

---

# ActivePen 을 활용한 보다 효율적인 멀티탭 문자 입력 방식

## More Efficient Multi-tap Interface for Text Entry using ActivePen

송지석, Jiseok Song, 이기혁, Geehyuk Lee  
한국정보통신대학교 공학부

---

**요약** 현재 펜기반 컴퓨팅 환경에서 주로 쓰이는 문자 입력 방식은 화상키보드이다. 그러나 화상키보드는 펜 컴퓨터를 위해 나온 것이 아니기에 차지하는 화면의 크기나 움직임 거리등의 문제가 있다. 본 논문에서는 그러한 단점을 개선하기위하여 모바일 장치의 키패드를 이용하여 새로운 입력방식을 제안한다. 햅틱 피드백 디바이스인 ActivePen 의 기능을 이용하여 보다 효율적인 멀티탭 방식의 키패드인 Stair-tap 과 Time-tap 을 소개하고 사용성 평가 결과를 보여준다.

**핵심어:** screen keypad, text entry, multi-tap, pen computing, ActivePen

### 1. 서론

입력장치로서의 펜은 디자인 등 특수한 분야에서만 쓰이는 것이 대부분이었다. 정보 기기의 소형화에 따라 휴대와 소형화가 간편한 펜을 입력장치로 이용한 기기들이 많이 등장하고 있다. 이러한 펜 컴퓨터에서도 일반적인 PC와 마찬가지로 주로 화상키보드를 문자입력장치로 이용한다. 화상키보드는 우리가 사용하는 일반적인 키보드를 그대로 옮겨놓았기 때문에 익숙하기는 하지만 화면에 띄워놓고 포인팅 장치를 사용하여 입력하므로 키보드에서는 고려하지 않아도 되는 문제점 몇가지를 가지고 있다. 예를 들어 키보드의 많은 키들을 표현해야하기때문에 화면상의 많은 공간을 차지하게 되고 따라서 화면을 가리는 것과 동시에 입력을 위해서 움직여야 하는 거리도 늘어난다. 또한 키보드나 마우스를 통해 입력할 때와는 달리 키가 눌렸는지 여부를 촉감을 통해 확인하기 힘들기때문에 불편한 점도 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결한 입력방식이 필요하다.

단축키등 특별한 목적이 아닌 일반적인 문자입력상황에서 키보드를 사용할때는 function 키를 비롯한 많은 키들을 자주 이용하지 않는다. 그러한 키들을 제외하면 문자 입력만을 목적으로는 모바일 기기에 많이 이용되는 키패드만으로도 충분하다. 키패드는 많은 버튼이 필요하지 않기에 앞서 말한 화상키보드의 단점을 해결할 수 있다. 키패드에서 일반적으로 이용되는 문자입력방식은 Multi-tap으로 여러 문자를 한 버튼으로 입력할 수 있게하여 필요한 키의 수는 줄였지만 몇가지 단점이 존재한다. 여러번 반복해서 버튼을 누름으로써

입력하기때문에 입력 속도가 느리고 쉽게 피로해진다는 단점이 있다. 따라서 일반적인 Multi-tap방식의 키패드는 펜컴퓨터의 입력장치로 사용하기 어렵다.

본 논문에서는 키패드를 효율적으로 만들기 위하여 Multi-tap의 단점을 개선하여 두가지의 문자 입력 방식을 제안한다. Multi-tap을 개선하기 위해서 햅틱 피드백 장치인 ActivePen [1] 을 이용하여 힘의 조절과 누르는 시간의 조절을 통해 두가지 타입을 디자인 하였다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 문자 입력 방법

펜 컴퓨터에서 이용되는 문자 입력방식은 여러가지가 있다. 화상키보드는 일반적인 목적으로 가장 널리 쓰이는 도구이다. 또한 필기 인식을 비롯해 필기 인식을 단순화 시킨 Unistroke recognition 및 제스처를 이용한 방법 등을 이용하기도 한다. 그 외에도 주로 모바일 기기에 이용되는 키패드 등 다양한 방법이 문자 입력에 사용된다.

일반적으로 많은 사람들이 알고 있는 포인팅 장치를 이용한 문자 입력 도구는 화상키보드이다. 대부분의 키보드에서 사용하는 Qwerty 배열을 비롯해 다양한 키 배열의 화상키보드가 존재한다. Qwerty 키보드의 경우 숙련자가 사용할 경우 약 30wpm 의 입력속도를 보여주며 [8] 사용자들이 익숙한 배열이기에 일반적인 목적으로 가장 많이 이용된다.



그림 1 화상 키보드

필기인식의 경우 예전부터 많은 사람들이 펜을 이용한 기  
기에서 중요한 부분으로 생각하고 연구했기에 다양한 알고리  
즘들이 디자인 되었으나 모든 사람의 필기체를 인식하기가  
힘들어 완성되었다고 보기는 어렵다. 또 필기를 하다보면 한  
글자 안에서 펜을 들었다 다시 쓰게되는 경우가 많은데 이  
것 역시 필기인식에 방해가 되고있다. 그러나 LaLomia [6]  
의 연구에 따르면 97%이상의 인식률이라면 대부분의 사용자  
들이 만족한다고 하며 그에 따라 현재는 다양한 필기인식 툴  
들이 개발되었다. 여전히 처음 접하는 사용자들의 경우 인식  
률이 그다지 높지 않아 해결해야 할 문제로 남아있다.

Unistroke recognition은 앞서 말한 필기 인식의 문제를  
해결하기 위해 고안되었다. 한번의 접촉으로 한 글자를 입력  
할 수 있도록 디자인 하고 그와 함께 원래 글자와 비슷한 모  
양이지만 다른 글자와는 확실히 구분 할 수 있는 움직임의  
순서와 방향을 생각하여 만들었다. 이 방법 역시 처음 접할  
때에는 각 글자에 맞는 움직임을 익혀야 한다는 단점이 있으  
나 속도와 인식률 등의 면에서 앞서기에 많이 이용되고 있다.  
그림 2에서는 알파벳 소문자의 Unistroke들을 볼 수 있다.  
이러한 실제로 상용프로그램들에서는 그림 3과 같이 조금 더  
원래 알파벳과 비슷하지만 unistroke로 그리지 는 못하는 형  
태를 사용하기도 한다.

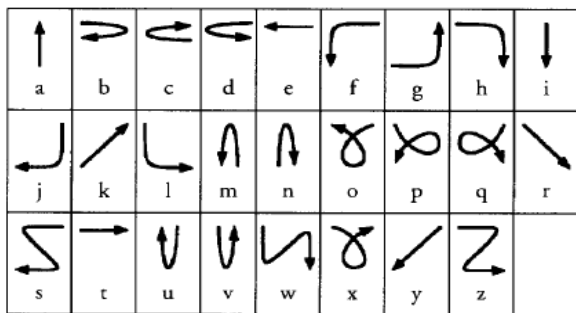


그림 2 영문 알파벳 소문자들의 Unistrokes [5]

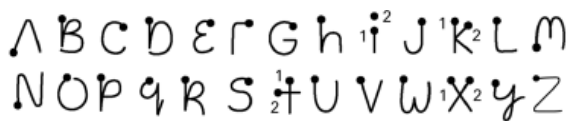


그림 3 Graffiti2에서의 알파벳 대문자 입력 [7]

제스처를 이용한 문자입력의 경우 문자를 배치시켜 펜의  
움직임에 따라 그 위치에 대응되는 문자를 입력하는 방법과  
거기서 조금 더 발전하여 그림 4의 Quikwriting 과 같은 형

식으로 펜의 움직임의 조합으로 문자를 입력하는 방법 등이  
있다.

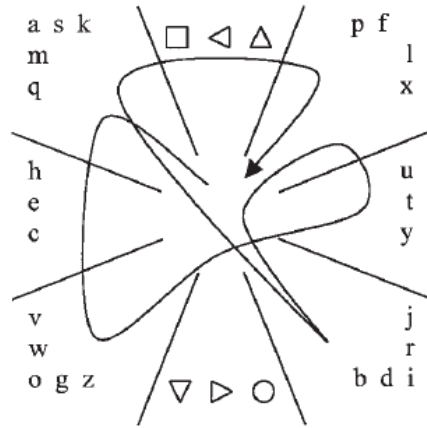


그림 4 Quikwriting의 제스처를 통한 quik의 입력

키패드는 주로 모바일기기에 많이 쓰이는 문자 입력 방식  
이다. 그림 5는 국제 표준의 12키 키패드로 이와 같이 적은  
수의 키를 이용해 문자를 입력할 수 있다는 점이 큰 장점이다.  
그러한 적은 수의 키로 문자를 입력하기 위해 한 버튼에  
여러개의 문자를 대응 시키게 되었는데 이렇게 배치된 문자  
를 입력하기위해 이용하는 것이 Multi-tap이다. 누르는 횟수  
에 맞추어 대응되는 문자를 입력하는 방법으로 예를 들어, i  
를 입력하기 위해서는 4번 키를 세번 누르고 3번 키를 두번  
누르면 e를 입력 할 수 있다. 그러나 이렇게 한 문자를 입력  
하기 위해서도 같은 버튼을 여러번 누르는 동작이 필요하기  
때문에 타이머를 이용해 일정 시간 내에 같은 버튼이 눌리는  
지를 확인하여 어떤 문자를 입력할지를 결정하게 된다. hi를  
입력하기 위해서 4번 키를 두번 누르고 일정 시간을 기다린  
뒤 세번 누르면 입력이 제대로 되지만 연속해서 누르게 되면  
다른 문자가 입력된다. 많은 단어들에서 같은 버튼에 연속되  
는 문자가 존재하므로 기다리는 시간을 줄이기 위해 특정 버  
튼을 이용해 타이머를 강제종료시키는 방법이 주로 쓰인다.  
그러나 여전히 한 문자를 입력하기위해서 여러번 누르는 동  
작이 필요하기때문에 속도도 느려지고 힘이 들게 된다. 그러  
한 점을 해결하기 위해 Multi-tap 대신 버튼을 누르고 기기  
를 기울임으로써 문자를 입력하는 등의 방법들이 연구되고  
있다.



그림 5 모바일 폰의 국제 표준 12key 키패드 [4]

## 2.2 ActivePen

ActivePen은 우리에게 친숙한 도구인 펜의 장점을 살리기 위해 실생활에서 사용할때의 감촉을 햅틱피드백을 이용해 구현할 수 있도록 만든 장치이다. 그 전까지의 연구에서는 펜 컴퓨터의 햅틱피드백으로 주로 진동만을 사용했었으나 ActivePen은 펜촉의 요철운동이 가능하도록 하여 보다 현실적인 피드백이 가능하게 되었다. 그림 6은 실험에서 사용한 ActivePen의 실제 모습이다.

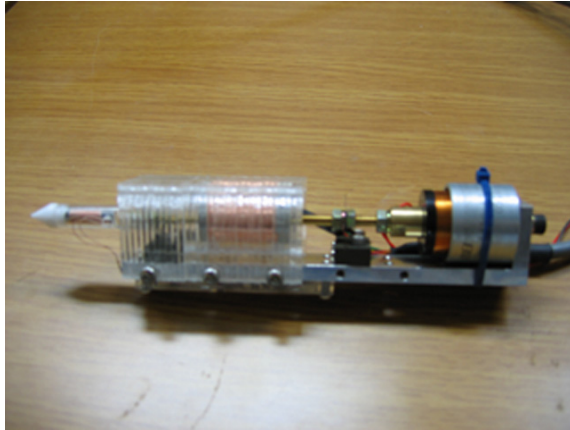


그림 6 ActivePen

ActivePen은 다양한 기능 중 우리가 사용한 기능은 두가지이다. 하나는 사용자가 펜을 누르는 힘에 따라 변하는 state를 이용한 것으로 이 state를 통해 현재 사용자가 가하는 힘을 몇 단계로 나누어 받아 들일 수 있다. 또 다른 기능은 명령어를 통해 펜촉을 움직이는 것으로 이 기능은 일반적으로 유저에게 피드백을 주기 위해 사용되는 것이다.

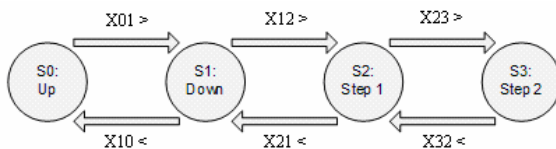


그림 7 누르는 힘에 따른 ActivePen state

ActivePen의 기본적인 상태는 S0이다. 여기서 일정량 이상의 힘이 가해져threshold를 넘게 되면 state가 변하게 되고 힘이 줄어들면 다시 원래의 state로 돌아온다. 같은 방식으로 주어지는 힘에 따라 S0에서 S3까지 4단계의 state를 가지게 된다. 이렇게 state가 변화할 때는 ActivePen에서 PC로 echo메세지가 발생하게 되고 사용자는 restraint force를 통해 state간의 변화를 느낄 수 있게된다.

## 3. 디자인

입력방식을 디자인하면서 신경쓴 부분은 빠른 입력속도와 함께 Multi-tap에서의 반복적인 입력을 없애는 것이었다. 그에 따라 두가지의 방법을 생각해 보았고 이 두가지의 방법을 구현하는데에는 앞서 말한 ActivePen의 기능이 유용

하게 사용되었다. 또한 사용한 키 배열은 국제 표준과는 조금 다르지만 쉽게 접할 수 있는 모바일 폰에서 사용하는 배열을 사용하였다.

### 3.1 문자 입력 방식

우리가 디자인 한 두가지 방법은 앞서 말한 ActivePen의 기능을 이용하였는데 앞으로는 그 특징에 따라 사용자의 힘을 이용한 방법은 Stair-tap, 누르고 있는 시간에 따른 입력 방법을 Time-tap이라고 부르도록 하겠다.

#### 3.1.1 Stair-tap

Stair-tap은 사용자가 가하는 힘을 이용해 여러번의 입력이 필요한 Multi-tap을 개선한 방식이다. 여기서는 사용자가 가하는 힘에 따라 변하는 ActivePen의 state를 이용해 입력될 문자를 선택하게 된다. ActivePen의 네가지 state중 정상시의 상태인 State0를 제외한 나머지 세 state를 버튼의 각 문자와 대응시켜 입력하는 것이다. 예를 들어보면 abc의 세 문자가 배치된 키의 경우 힘을 조금 가해 State1 상태가 되면 a가 입력되고 조금 더 큰 힘을 가한 상태인 State2가 되면 b가 입력되며 가장 큰 힘을 가한 상태인 State3에서는 c가 입력되는 식이다. 입력되는 문자는 더이상 힘을 가하지 않고 펜을 떼었을때 최종 선택된다.

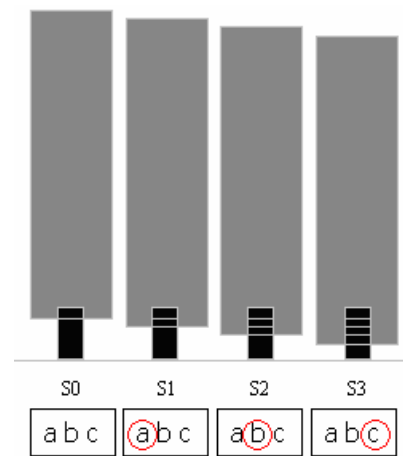


그림 8 state에 따른 펜팁의 움직임과 입력되는 문자

그림 8에서 볼 수 있듯이 사용자가 ActivePen으로 키를 누르게 되면 주어진 힘에따라 문자가 입력되면서 사용자에게는 변하는 state에 따른 restraint force를 통한 피드백이 주어진다. 사용자에게 현재 입력되는 문자를 보여주는 것과 동시에 이 피드백으로 힘의 조절을 보다 편리하게 하면서 현재 상태를 확실히 알게 해주는 것이다.

우리는 이 방법에서는 단지 힘조절 만으로 여러 문자 중 입력할 문자를 고를 수 있다는 점에서 빠른 입력속도를 기대했으며 사용자가 힘조절을 통해 원활하게 문자를 입력할 수 있게 하기 위해 여러번의 pilot 테스트들을 통해 threshold를 조정하였다.

### 3.1.2 Time-tap

Time-tap은 키를 누르고 있는 시간에 따라 입력되는 문자가 선택되는 방식이다. 여기서는 입력되는 문자가 바뀌는 것과 함께 펜촉의 움직임을 통한 피드백을 주어 사용자의 입력에 도움을 주었다. 사용자가 ActivePen을 이용해 키를 누름과 동시에 첫번째 피드백이 주어지며 300ms마다 입력되는 문자가 바뀌면서 사용자에게 피드백을 준다. 입력되는 문자의 선택은 펜을 떼면 즉, 주어지는 힘이 사라지면 그때 선택되어있는 문자가 최종 입력되며 피드백도 멈추게된다.

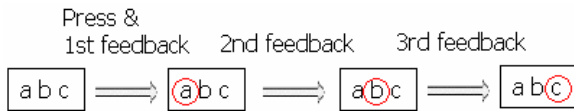


그림 9 누르고 있는 시간에 따른 피드백과 문자 입력

Time-tap은 Stair-tap보다 적응이 쉽고 조절해야하는 것에 대한 부담이 적다는 장점과 함께 일정 시간을 기다려야 한다는 점은 익숙해졌을때 걸림돌로 작용할 수도 있다는 문제점도 안고있다.

### 3.2 Keypad Layout

키보드 뿐만 아니라 키패드의 키 배열 역시 다양한데, 이 논문에서는 Australian Classic Keypad를 사용하였다. 키패드를 선택할 때 고려한 점은 실험 참가자들이 익숙하여 처음 키패드를 익히는 시간을 줄일 수 있는 것이었다. 그런 면에서 일반적으로 모바일 폰에서 주로 이용되는 이 키 배열이 알맞은 것으로 생각 되었고 또한 q와 z를 제외한 나머지 키 배열의 경우 알파벳 순으로 나열되어 있어서 처음 접하더라도 사용하는 데 큰 어려움이 기 때문이었다. 또 한가지 이 키패드를 사용하는데 큰 영향을 끼친것은 한 키에 문자가 세개 이하로 배치되어있다는 것으로 Stair-tap에서 사용할 수 있는 단계가 3단계 뿐인 것을 감안하면 Australian Classic Keypad가 우리의 디자인에 알맞는 배열이다. 그러나 사용빈도를 고려하지 않은 배열이기에 전체적인 성능은 조금 떨어질 수 밖에 없는 선택이었다.

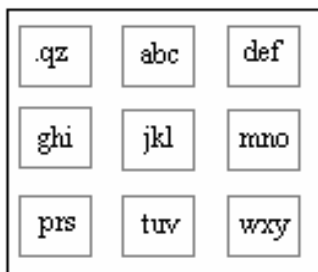


그림 10 Australian Classic Keypad

사용성 테스트 후 화상키보드의 성능을 따라잡을 수 있는 가능성을 보고 키 배열을 바꾸어 pilot 테스트를 해보았는데 여기서 사용한 키 배열은 Qwerty-like 3x4 Keypad Layouts for Mobile Phone [3] 이다. 이 배열은 앞서 말한

Australian Classic Keypad와는 다르게 사용빈도와 입력을 위해 움직이는 거리도 고려하여 디자인 한 것이다. Qwerty-like 키패드의 경우 Multi-tap 을 이용할 때 ABC 배열에 비하여 1.5배 정도의 성능 향상이 있었다고 하며 우리의 디자인에서는 그 효과가 많이 줄어들겠지만 성능 향상 여부를 확인하기 위하여 이 키 배열을 사용하여 pilot 테스트를 해 보았다.

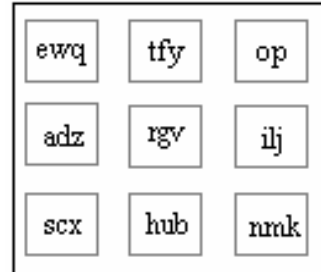


그림 11 Qwerty-like 3x4 Keypad Layouts for Mobile Phone

## 4. 실험

사용성 테스트는 우리가 디자인 한 문자입력방식의 성능을 평가하기 위한 것이다. 우리가 디자인 한 두가지 방식의 성능 비교를 위해 기준이 될 것으로 Multi-tap 역시 실험에 포함 시켰다. 또한 실험에 사용한 장치인 ActivePen이라는 변수를 줄이고 이해를 돕기 위해 화상키보드 역시 실험에 포함하였다.

### 4.1 사용성 테스트

#### 4.1.1 실험방법

실험에 사용한 테스트 프로그램이 한번에 하나의 문장을 보여주고 실험에 참여한 피실험자에게 주어진 문장을 입력하도록 요청하였다. 실험에 사용한 문장은 MacKenzie가 제안한 phrase set을 사용하였다. [2] 피실험자들은 우리가 제안한 두가지 방식인 Stair-tap과 time-tap과 함께 Multi-tap과 화상키보드를 포함해 총 4가지 입력방식을 사용하여 실험에 참여하였다. 이들은 따로 그룹으로 나누지 않고 within subject test로 실험하였고, 피실험자가 사용한 입력방식의 순서는 세션마다 서로 다르게 하였다. 이러한 입력방식의 순서를 섞는데는 Latin-square를 사용하였다. 문장 입력의 경우 사용자가 모든 오타를 수정하여야 다음 문장을 입력할 수 있도록 하였으며 입력을 돕기위해 오타가 발생하면 사용자가 알 수 있도록 비주얼한 피드백을 주었다. 실험을 위해서는 터치 스크린 장치가 필요했는데 이 실험에서는 Wacom사의 타블렛 모니터를 사용하였다.



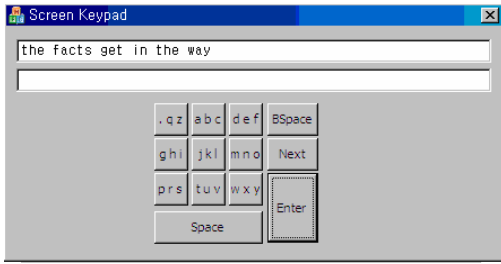


그림 12 태스크 프로그램

#### 4.1.2 참가자

실험 참가자는 네명의 남성으로 평균 21.0세의 대학생 집단이었다. 모든 참가자는 오른손을 주로 사용하였으며 모든 참가자가 피지컬 키보드에 익숙하여 사용한 화상키보드의 키 배열과 친숙하였다. 참가자 중 둘은 펜을 입력장치로 사용하는 장치 역시 익숙하였고 나머지 참가자들 역시 펜을 이용한 장치를 사용한 경험이 있었다.

#### 4.1.3 실험절차

Learning effect와 입력 방식간의 차이를 보기위하여 다섯 번의 세션의 실험을 실시하였다. 첫 세션을 실시하기 전에 피 실험자들에게 각 입력방식에 대한 설명과 함께 연습을 할 수 있는 연습 세션을 주었으며 여기서는 각 방식에 대한 설명된 입력방식 별로 5문장씩 입력할 수 있도록 하였다. 그 후 실시한 실험 세션에서는 각 입력방식당 10문장씩 입력하도록 하였고 대부분의 참가자 들은 한 세션을 20분 이내에 마칠 수 있었다.

#### 4.2 실험결과

실험결과 각 입력방식들이 첫 세션에 비해 마지막 세션에서 나온 성능을 보여주었다. Stair-tap의 경우 특히 큰 성능의 향상을 보여주었다.

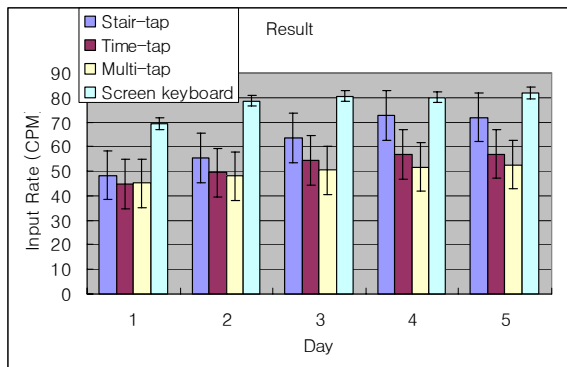


그림 13 사용성 테스트 결과

첫번째 세션의 경우 Stair-tap과 Time-tap, Multi-tap이 8.97~9.67wpm의 거의 비슷한 결과를 보여주었고 화상키보드는 13.84wpm의 속도를 보였다. 화상키보드의 경우 처음

ActivePen을 접하는 부담감에서인지 예상보다 낮은 결과를 보였는데 이것은 두번째 세션부터는 피실험자들이 익숙해지면서 해결되었다. 그럼에도 불구하고 첫세션에서 화상키보드와 화상키패드를 이용한 입력방식에 큰 격차가 존재하였다. 이러한 차이는 다섯번째 세션에서는 줄어들었는데, Stair-tap은 14.39wpm, Time-tap은 12.00wpm, Multi-tap은 10.54wpm, 화상키보드는 16.37wpm의 속도를 보여 첫번째 세션보다는 격차가 줄었음을 볼 수 있다. 이러한 결과는 이미 실험에서 사용한 화상키보드 배열에 익숙해져있던 피실험자들이기에 실험에 사용한 장치인 ActivePen의 사용에 익숙해진 후에는 다른 입력방식에 비해 learning effect를 보일만한 부분이 적었기 때문으로 보인다. 입력과정에서의 오타를 수정한 횟수를 살펴보면 전체 입력 문자 수와 비교해 Stair-tap은 4.09%, Time-tap은 6.72%, Multi-tap은 6.09%, 화상키보드는 2.91%로 서로간의 차이는 4% 미만이었다.

실험결과를 분석해본 결과 우리가 원했던 것처럼 두가지 디자인이 모두 기존의 Multi-tap보다 좋은 성능을 보이지는 못했지만 Stair-tap에서는 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. 첫번째 세션에서는 Stair-tap과 Multi-tap간의 차이를 구분하기 힘들지만 네번째 세션과 다섯번째 세션에서는 One-way ANOVA test를 통해 통계적으로도 구분할 수 있는 차이를 보였다.

표 1 One-way ANOVA test의 p-value

	Session1	Session2	Session3	Session4	Session5
Stair vs. Multi	0.515918	0.204340	0.056388	0.025627	0.006519
Stair vs. Keyboard	0.128243	0.014225	0.097187	0.381872	0.110827

또 다른 흥미로운 사실은 실험 후반에 피실험자들이 각 입력방식에 익숙해져 실험기록이 안정된 후에도 화상키보드와 Stair-tap간의 차이가 뚜렷하게 구분되지는 않았다는 것이다. 또 일부 피실험자는 세션 4 또는 세션 5에서 Stair-tap에서 더 좋은 결과를 얻기도 하였다. 여기서 우리는 실험 중이나 실험 후 설문 등에서 발견된 몇가지 문제점을 수정하면 비슷한 결과를 낼 수도 있을 것이라는 가능성을 보았다. 설문에서 알게된 사실들을 살펴보면 예상했던것과는 다르게 Stair-tap을 사용하는 것이 편했다는 의견이 반이 나오기도 하였고 가장 불편한 입력방식으로 Multi-tap이 선택되었다. 또 피실험자중 세명이 Stair-tap에서 사용한 세단계 간의 차이가 조금 더 확실히 구분할 수 있다면 사용하기가 더 편할 것이라는 의견을 보였다. Pilot test로 조정을 신경을 쓰기는 했으나 키 배열자체의 문제로 너무 큰 차이를 두면 세번째 단계의 문자를 입력하기 힘들어서 결정된 값이었는데 이러한 값으로는 단계를 구분하는데 익숙하지 않은 사용자의 경우 사용하기 힘들다는 것을 제대로 고려하지 못해서 발생한 문제였다.

여기서 Stair-tap의 발전가능성을 보고 키 배열과 Stair-tap의 각 단계의 값의 수정만으로 어느 정도 성능 향상이 있는지 확인해보기 위해 또 다른 pilot test를 해보게 되었다. 부가적으로 버튼의 크기역시 화상키보드와 동일하게 수정하

었다. 먼저 키배열로 Qwerty-like 3x4 Keypad Layouts for Mobile Phone이 사용되었고 이 키배열의 경우 앞서 말했듯이 사용빈도에 따라 각 키에 배치된 문자의 순서가 결정되기에 세번째 문자의 경우 입력이 조금 힘들더라도 전체적인 성능은 향상될 것이라 생각되었다.

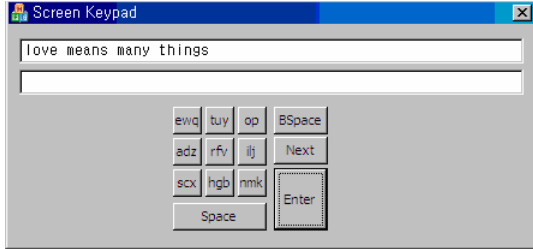


그림 14 Qwerty-like 화상키패드

앞선 실험과는 달리 키패드 배열이 생소하였기 때문에 어느정도 익숙해지기 위하여 세시간정도의 연습 후 실험한 결과 약 20wpm의 결과를 보여주었다. 화상키보드 숙련자들의 실험 결과인 30wpm과는 거리가 있지만, 어느정도 펜 컴퓨터를 사용해왔던 피실험자들이 ActivePen을 사용해 얻은 결과중 가장 좋았던 21wpm과 거의 비슷한 결과를 보였다.

## 5. 결론

본 논문에서는 ActivePen의 기능을 활용하여 Multi-tap 방식을 개선한 보다 효율적인 키패드를 제안하였다. 그리고 우리의 제안을 평가하기 위해 사용성 테스트를 통한 평가 결과도 보여주었다. 실험결과 제안한 방법중 한가지인 Stair-tap의 경우 Multi-tap과 구별되는 좋은 성능을 보였으며 화상키보드에 비해서도 크게 뒤떨어지지 않는 성능을 볼 수 있었다. 보다 좋은 성능을 보기위해 실시한 추가 pilot test의 경우 키배열과 Stair-tap의 단계별 값을 바꾸는 것으로도 일반적인 사용자들이 화상키보드를 이용하는 것과 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

키패드는 작은 크기를 장점으로 하여 모바일 기기 등에 많이 사용되지만 느린 입력속도를 가지고 있었다. 이러한 문제를 Stair-tap으로 해결한 화상키패드의 경우 성능의 차이는 그다지 보이지 않으면서도 화상키보드에 비해 현저히 적은 버튼으로 문자 입력이 가능하기에 화면상에 차지하는 공간도 적으며 항상 띄워 놓는 데도 큰 부담이 없어 사용하기에 편리할 것으로 예상된다.

## 참고문헌

[1] Jaewook Jung. ActivePen: New Interaction Styles for Tablet PC Using a Haptic Feedback Stylus. Information and Communications University, 2006.

[2] MacKenzie, I. S. & Soukoreff, R. W. Phrase sets for evaluating text entry techniques. Extended Abstracts of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems – CHI 2003, ACM Press (2003). pp.754–755.

[3] Sunyou Hwang & Geehyuk Lee. Qwerty-like 3x4 Key-pad Layouts for Mobile Phone. CHI 2005 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2005, ACM Press. pp.1479–1482

[4] MacKenzie, I. S., Kober, H., Smith, D., Jones, T. and Skepner, E.. LetterWise: Prefix-based disambiguation for mobile text input. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology – UIST 2001, pp. 111–120. New York: ACM.

[5] André Meyer, Pen computing: a technology overview and a vision, ACM SIGCHI Bulletin, Volume 27, Issue 3, p.46–90, July 1995

[6] LaLomia, Mary J., User Acceptance of Handwritten Recognition Accuracy, Conference Companion, CHI '94 (ACM Conference on Computer-Human Interaction), Boston, 1994, p. 107

[7] Palm, Inc. (2003). Graffiti 2 Stickers, [http://www.palm.com/us/support/handbooks/graffiti2\\_sticker.pdf](http://www.palm.com/us/support/handbooks/graffiti2_sticker.pdf)

[8] MacKenzie, I. S., & Soukoreff, R.W. Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. Human-Computer Interaction, 17, pp.147–198, 2002.