가능하다. 만약 공기의 주입, 방출의 템포를 조절할 수 있다면 다양한 형태의 표현을 제공할 수 있다. 이는 표현과 제어를 조화롭게 결합시키면서 탠저블 유저 인터페이스 기기가 제공할 수 있는 다양한 이득을 얻을 수 있다[6].

3. 구현

그림 3은 부풀어지는 마우스의 구조를 보여주고 있다. 이 마우스는 공기 호스를 통하여 공기 펌프와 연결 된다. 공기 펌프는 USB 포트를 통해 전원을 공급받으며, 공기를 양 방향으로 밀고 당길 수 있다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 부풀어지는 마우스는 움푹걸 마우스 모듈, 좌우 클릭 버튼, 터치스크롤 휠, 기압 센서가 내장된 풍선, 그리고 손의 위치를 추적하는 4개의 터치 센서로 구성되어 있다.



그림 3. 부풀어지는 마우스의 구조와 프로토타입

PC 카드 슬롯에 보관이 되기 위해서는 마우스를 최소화시켰을 때 그 크기가 $54 \times 86 \times 5\text{mm}$ 이어야 한다. 그래서 우리는 Slim G4 마우스 (DaoKorea Co, Ltd)를 기본 플랫폼으로 사용하였다. 부풀어지는 마우스의 아래쪽 부분을 당기면 전원 스위치와 같이 작동하여 마우스의 전원이 켜지게 된다. 이는 또한 풍선이 부풀 수 있도록 확장된 공간이 생기게 되며, 에어 펌프는 마우스에 공기를 주입하기 시작한다. 이때 사용되는 에어 펌프는 DC miniature vane pump (Schwarzer Precision)가 사용되었으며, 이것을 USB커넥터와 연결하여 결합하였다. 풍선의 위쪽에는 신축성 있는 천을 씌워 사용하지 않을 때 안쪽이 보이지 않도록 해준다. 또한 천 커버는 마우스가 유기적인 형태를 유지할 수 있도록 도와주며, 압력 센서는 마우스 아래쪽 프레임의 중간에 부착되어 풍선의 기압을 측정하게 된다. 압력 센서의 경우, Motorola의 MPXH6115A6T1CT를 사용하였다. 이 센서는 1024 level of pressure spanning 을 측정할 수 있다. 이 센서는 15 kPa에서 115 kPa 범위 내의 그 절대 압력값을 1024단계 값으로 전환하여 제공하고 있다. 그래서 이 마우스에게 제공할 수 있는 압력값은 1024보다 훨씬 줄게 된다.

마우스가 제공하는 압력의 최소값(마우스에 어떠한 압력을 가하지 않은 상태)은 104 kPa이다. 파일럿 테스트를 통해 얻은 이 마우스의 최대 압력값은 여성 사용자들을 고려하여 111kPa로 결정하였다. 파일럿 테스트는 남녀 대학생 각 2명에게 실시하였다. 이렇게 가용한 압력 범위가 압력 센

서가 제공할 수 있는 범위보다 훨씬 적게 된다. 즉, 1024개의 값 중에 실제로 사용하는 값은 단지 72개(860~931) 뿐이었다. 이렇게 적은 범위의 값을 효율적으로 사용하기 위하여 우리는 센서에서 제공하는 매 20개의 값을 평균내서 사용하였다. 이를 통해 0.1 단위의 압력값을 받을 수 있었으며 이 값에 10을 곱해 총 720개의 부드러운 압력값을 사용할 수 있었다.

커버와 풍선 사이에는 터치를 감지하는 패드가 부착이 된다. 이 패드는 전하이동(Charge-transfer) 정전용량 터치 센서에 연결되어 있으며 그림 3과 같이 마우스의 윗면과 옆면에 부착된다. 이 센서는 손바닥으로 마우스의 윗면을 누르는지 아니면 엄지와 새끼 혹은 약지 손가락으로 마우스의 옆면을 누르는지를 감지한다. 추가적으로 터치스크롤 근처의 마우스 프레임에 패드를 하나 더 붙여 검지나 중지 손가락을 터치를 감지할 수 있도록 하였다. 이 터치 센서는 누르는 것이 아니라 오직 터치하는 것을 감지하는데만 사용된다. 이 터치센서의 위치는 Cechanowicz 등의 연구 결과를 바탕으로 하였다[1].

4. 응용 시나리오

4.1 부풀어지는 마우스를 이용한 네비게이션

부풀어지는 마우스는 문서나 웹페이지를 탐색할 때 유용하게 사용될 것으로 예상된다. 예를 들어, 지도나 문서에서 사용자는 마우스의 양쪽을 움켜잡는 동작을 통해 줌 기능을 사용할 수 있다(그림 4a). 이때 누르는 압력에 따라 줌의 정도를 조절할 수 있다. 누르고 있는 상태에서 현재의 줌 상태를 유지하고 싶으면 스크롤 근처의 마우스 프레임 부분을 터치하게 되면 된다(그림 4c). 이 때 손을 놓아도 마우스는 원래의 형태로 돌아가겠지만 화면의 줌 상태는 계속 유지하게 된다. 이 때 사용자가 다시 줌 인이나 줌 아웃을 하려고 한다면, 전과 동일한 동작을 통해 가능하다(그림 4a, 그림 4b). 이 방법을 통해 세밀한 줌 인아웃이 가능하다. 마우스에 압력을 가하면서 마우스 프레임을 터치하면 줌의 새로운 기준점이 생기며, 이 기준점을 바탕으로 사용자는 더 세밀하게 줌 인아웃을 조절할 수 있게 된다.



그림 4. (a) 마우스의 양 옆을 움켜쥐어 줌인, (b) 마우스의 윗면 눌러 줌아웃, (c) 줌 실행 시 마우스 프레임을 터치하여 손을 놓아도 현재의 줌 상태 유지

또한 사용자는 스크롤 하는 도중에 마우스를 누르거나 움켜쥐는 동작을 통하여 스크롤 속도를 조절 할 수 있다(그림

5a). 일반적인 마우스처럼 수직으로 스크롤하는 것뿐만 아니라 수평으로 스크롤 하는 것도 가능하다(그림 5b). 만약 사용자가 이전 페이지나 이미지로 빠르게 이동하길 원한다면, 사용자는 오른쪽이나 왼쪽 옆면을 누르면 되고, 누르는 압력에 따라 속도 또한 조절 할 수 있다. 또한 그래픽 툴에서 브러시 사용 시 사용자가 왼쪽 버튼을 클릭하고 양 옆을 움켜잡게 되면, 브러시의 두께도 조절 할 수 있다. 오른쪽 버튼을 클릭한 후 생기는 팝업 메뉴에서 사용자는 마우스를 움직일 필요 없이 마우스의 위를 누름으로써 원하는 메뉴를 선택할 수도 있다(그림 5c).



그림 5. (a) 스크롤 속도 조절, (b) 수평 스크롤, (c) 우클릭 후 압력으로 팝업 메뉴 선택

4.2 감성 및 커뮤니케이션 도구로의 활용

부풀어지는 마우스의 특징 중 하나는 마우스를 입력뿐만 아니라 출력 기기로서 사용할 수 있다는 점이다. 비록 현재는 부풀고 줄어드는 동작만 가능하지만, 그 템포나 강도를 변화 시킨다면, 출력 기기로서의 다양한 활용이 예상된다. 예를 들어, 부풀고 줄어드는 것의 템포 변화를 통해 심장 박동을 표현하여 게임 등을 할 때 촉각적으로 긴장감을 표현할 수 있으며 (그림 6a) 다른 사용자와 간접적인 메시지의 형태로 커뮤니케이션을 할 수도 있을 것이다.

또한 프로그램의 에러나 시스템의 경고 등을 스크린을 통해 표현하는 것이 아니라 마우스의 부피를 갑자기 줄어들도록 하여 에러를 사용자에게 알려 줄 수도 있다(그림 6b). 또한 마우스를 사용하고 있지 않을 때에는 마우스가 잠을 자고 있는 것처럼 시각적으로 표현할 수도 있다(그림 6c).

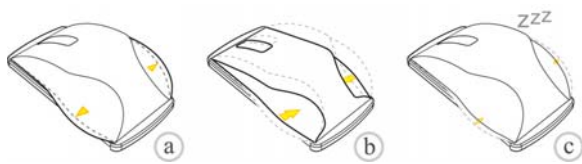


그림 6. (a) 햅틱 표현으로 심장 박동 표현, (b) 갑작스런 마우스의 수축으로 시스템 경고 및 에러 표현, (c) 미사용시 잠자는 것처럼 표현

5. 사용자 평가

본 논문에서 제안한 부풀어지는 마우스에 대한 사용자의 피드백을 수집하기 위하여 20명의 대학생을 대상으로 줌인/아웃 태스크를 수행하는 실험을 실시하였다. 실험은 두 가지의 태스크를 수행하도록 하고, 태스크 수행 후 사용자의 의견을 수집하는 방식으로 진행되었다. 실험에 이용한 두 가

지 태스크는 스크린 밖의 타깃을 줌 아웃을 통해 선택하는 것, 그리고 화면 안쪽의 작은 타깃을 줌인을 통해 선택하는 것으로 이루어졌다.

실험 결과, 많은 사용자들이 부풀어지는 마우스와 부풀고 줄어드는 인터랙션 방식에 대해서 흥미를 나타냈다. 또한 납작해 질 수 있는 형태로 인하여 휴대성이 용이할 것이라고 응답하였으며, 사용시에는 마우스가 부풀어 오르기 때문에 손에 쥐고 사용하기에도 편리할 것이라고 응답하였다.

성능 면에서 사용자들은 일반 마우스의 월과 비교하였을 때 부풀어지는 마우스의 성능이 크게 개선되었다고 느끼지는 못하였지만, 사용자들이 부풀어지는 마우스에 익숙해진다면, 한번에 그들이 원하는 정도로 줌 기능을 사용할 수 있기 때문에, 더 좋은 성능을 나타낼 수 있을 것이라고 대답하였다.

반면 몇 가지 문제점들도 지적 되었다. 높은 압력을 요구하는 태스크 수행의 경우, 사용자들은 마우스가 일정한 압력을 유지하도록 하는 것에 대해 피로감을 느꼈다. 마우스 내부 압력 역시 사용자가 마우스를 누르거나 움켜 쥔 채로 버튼을 클릭하게 되면 불안정하게 측정되었다. 이러한 불안정한 압력으로 인해 사용자가 타깃을 선택하는데 오류가 발생하였다. 이는 Cechanowiez 등[1]의 실험 결과에서 말하는 것과 같이 이유일 것이다. 마우스를 클릭할 때는 엄지와 같은 다른 손가락의 도움이 필요한데 엄지로 압력을 가할 때 클릭 시 엄지가 가하는 힘이 클릭하는데 방해로 주게 된다. 따라서 안정적이고 나은 성능을 위해서는 클릭과 누르는 동작(특히, 양옆을 누르는 동작)을 함께 사용되는 인터랙션 방식은 지양되어야 할 것이다.

사용자들의 피드백을 통해, 마우스의 옆쪽을 움켜쥐는 것이 위쪽을 누르는 것보다 덜 힘들다는 것을 알 수 있었다. 마우스의 옆쪽을 움켜잡는 것은 빠른 속도가 필요한 태스크에 사용될 수 있으며, 마우스의 위쪽을 누르는 것은 느린 상태로 마우스를 움직이는 것은 어렵기 때문에 움직임이 필요하지 않은 태스크에 사용하는 것이 적합할 것이다.

또한 Cechanowiez et al[1]의 결과와 마찬가지로, 사용자들이 엄지를 사용하여 마우스의 왼쪽을 누르는 것보다 새끼 혹은 약지 손가락을 사용하여 마우스의 오른쪽을 누르는 것에 더 어려움을 겪는 것을 확인 할 수 있었다. 특히 엄지손가락을 사용하지 않고 새끼 혹은 약지 손가락만으로 마우스의 오른쪽을 누르는 것은 거의 불가능하였다.

사용자 평가를 통해 몇 가지 기술적인 해결책이 필요하다는 것도 알 수 있었다. 사용자는 부풀어지는 마우스의 센서가 작동하도록 하기 위해 높은 압력을 가해야 하는 것에 대해서 피로감과 어려움을 나타냈는데, 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 마우스의 센서가 낮은 압력도 감지 할 수 있도

록 디자인을 변경되어야 한다. 이를 통해 사용자들에게 피로감을 줄이면서 효과적으로 작동하도록 할 수 있을 것이다.

6. 관련 연구

부풀어지는 마우스는 공기의 압력을 통해 연속적인 파라미터의 제어가 가능하기 때문에 다른 압력 기반 인터페이스 기기와 비교될 수 있다. 기존의 압력 기반 인터랙션 관련된 많은 연구들이 스타일러스 펜을 사용한 펜 기반의 컴퓨터 환경에 대해 주로 연구되어 왔다. Ramos 등[4]은 Pressure Widgets을 제안하면서 스타일러스의 연속적인 압력 센싱 능력을 사용한 디자인 스페이스에 대해서 연구하였다. 이 연구는 불연속적과 연속적인 입력값을 활용한 다양한 컨셉 디자인을 제시함으로써 압력을 이용한 입력의 가능성을 밝히고 있다. 그러나 이 결과는 주로 스타일러스 펜을 사용한 압력 기반의 입력에만 적용될 뿐 다른 기기에 연구는 이루어지지 않았다. 그 후 다른 연구자들이 이러한 인터랙션 방식을 마우스나 터치패드와 같은 다른 포인팅 기기에 적용해 보았다[1, 5].

Apple사의 MightyMouse™는 마우스의 양 옆을 움켜쥐는 동작을 통해 Mac OS X의 대쉬 보드나 사용자가 지정한 다른 기능들을 활성화할 수 있다[3]. Cechanowicz 등(2007)은 MightyMouse™의 압력센서는 연속적인 압력값을 지원하지 않는다는 점을 지적하였다[1]. 그들은 압력 센서 두 개를 마우스에 부착하여 센서의 최적의 제어 가능한 위치를 실험하고 양방향 입력 제공하는 새로운 인터랙션 방식을 제안하였다. 이 이전에 Rekimoto와 Schwesig(2006)는 압력 기반의 터치패드인 PreSenseII를 제안하였다[5]. 이 기기는 압력 기반 인터랙션의 한계인 효과적인 피드백 제공의 부재와 양방향 입력의 문제점을 해결하였다. 이것은 손가락의 포즈로 양방향 압력을 인식하고 piezo-actuators로 촉각적 피드백을 제공한다.

앞서 언급한 연구들은 Rekimoto가 언급한 압력 기반의 UI의 한계를 부분적으로 해결해 주고 있다. 하지만 줌 인/아웃과 같은 상반된 제어를 하는데 손가락 포즈의 작은 변화가 상반된 결과를 야기할 것이라고 직관적으로 매치가 되지 않는다. 또한 햅틱 피드백을 주기 위해서 단계별로 진동을 주어 이를 해결하고 있는데 이는 연속적인 압력값에 대해서 적절히 반응하지 못하고 있는 것이다.

공기 풍선을 이용하여거나 공기 압력을 유지 인터페이스에 활용한 연구는 많이 이루어지지 않았다. Iwata 등(2005)은 여러 개의 공기 풍선으로 구성된 volumetric haptic display인 Volflex를 선보였다[2]. 이것은 각 풍선 안에는 압력 센서가 있고 실린더에 연결되어 있어 찰흙과 같이 사람이 손바닥으로 형태를 만들고 풍선 위에 이미지를 프로젝

션 해주고 있다. Volflex와 달리 부풀어지는 마우스는 하나의 풍선을 이용하여 그 것이 눌리는 위치 혹은 잡는 형태에 따라서 인터랙션이 일어난다는 것과 크기가 상당히 작아서 한 손에 들고 휴대가 가능하다는 점이 차이점이다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 전형적인 마우스의 형태로 부피가 변하는 입력 장치인 부풀어지는 마우스를 제안하고 있다. 이 마우스는 납작한 형태로 노트북의 PC 카드 슬롯에 보관 가능하며 휴대성 측면에서 노트북 사용자들에게 유용할 것이라 예상된다. 마우스 안의 풍선 내부의 기압 측정을 통한 인터랙션은 압력 기반의 인터랙션과 같이 기능할 수 있다.

또한 부풀어지는 마우스는 압력 기반의 인터랙션의 한계였던 햅틱 피드백과 양방향 입력 기능을 효과적으로 제공한다. 게다가 이 기기는 부풀어짐과 줄어듦을 통해서 촉각적으로 그리고 시각적으로 표현의 수단으로 활용될 수 있다.

본 논문에서는 줌인/아웃, 스크롤 속도 조절, 수평 스크롤 기능, 브러시의 두께 조절, 팝업 메뉴 선택 등의 다양한 입력 인터랙션과 심장박동이나 경고등을 표현하고 사용하지 않을 때는 마치 잠을 자고 있는 것처럼 표현 할 수 있는 출력 인터랙션과 관련한 다양한 응용 시나리오를 제안하였다.

이중 몇 가지 응용 사례에 대해서는 사용자들을 대상으로 테스트를 거쳤으며, 그를 통하여 몇 가지 약점들이 지적되었다. 사용자들은 높은 압력을 안정적으로 제어하는데 어려움을 느꼈는데 이를 해결하기 위해 기압 센서가 좀 더 안정적이고 낮은 압력을 감지 할 수 있도록 개선되어야 할 것이다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제안한 인터랙션 기술을 사용하여 다른 디바이스를 개발함과 동시에 감성 및 커뮤니케이션 도구로서 제안한 응용 사례와 관련한 사용자 조사가 진행 되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서 제안한 부풀어지는 마우스의 경우 마우스와 에어펌프와 에어호스로 연결되어 있지만 상품화를 위해서는 에어호스를 자유롭게 탈부착 가능하도록 디자인 되어야 할 것이다. 나아가 에어펌프가 충분히 작게 디자인 된다면 마우스 내부에 포함시켜서 마우스를 무선으로 사용할 수 있을 것이다.

소형화 기술의 개발과 휴대성이 높은 제품에 대한 요구의 꾸준한 증가로 인해, 부풀어지는 사용자 인터페이스는 향후 다양한 제품에 응용 가능하리라 기대 된다.

7. 참고 문헌

- [1] Cechanowicz, J., Irani, P., and Subramanian, S. Augmenting the mouse with pressure sensitive

- input. In *Proc. CHI 2007*, ACM Press(2006), 1385-1394.
- [2] Iwata, H., Yano, H., and Ono, N. Volflex. *A Demonstration and Abstract at ACM SIGGRAPH 2005 Program: Emerging Technologies*, 2005.
- [3] MightyMouse™ <http://www.apple.com/mightymouse>
- [4] Ramos, G., Boulos, M., and Balakrishnan, R., Pressure widgets. In *Proc. CHI 2004*, ACM Press(2004), 487-494.
- [5] Rekimoto, J. and Schwesig, C., PreSenseII: bi-directional touch and pressure sensing interactions with tactile feedback. In *Proc. CHI 2006 Extended Abstracts*, ACM Press(2006), 1253-1258.
- [6] Ullmer, B. and Ishii, H., Emerging frameworks for tangible user interfaces. In *IBM Systems Journal*, V.39, N.3-4, p.915-931, July 2000.