

버튼 키보드: 웨어러블 기기에서 문자입력을 지원하는 단추형 키보드

ButtonKeyboard: A Button-shaped Keyboard Supporting Text entry for Wearable Devices

김현정, Hyunjung Kim*, 김석태, Seoktae Kim*, 박진희, Jinhee Pak*, 이우훈, Woohun Lee*

*KAIST 산업디자인학과

요약 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 문자입력은 필수적인 태스크이나 적절한 유저 인터페이스를 지원하기란 쉽지 않다. 탁상용 QWERTY 키보드를 소형화하여 상용화한 제품이 있지만 일상에서 사용하기에는 상당히 부담스러운 크기이다. 본 연구는 단추와 유사한 크기로 부담 없이 의복에 부착할 수 있으며 적정 수준으로 문자입력 태스크를 지원할 수 있는 버튼 키보드를 제안한다. 버튼키보드는 기존 전화키패드의 3×3 키 배열을 단일 키 패드로 통합하였다. 이는 내구성 있고 간결한 폼팩터를 가능하게 하며 입력장치의 소형화와 문자입력효율의 향상을 가능하게 한다. 버튼키보드는 일반 키보드용 키에 터치센서와 LED 배열을 합성하여 구현하였다. 따라서 손가락의 위치에 따라 이격, 터치, 누름등의 상태를 구분할 수 있어 멀티탭방식에서 발생하는 입력분절문제를 해결하였으며 와이핑 모션에 의한 특수문자와 명령 입력을 가능하게 하였다. 프로토타입을 통해 문자입력수행도 테스트 결과 20 세션 학습후 한손입력에 대해 평균 14.7WPM, 두손입력에 대해 평균 14.5WPM 의 입력속도를 얻었다. 20 세션 평균 에러율은 6%를 기록했으며 최고속도는 두손입력시 17WPM 으로 나타났다. 실험결과를 통해 본 연구에서 제안한 버튼키보드가 기기를 극적으로 소형화하였음에도 불구하고 문자입력을 적정수준으로 수행할 수 있는 가능성을 가진 문자입력장치임을 확인할 수 있었다. 차후 프로토타입의 개선을 통하여 기기가 더욱 소형화될 수 있으며 문자입력수행도 또한 향상될 여지가 있다.

핵심어: *Wearable computing, Text entry, Keyboard*

1. 서론

웨어러블 컴퓨팅의 확산을 저해하는 원인 중 하나로 적합한 문자입력장치의 부재를 들 수 있다. 컴퓨팅 시스템은 빠른 속도로 소형화되고 있는 반면, 문자입력장치는 사용성 등의 문제로 인하여 소형화에 뚜렷한 한계를 보이고 있다.

웨어러블 컴퓨팅 환경에서 사용 가능한 키보드는 사용자가 부담없이 착용할 수 있어야 하며, 적절한 속도와 낮은 에러율로 문자를 입력할 수 있어야 한다. 또한 일반적인 사용자도 특별한 훈련과정 없이 쉽게 사용할 수 있어야 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위한 방법으로 대표적인 것이 탁상용 QWERTY 키보드를 소형화하는 것이다. 소형화 QWERTY 키보드에 대한 제품화 사례로는 Halfkeyboard[1], WristPC keyboard, FrogPad 등이 있다(그림 1 상). 또한 이와 같은 제품을 명함 사이즈 내외로 더욱 소형화한 키보드로 스틱 키보드(Stick Keyboard)[2]와 원키키보드(One-key Keyboard)[3]가 있다(그림 1 중, 하). 전자의 두 키보드는 팔목에 착용하기에는 무리가 없는 크기이나 옷에 장착하기에는 아직 부담스러운 크기이다.



그림 1 탁상용 QWERTY 키보드를 소형화 한 사례 (상: 제품화사례, 중: 스틱키보드, 하:원키키보드)

본 연구는 의복의 단추라는 메타포를 웨어러블 키보드로 구체화하였다. 본 연구에서 제안하는 버튼키보드는 서로 상충관계에 있는 착용성과 사용성(문자입력효율) 중 기기의 극

적인 소형화를 통한 착용성의 증대에 의의를 두고 사용성을 확보하는 것을 그 목적으로 한다(그림 2).

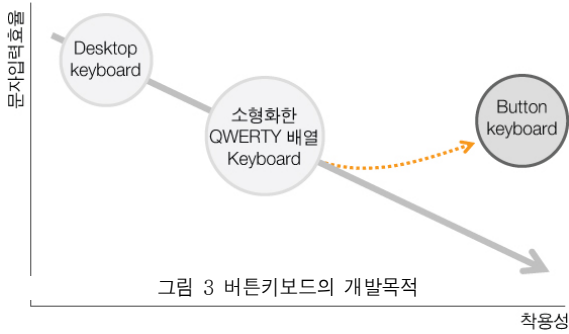


그림 3 버튼키보드의 개발목적

2. 버튼키보드의 개념

키보드를 소형화하는 방법으로 키 간격을 줄이거나 키 수를 줄이는 방법이 있다. 원키키보드는 QWERTY 키보드의 키 간격을 7mm로 줄임으로써 18.9WPM(20분간 5세션 학습 후)의 문자입력속도를 얻었다. 키 수를 줄이는 방법으로 대표적인 것은 전화키패드배열을 사용하는 것이다. 영문자의 경우 3×3의 키배열을 이용해 멀티탭핑 방식으로 문자를 입력하는데 약 15.5WPM(25~30분간 20세션 학습 후)의 문자입력 수행도를 나타낸다[4]. 전화키패드의 ABC배열을 QWERTY 키보드와 유사하게 하고 문자의 출현빈도를 감안하여 디자인한 모바일 QWERTY배열의 경우 ABC배열에 비해 문자입력속도가 약 1.4배 빨랐다[5]. 또한 LetterWise와 같은 문자입력 모호성 해소기술(disambiguation technique)을 적용할 경우 문자입력을 위한 키입력수(KSPC: Key Stroke per Character)가 1.0에 가깝게 감소하여 21.0WPM(25~30분간 20세션 학습 후)의 문자입력수행도를 기록했다[4]. 휴대폰의 보급으로 널리 쓰이게 된 전화키패드 배열은 키 수가 적어 극적인 소형화가 가능하다. 또한 입력방식의 개선에 따라 키보드입력의 1/3~1/2정도까지 비교적 빠르게 문자를 입력할 수 있는 잠재성을 가지고 있다.

본 연구는 이러한 전화키패드 배열의 장점을 살려 단추형 웨어러블 키보드인 버튼키보드를 디자인하였다. 버튼키보드는 그림 3과 같이 단추와 같은 형태로 의복의 겉면에 부착하여 사용한다.

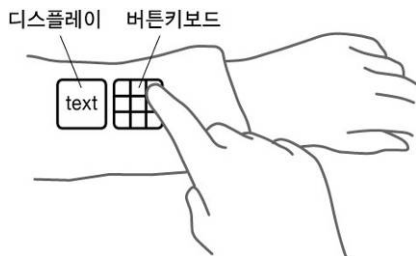


그림 2 버튼키보드의 개념

버튼키보드의 가장 큰 장점은 기기의 소형화를 통하여 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 키보드의 소지나 착용에 대한 부담을 극적으로 경감시키면서 일정 수준의 문자입력을 지원할

수 있다는 것이다.

3. 버튼키보드의 구현

키보드가 옷에 장착될 경우 충분한 내구성을 갖추어야 한다. 키보드를 소형화하고 내구성을 확보하기 위해 버튼키보드는 원키키보드[3]와 유사하게 하나의 키로 문자를 입력하는 방식을 채택하였다(그림 4 좌측).

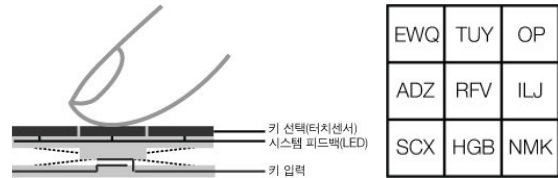


그림 4 버튼키보드의 구조 (좌: 기기의 구조, 우: 키 레이아웃)

버튼키보드는 터치센서를 이용해서 키 판에 놓인 손가락의 위치를 감지한다. 손가락의 위치는 LED로 표시되어 선택된 키에 대한 시각적인 정보를 제공한다(그림 5 좌측, 그림 11 우측). 터치센서는 퀴텀사의 터치센서(QT1101-ISG)를 이용했다. 또한 키 판의 하단에 위치하는 스위치가 눌릴 때 3×3 배열의 키(그림 4 우측) 중에서 해당하는 문자를 선택하거나 입력하도록 하였다. 스위치는 기존 노트북 키보드의 부품을 활용하여 사용자에게 익숙한 키감을 제공한다. 버튼키보드의 입력방식(키 레이아웃)은 기존 ABC배열보다 문자입력수행도가 향상된 모비언스사의 모바일 QWERTY 방식[5]을 사용하였다. 또한 버튼키보드는 터치센서를 사용하기 때문에 소재의 선택에 유의하였다. 키판은 손가락의 상태를 감지할 수 있도록 유전율이 비교적 높은 아크릴 재질을 사용하였으며, 겉표면은 유전율이 낮은 스티로폼 판재로 감싸 불필요한 입력이 들어오지 않도록 차폐하였다(그림 5).

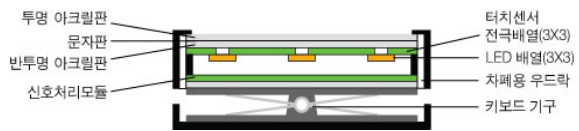


그림 5 버튼키보드 상세 구조

버튼키보드는 터치센서를 사용하여 일반적인 키패드와 다른 특징을 갖는다. 본 연구에서는 터치센서의 특징을 활용하여 그림 6과 같이 입력분절문제를 해결하였다. 멀티탭핑 방식으로 문자를 입력할 경우 연속하는 문자가 모두 한 키에 위치할 때 입력분절문제가 발생한다. 하지만 버튼키보드의 경우, 손가락의 이격, 터치, 누름 등 3단계의 상태구분이 가능하므로 키 선택이 키내 문자선택이 독립적으로 수행된다. 또한 Presense[6]와 같이 터치상태에서 손가락 이동동작(wiping motion)을 통해 스페이스, 백스페이스, 개행키 등을 입력할 수 있게 하였다(그림 7).

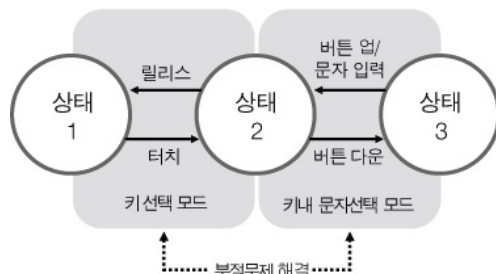


그림 6 조작에 따른 상태변화

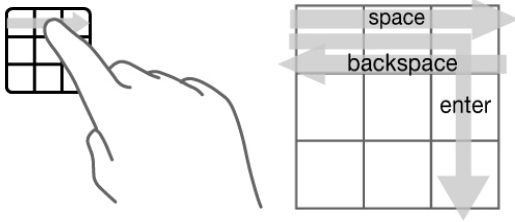


그림 7 와이핑모션에 의한 입력

버튼키보드는 컨트롤러 모듈(DSP)에 연결된다. 키보드를 통해 받은 정보는 컨트롤러 모듈에서 처리된다. 컨트롤러 모듈을 통하여 전송되는 데이터는 PC에서 처리하며 모니터 화면을 통하여 텍스트 입력에 대한 피드백을 받도록 하였다(그림 8).

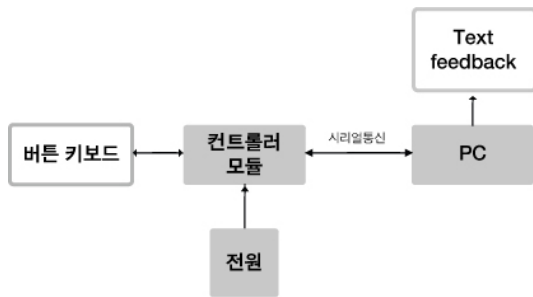


그림 8 버튼키보드의 시스템

완성된 버튼키보드 프로토타입은 그림 9와 같다. 키보드의 실제면적은 33mm×33mm으로 키간격은 11mm이다. 이것은 실제 계획했던 키간격인 7~8mm에 비해 크게 제작된 것이다. 이는 그림 10에서 보듯이 보듯이 터치센서가 손가락의 터치를 인식하기 위해 전극의 넓이(8mm×8mm)를 확보해야했으며 간섭을 막기위하여 전극간 사이를 띄워야 했기 때문이다. 이는 프로토타입 구현상의 한계점으로 차후 프로토타입의 개선을 통하여 좀더 소형화 할 수 있는 여지가 있다.

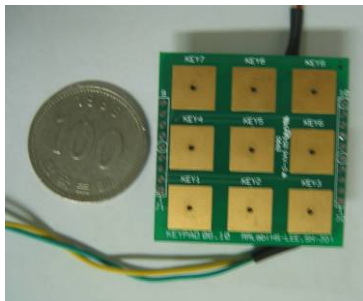


그림 9 터치센서가 배열된 기판

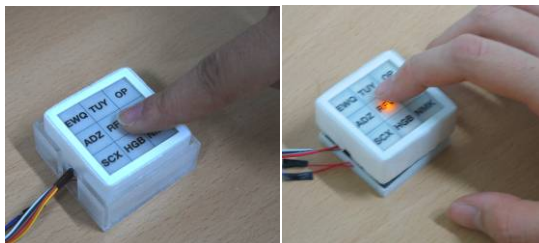


그림 10 버튼키보드 프로토타입

4. 버튼키보드의 평가

4.1 실험설계

버튼키보드를 이용한 문자입력수행도 평가는 입력방식(한손입력/두손입력)과 세션(1~20) 등 2가지 변인의 조합으로 설계되었다. 실질적인 응용의 차원에서 버튼키보드를 의복에 착용하고 한 손으로 문자를 입력하는 경우와 손에 쥐고 양손으로 문자를 입력하는 경우가 모두 가능한데 이 때 문자입력수행도의 차이가 예상되어 이를 실험변인으로 채택하였다.

실험참가자는 대학생 및 대학원생 10명(남학생 4명, 여학생 6명, 평균연령 23.9세)이다. 한 세션당 각 실험참가자에게 MacKenzie 등(2003)의 Phrase set중에서 무선적으로 예문을 제시하였고 그것을 버튼키보드로 입력하도록 하였다[7]. 입력도중 오류는 와이핑 모션을 이용한 백스페이스키를 이용해 수정할 수 있도록 하였다.

실험에서는 소리를 이용한 피드백을 활용하여 피실험자가 모니터 화면을 자주 확인할 필요없이 텍스트를 입력할 수 있도록 하였다. 이는 프로토타입의 키를 누른뒤 실제 화면에서 문자가 입력되는 데 발생하는 시간차이에 의한 영향을 줄이기 위한 것이다. 키내에서 문자를 선택할 때와 선택된 문자를 입력할 때 서로 다른 소리를 사용하여 상태를 구분하였다(그림 11). 또한 와이핑 모션으로 스페이스나 백스페이스를 입력할 때도 특정한 소리를 사용하여 피드백을 주었다. 입력된 문자에 대해서도 음성으로 피드백을 주었다.

피험자 별로 각 시도에 대해 제시한 문자열, 입력한 키, 최종 입력된 문자열, 입력시간 등을 기록하였다. 이로부터 문자입력속도(WPM: Words per minute), 에러율, 수정되지 않은 순수에러율(not corrected error rate) 등을 산출하였다[8,9,10]. 또한 20번째 세션이 끝나고 각각의 입력방식에 대하여 NASA-TLX를 통한 작업 부하를 측정하였다[11].

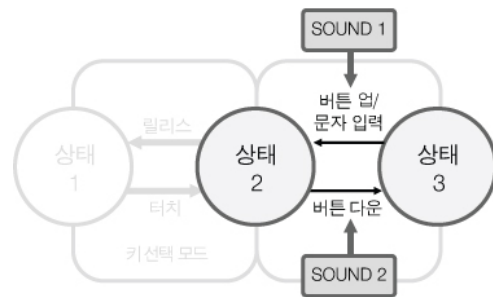


그림 11 사운드 피드백에 따른 문자입력상태구분

4.2 실험결과

문자입력속도 측정결과에 대한 분산분석결과 세션누적에 따른 유의한 학습효과(한손입력의 경우 $F_{(19,180)}=10.552$, $p<0.01$, 두손입력의 경우 $F_{(19,180)}=7.893$, $p<0.01$)를 확인할

수 있었다. 각각의 입력방식에 대한 세션 누적에 따른 문자 입력속도 증가현상은 그림 12과 같은 학습곡선의 형태를 나타낸다. 그러나 에러율 차원에서는 유의한 차이를 발견할 수 없었다(한손입력의 경우 $F_{(19,180)}=0.697$, $p=0.819$, 두손입력의 경우 $F_{(19,180)}=0.495$, $p=0.962$). 측정결과에 대해서 독립 T 검정을 실시한 결과 한손입력과 두손입력의 문자입력수행도 또한 유의한 차이를 발견할 수 없었다($t=-0.556$, $df=398$, $p=0.579$).

20세션 학습 이후 한손입력은 평균 14.7WPM(표준편차: 1.7), 두손입력은 평균 14.5WPM(표준편차: 1.6)의 입력속도를 얻었다. 최고속도는 한손입력의 경우 16.8WPM, 두손입력의 경우 17WPM으로 나타났다. 또한 한손입력에 대해서는 20세션 평균 6.0%(표준편차: 0.66), 두손입력에 대해서는 6.0%(표준편차: 0.39)의 에러율을 보였다(그림 13). 교정되지 않은 순수에러율은 한손입력에 대해서 20세션 평균 1.1%(표준편차: 1.0), 두손입력에 대해서 1.2%(표준편차: 0.4)을 기록하였다. 작업부하(NASA-TLX)는 한손입력에 대해 평균 447.6(표준편차: 86.6), 두손입력에 대해 평균 436.9(표준편차: 72.3)로 나타났다.

실험이 진행되는동안 실험참가자들은 프로토타입의 불안전성을 문제로 지적하였다. 많은 참가자들이 프로토타입의 문제로 실제 할 수 있는 것 보다 문자입력속도가 낮게 나왔다고 말하였다. 또한 터치센서가 민감하게 반응하기 때문에 인접한 다른 문자를 누르지 않기 위해서 피실험자가 손 끝을 세워서 입력하거나 둘째 손가락 대신 셋째나 넷째 손가락을 사용하는 것을 관찰할 수 있었다. 하지만 소형화된 기기와

4.3 실험결과고찰

버튼키보드의 문자입력수행도는 휴대폰의 문자입력수행도와 비교하였을 때 나쁘지 않은 수치이나 예상한 문자입력수행도에는 미치지 못하였다. 이는 앞서 실험참가자들이 지적하였듯이 프로토타입 구현상의 문제로 생각된다. 실험에서 사용한 프로토타입은 구현상의 한계로 문자입력처리시 시간차가 발생하는 문제가 있었다. 일정한 시간차이보다 빠르게 다른 문자를 연달아 입력할 때 기기가 다른 문자가 동시에 눌린 것처럼 인식하여 입력 에러로 처리하는 오류이다. 이는 세션의 초기에는 문제가 되지 않았으나, 실험참가자들의 입력속도가 높아짐에 따라 문제가 되었다. 실제로 많은 실험참가자들이 수행한 것 보다 더욱 빨리 문자를 입력할 수 있었으나 프로토타입 자체에서 수행할 수 있는 한계속도가 있었다고 이야기하였다. 실험데이터 분석결과 문자입력속도가 빠른 피실험자들이 세션후반부에서 세션전반부에 비해 높은

에러율을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 일부 피실험자들은 한계속도가 학습이 되어 일부러 그 속도를 넘지 않는 선에서 문자를 입력하게 되었다고 이야기하였다.

또한 프로토타입에서 터치센서를 사용함에 따라 예상하지 못한 에러가 많이 발생하였다. 터치센서의 민감도 조정의 문제로 인하여 입력하고자 하는 문자와 인접한 문자들이 동시에 입력되는 오류가 많았으며 피실험자의 손톱이 길어서 손톱이 키 판에 닿을 경우 제대로 손가락을 인식하지 못하는 문제도 있었다.

실험결과에서 한손입력과 두손입력의 문자입력수행도에서 유의한 차이가 나지 않은 것 또한 실제 기기를 사용하는 방식과 프로토타입을 가지고 실험하는 방식이 다르기 때문이라고 생각된다. 두 손을 사용하여 문자를 입력할 때는 기기를 손에 쥐고 사용하게 되는데 실험에서는 프로토타입을 책상에 고정시켜놓고 실험을 진행하여 실제와 차이가 있었다. 또한 앞서 언급하였듯이 기기 자체의 한계속도가 있어 입력방식간

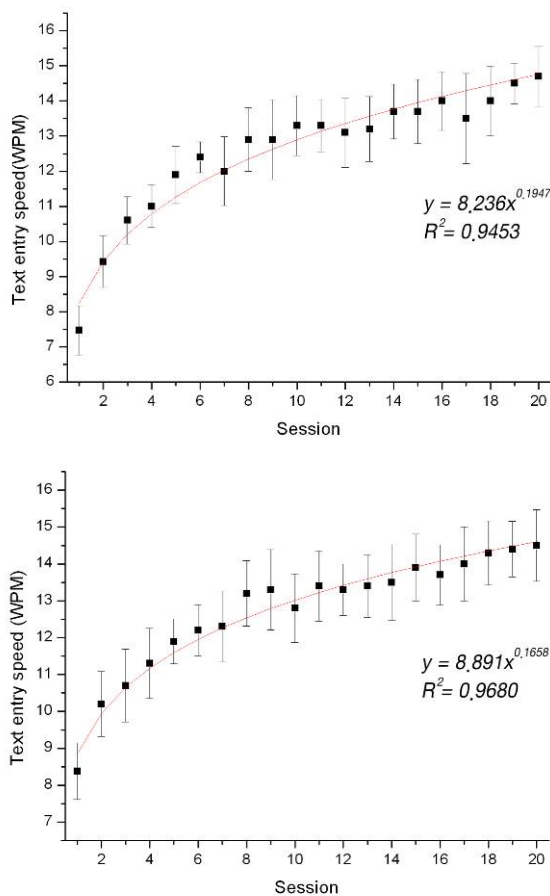


그림 12 버튼키보드의 문자입력수행도(문자입력속도)
(상: 한손입력, 하: 두손입력)

의 문자입력수행도 차이를 알아보기에 어려움이 있었다고 생각한다.

따라서 작업부하가 높게 평가된 것 또한 버튼키보드 컨셉 자체의 문제라 하기보다는 프로토타입의 문제가 영향을 미친 것으로 보인다. 피실험자들은 원하는 만큼 입력속도를 낼 수 없고, 의도하지 않은 에러가 많이 발생하는 데 따른 심한 스트레스를 받고 있다고 이야기하였다.

이상의 실험결과고찰을 통해 미루어 보았을 때 버튼키보드는 프로토타입 상의 많은 한계요소로 인해 실제의 문자입력수행도에 비해 부정적으로 평가되었다고 생각한다. 따라서 차후 프로토타입의 개선을 통해 버튼키보드의 문자입력수행도가 향상될 여지가 있다.

5. 결론

현재까지 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 사용하기 위해 개발된 문자입력장치 중에서 부담없이 의복에 부착할 수 있을 만큼 소형화되어 있으면서 적정수준의 입력수행도와 학습용이성을 만족시키는 키보드를 찾기가 힘들었다. 본 연구는 의복의 단추라는 메타포를 웨어러블 키보드로 구체화하였다. 버튼키보드는 서로 상충관계에 있는 착용성과 사용성(문자입력 효율) 중 기기의 극적인 소형화를 통한 착용성의 증대에 의의를 두고 사용성을 확보하는 것을 목적으로 개발되었다.

실험결과를 통해 본 연구에서 제안한 버튼키보드가 기기를 극적으로 소형화하였음에도 불구하고 문자입력을 적정수준으로 수행할 수 있는 가능성을 가진 문자입력장치를 확인할 수 있었다. 차후 프로토타입의 개선을 통하여 기기가 더욱 소형화될 수 있으며 문자입력수행도 또한 향상될 여지가 있다.

앞서 언급하였듯이 버튼키보드의 가장 큰 장점은 간결한 폼팩터에 따른 기기의 소형화를 통하여 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 키보드의 소지나 착용에 대한 부담을 극적으로 경감시키면서 일정 수준의 문자입력을 지원할 수 있다는 것이다. 따라서 버튼키보드는 앞으로 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 응용될 수 있는 많은 가능성이 예상된다. 버튼키보드는 터치센서를 사용하여 키를 누르지 않고도 키판에 놓여져 있는 손가락의 위치를 파악할 수 있다. 이에 따라 사용자는 키보드를 직접 보지 않고도 키판을 더듬어서 문자를 입력할 수 있다. 이는 특히 HMD 환경에서 작업을 수행할 때 FOA(focus of attention)을 감소시켜 유용하게 응용될 수 있을 것이다. 또한 버튼키보드의 와이핑모션에 따른 입력방식은 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 메뉴 스트러쳐 네비게이션이나 포인팅 등에 적극적으로 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Matias, E., MacKenzie, I.S., and Buxton, W., (1993), "Half-QWERTY: A One-Handed Keyboard Facilitating Skill Transfer from QWERTY", *In proceedings of INTERCHI 1993*, ACM Press, pp.88-94
- [2] Green, N., Krugerm, J., Faldu, C., and Amant, R.S., (2004), "A Reduced QWERTY Keyboard for Mobile Text Entry", *In extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems*, ACM Press, pp.1429-1423
- [3] 이우훈, 손민정 (2006) 월키 키보드: 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 문자입력을 지원하는 초소형 QWERTY 키보드, *HCI 학회논문지*, Vol.1, No.1, 26-33
- [4] MacKenzie, I.S., Kober, H., Smith, D., Jones, T. & Skepner, E., (2001), "LetterWise: Prefix-based disambiguation for mobile text input", *In proceedings of the ACM symposium on user interface software and technology(UIST 2001)*, pp.111-120.
- [5] Hwang, S., Lee, G., (2005), "Qwerty-like 3x4 keypad layouts for mobile phone", *In extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems*, ACM Press, pp.1479-1482
- [6] Rekimoto, J. and Schewsig, C., (2006), "PreSense: Bi-directional Touch and Pressure Sensing Interactions with Tactile Feedback", *CHI 2006 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp.1253-1258.
- [7] I.S. MacKenzie and R.W. Soukoreff, "Phrase sets for evaluating text entry techniques", *In extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems*, ACM Press, pp.754-755, 2003.
- [8] I.S. MacKenzie and R.W. Soukoreff, "Measuring Errors in Text Entry Task: An Application or the Levenshtein String Distance Statistic", *In extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems*, ACM Press, pp.319-320,2001
- [9] I.S. MacKenzie and R.W. Soukoreff, "Metrics for text entry research: An evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric", *In proceedings of the conference on human factors in computing systems*, ACM Press, pp.113-120, 2003

- [10] I.S. MacKenzie and R.W. Soukoreff, "Recent developments in text-entry error rate measurement", In extended abstracts of the ACM conference on human factors in computing systems, ACM Press, pp.1425-1428, 2004.
- [11] S.Hart and L.Staveland, "Development of NASA-TLS (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research", In Human mental workload, P.Hancock & N.Meshkati(Ed), North-Holland: Elsevier, pp.111-120, 2001