

## 장갑형 입력장치의 개발

원대회\*(한국생산기술연구원), 이호길(한국생산기술연구원), 김진영(한국생산기술연구원),  
박종현(한양대학교 기계공학부)

### Developments of Glove-based Input Device.

D. H. Won(KITECH)\*, H. G. Lee(KITECH), J. Y. Kim(KITECH),  
J.H. Park(School of Mechanical Eng., Han Yang Univ.)

#### ABSTRACT

Recently, the research for the mobile computing such as PDA, Palm PC and wearable computing related technologies is widely under development, specially for the input device. Among the mobile input methods are speech recognition, handwriting recognition and cording type. However these systems have the problems of the data input apparatus like input speed and recognition rate. This paper presents the Glove-based input device which could solve the system's data input problem. By the experimental results suggest the method of proposional input method that utilize the hand's movement is appropriate for the effective mobile input devices.

**Key Words** : Input Device (입력장치), Wearable Computer (웨어러블 컴퓨터), Keyboard(키보드), Data Glove(데이터 글러브), Virtual Keyboard(가상 키보드)

#### 1. 서론

최근에는 특히 PDA, Palm PC, Wearable Computer 등 mobile computing 기술에 관한 연구개발이 활발하게 진행되고 있으며, 더불어 모바일 입력장치(mobile input device)에 대해서도 연구되고 있다.

현재 가장 활발한 개발이 진행되고 있는 모바일 입력 장치의 기술로는 음성인식(speech recognition), 필기체인식(handwriting recognition) 기술이 있으며 이미 부분적으로 상용화 되었다. 이러한 기술은 인간에게 있어서 가장 편리하고 직관적인 입력수단을 제공하여 향후 새로운 입력장치로서 중요한 자리를 차지하겠지만 음성인식 기술의 경우에는 인식을 향상, 명령어와 데이터를 분리 인식해야 하는 파제가 남아 있으며 필기체 인식 기술의 경우에도 인식을 향상과 함께 입력 속도에 대한 문제가 해결되어야 한다. 또한 기술적인 문제점의 해결과는 별도로 장문의 문서를 작성해야 하는 경우에는 음성인식이나 필기체 인식에 의한 입력작업은 다소 무리가 따르기 때문에 장문의 문자 입력에 관한 기존의 타이핑 입력방식은 고유한 영역을 계속 유지하게 될 것이다. 따라서 위의 인식 기술과는 달리 기존의 키

보드와 같은 타이핑 입력방식이면서 모바일 컴퓨팅 환경에 적응 할 수 있는 새로운 입력장치에 대한 연구가 요구되고 있다. Twiddler, Dataegg [6] 등의 입력장치는 단순한 입력이나 휴대성에는 매우 이점이 있지만 사용자가 새로운 입력방법에 대해 학습 해야 한다는 단점이 있고 대량의 문서 입력작업에는 부적합하다. Stowaway portable 키보드는 기존의 키보드를 기계적으로 3 등분하여 이동시에 휴대할 수 있도록 한 제품으로서 기존의 키보드형태를 그대로 가지기 때문에 가장 확실하고 간단하게 모바일기에 적용할 수 있는 이점이 있으나 이동중이나 협소한 장소에서 사용하기에는 제약이 따른다. 따라서 이동성 및 휴대성이 우수하면서도 사용자의 새로운 학습 없이도 기존의 키보드 타이핑 방식을 그대로 적용할 수 있는 입력장치에 대한 연구가 요구되어 진다.

따라서 본 논문에서는 기존 키보드를 이용한 타이핑 작업시의 손동작을 인식하여 키보드기능을 대체할 수 있는 저가의 장갑형 입력장치를 제안하고자 한다. 이러한 장갑형 입력장치는 기존 키보드의 키배치를 그대로 적용하기 때문에 사용자가 다시 그 사용법을 익힐 필요가 없으며 타이핑 작업공간

등의 제한을 받지 않고 현재와 같은 물리적인 키보드 없이도 입력기능을 구현할 수 있게 된다. 이를 위해 우선 장갑형 입력장치의 개발시 요구되는 일반적인 고려사항을 제안하고 이러한 고려사항을 기초로 본 연구에서 개발한 장갑형 입력장치에 대하여 소개한다.

## 2. 장갑형 입력장치 개발시 고려사항

장갑형 입력장치의 구성요소로는 크게 1) 인간의 손동작, 즉 손가락의 위치 정보 및 키 눌림동작을 감지 할 수 있는 손동작 감지부, 2) 센서로부터의 출력신호를 입력장치가 목적으로 하는 데이터로 변환시켜주는 신호 처리부와 3) 변환된 데이터로부터 키보드로서의 기능을 구현해주는 응용프로그램으로 나눌 수 있다.

먼저 기존의 전형적인 키보드(QWERTY 키보드)의 타이핑 작업시 요구되는 손 관절의 자유도는 다음과 같다.

인간의 손이 가지고 있는 자유도는 총 27 개 이다. 그러나 타이핑 작업시 이러한 27 개의 자유도가 순수하게 모두 요구되지는 않는다. 즉, 키의 위치를

$$\theta_{DIP} = (2/3)\theta_{PIP}$$

정하기 위한 PIP 관절(Proximal interphalangeal joint)과 DIP 관절(Distal interphalangeal joint)의 굽힘동작을 살펴보면 각 관절이 순수하게 독립적으로 동작하는 것이 아니라 아래와 같은 상호 종속적인 관계가 존재한다. [1][2]

검지와 약지의 경우에는 내전(abduction)-외전(adduction) 동작과 손목의 회전동작에 의해 키보드의 두 세로열(예: 왼손검지의 경우, 'RFV' 세로열과 'TGB' 세로열)을 타이핑 하게 된다. 이때 내·외전 동작은 MP(Metacarpalangeal)관절이 관여하게 되고 손 전체의 회전은 손목관절이 관여하게 된다. 때로는 팔을 이용하여 손 전체의 위치를 이동하기도 한다 그리고 키의 누름 동작은 MP 관절의 굽힘동작에 의해서 이루어지게 된다.

따라서, 키의 위치를 정하는데 7 개, 키를 누르는 동작에 5 개, 손의 전체의 위치를 정하는데 3 개의 자유도를 포함해서 최소 15 개의 자유도만으로도 키보드를 이용한 타이핑 작업이 가능하다. 즉, 손동작 감지부에서는 키의 위치를 정하는데 사용되는 PIP 관절의 굽힘량을 측정하기 위한 센서 5 개, 손가락 사이의 내·외전 동작을 측정하기 위한 센서 2 개, 손 전체의 이동 및 회전량을 측정하기 위한 3 개의 센서와 키의 누름 동작을 하는데 사용되는 MP 관절의 굽힘량을 측정하는 5 개의 센서가 최소한 요구된다.

신호 처리부에서는 센서로부터의 출력신호를 입

력장치가 목적으로 하는 최종의 데이터(손끝의 위치와 키 눌림 유무)로 변환시켜주는 역할을 한다 따라서 신호 처리부에서는 다음과 같은 주요 기능이 요구되어진다 우선 사용된 센서들의 출력이 대부분 비선형성을 가지고 있기 때문에 그 신호들의 선형화가 필요하며 저가의 센서들을 사용할 경우에는 노이즈의 제거가 필수적이다. 그리고 센서의 출력값을 손끝의 위치값으로 변환해주는 변환 알고리즘이 필요하다. 또한 다양한 사용자들의 손의 형상에도 대응 할 수 있는 오차 보정 알고리즘이 요구된다.

응용프로그램에서는 신호처리부의 데이터로부터 실제 키보드기능을 구현해주는 역할을 담당하게 된다. 키보드기능을 구현시 요구되는 주요 기능은 다음과 같다. 우선 이러한 장갑형 입력장치는 기존 키보드와는 달리 사용자가 시각적으로 참고할 물리적인 기준이 없기 때문에 응용프로그램에서 시각적인 기준을 제공해주어야 한다. 또한 같은 사용자라도 사용 습관 및 환경에 따라 타이핑 작업의 패턴이 조금 달라 질 수 있기 때문에 이러한 사항에 적응하여 오타를 줄일 수 있는 알고리즘이 요구된다.

앞에서 살펴본 것 외에도 타이핑 작업은 키 누름시 발생하는 소리나 손끝의 촉감에도 많은 영향을 받기 때문에 키보드의 기능을 최대화 시키기 위해서는 이러한 감성공학적 측면도 고려되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 설계 요구사항을 고려한 장갑형 입력장치, 즉, Key-Glove 를 개발하였다.

## 3. Key-Glove 의 개요

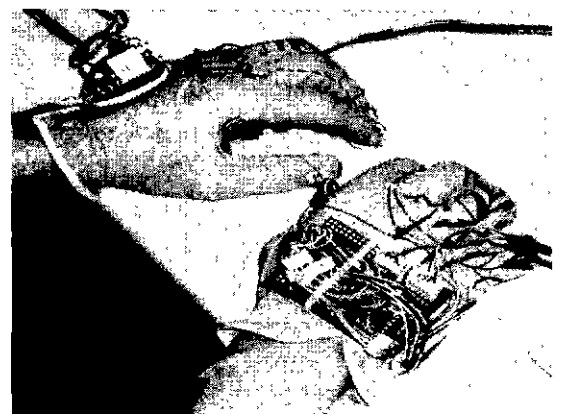


Fig. 1 Glove-based input device

본 연구에서 개발된 Key-Glove 는 Fig. 1 과 같으며 Key-Glove 시스템은 크게 손동작 인식을 위한 손동작 감지부, 센서로부터의 출력신호를 입력장치

가 목적으로 하는 데이터로 변환시켜주는 신호 처리부와 변환된 데이터로부터 키보드로서의 기능을 구현해주는 응용프로그램으로 나눌 수 있다

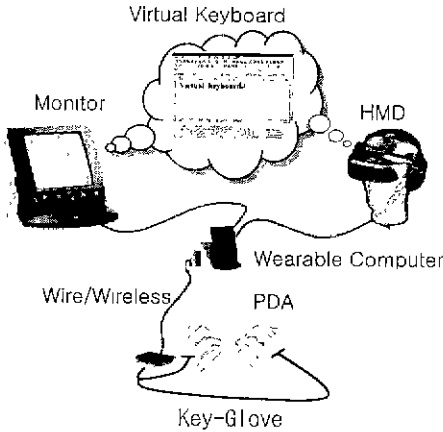


Fig. 2 The concept of glove-based input device

Key-Glove 시스템은 Fig. 2 와 같이 사용자가 휴대하기 편리한 장갑을 착용한 상태에서 정지 및 이동 등 어느 환경에서나 입력장치로서의 기능을 하도록 하며 초보 사용자의 경우에도 쉽게 사용할 수 있도록 모니터 또는 HMD 상에 가상의 키보드와 현재 손의 모양을 재구성하여 보여줌으로써 입력작업에 직관적하도록 한다. 물론 PC 와의 인터페이스에서는 유선 뿐만 아니라 무선 인터페이스 기술(ex IrDA, Bluetooth)를 적용하여 PC 외에도 다른 기기와 통신하여 입력장치로서의 기능을 하도록 한다.

#### 4. 손동작 감지부

Key-Glove 의 손동작 감지부는 타이핑 작업시 손의 굽힘량과 위치 정보를 측정하는 부분이다.

먼저 손끝의 위치를 예측하기 위한 PIP 관절의 굽힘량 측정에 사용되는 센서는 기존의 키보드를 이용한 타이핑 작업시와 같이 손끝의 위치를 3 단계만 구분할 정도의 정밀도를 가진 저가의 센서를 사용한다 손가락의 PIP 관절의 굽힘량 측정 방법으로는 굽힘센서를 이용하는 방법, 광섬유를 이용하여 굽힘량에 따른 위상차를 측정하는 방법, 유체가 들어있는 유연한 관의 굽힘에 의한 압력의 변화를 측정하는 방법 등 다양한 방법이 있다. 하지만 위에 제시된 방법들은 정밀도는 높으나 대부분이 복잡한 부가회로가 필요하여 구현이 복잡하고 또한 고가이기 때문에 손동작 감지부의 센서로서는 부적합하다. 따라서 저가이고 비접촉식이며 부가회로도 비교적 간단한 반사형 적외선 광센서를 채택하였다. Fig. 3 은 채택된 적외선 광센서로 PIP 관절의 굽힘량을

측정하는 원리를 보여준다

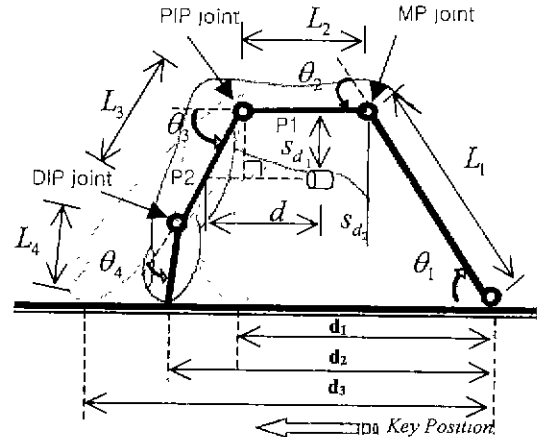


Fig. 3 Principle of measurement of finger tip's position

여기서  $s_{d1}, s_{d2}$  는 장갑형 입력장치 제작시 광센서가 부착된 위치이고  $L_1 \sim L_4$  는 사용자의 각 손가락 마디의 길이이며  $\theta_1 \sim \theta_3$  는 손가락 각 관절의 굽힘각이고  $d$  값은 센서에 의해 측정 가능한 측정값이다. Fig. 3 에서 보듯이 엄지를 제외한 각 손가락의 PIP 관절의 굽힘량을 측정하기 위해 손가락의 첫번째 마디 (P1 . Proximal phalanx)의 중간 부분에 광센서를 부착하여 손가락의 두번째 마디(P2 . Middle phalanx)에 광이 반사되어 되돌아오는 광량의 변화를 측정 하였으며 Fig. 4 와 같이 검지와 중지사이, 약지와 소지사이의 내.외전 동작을 측정하기 위해 두 손가락 사이에도 광센서를 부착하였다

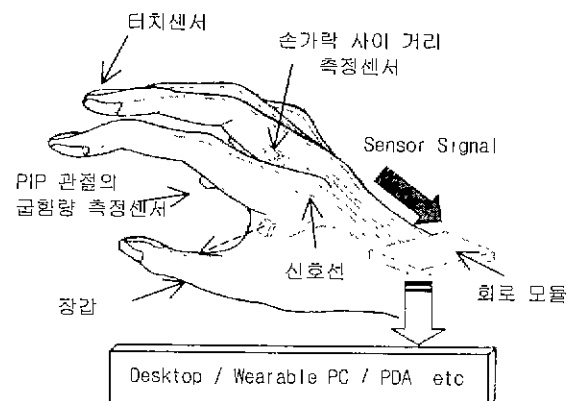


Fig 4 Glove-type hand tracking system

MP 관절의 굽힘량에 의한 키놀림동작을 알아내기 위해 키 놀림 동작시 on/off 신호를 발생하도록 손끝에 필름형 터치센서를 부착하였다.(Fig. 4)

손 전체의 이동량 및 회전량을 측정하기 위해서

는 가속도 센서와 자이로센서등이 필요한데 이러한 센서들은 오차에 의한 드리프트 현상이 발생하고 고가이며 회로가 복잡해져 장갑에 탑재하기에는 부적합하여 비교적 신호처리가 간단한 옵티컬 마우스 센서를 손바닥에 부착 하였다. 이러한 옵티컬 마우스 센서를 사용할 경우에는 센서가 바닥면의 미세한 광 패턴 변화를 감지하여 방향변화를 측정하기 때문에 특성상 타이핑 작업시 손목부분이 지면에 지지 되어 있어야 한다는 전제 조건이 필요하다.

앞서 살펴본 바와 같이 손동작 감지부는 장갑 1 개, 광센서 7 개, 터치센서 5 개, 옵티컬 마우스 센서 1 개가 탑재되어있는 1 조의 장갑형 감지부로 구성되어 있으며 Fig 5은 실제 제작된 손동작 감지부이다



Fig 5 Hand tracking system

### 5. 신호 처리부

신호 처리부는 센서로부터 의 출력신호를 입력 장치가 목적으로 하는 데이터로 변환하는 기능을 담당한다.

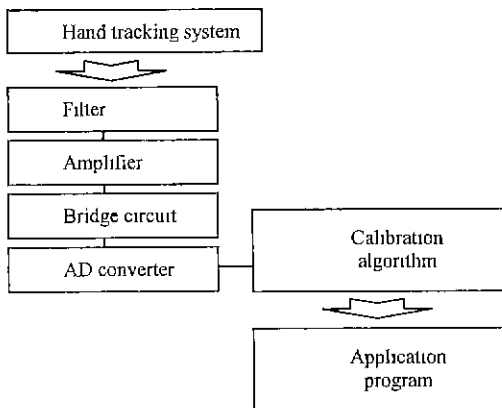


Fig. 6 Procedure of signal process

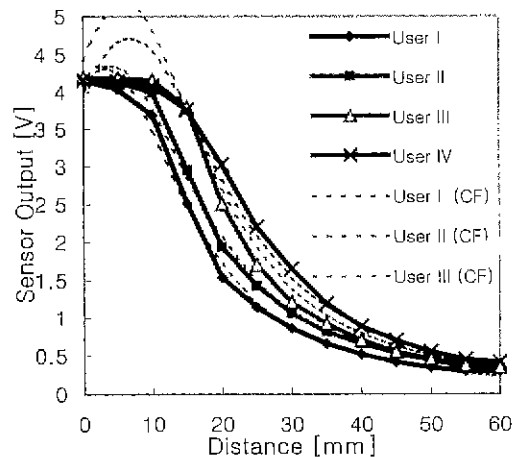
먼저 신호처리부에서는 센서의 외부광에 의한

오차를 줄이기 위한 펄스구동방식을 적용하였고 센서로부터의 출력은 MUX 에 의해 스캔하여 1 채널 ADC로 검출되는 방식을 사용하였다 Fig 7 의 (a)는 손가락의 길이가 서로 다른 네명의 사용자에게 대하여 손끝의 위치 변화에 따른 센서의 출력값을 10 회 반복하여 평균한 실험 결과이다. 이때 손가락의 길이 관계는 다음과 같고 기준 위치는 PIP 관절의 굽힘각  $\theta_0 = 90^\circ$  일 때를 0mm로 하였다.

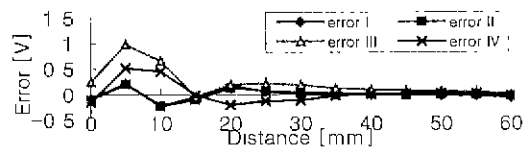
$$User I < User II < User III < User IV$$

Fig. 7 의 (a)에서 보면 손가락의 길이에 따라 센서의 출력에 변함은 있으나 패턴은 같은 것을 볼 수가 있다. 즉, 손가락의 형태가 달라도 굽힘량을 예측하는데 적용 가능함을 알 수가 있다 따라서 실험 데이터를 가지고 손동작 감지부에서의 센서 출력을 어떠한 함수로 근사화 할 수 있는지 찾아내 이 그 함수를 손끝의 위치를 예측하는데 이용하고 또 이를 보정 알고리즘에 이용할 수 있다. 여기서 실선은 실험 측정 데이터이며 점선은 실험 데이터를 가지고 curve fitting 한 함수이다.

Fig. 7 의 (b)는 실험 결과와 근사화된 함수와의 오차를 보여준다.



a) Comparison of sensor output of users



b) Difference between fitting curve and measurement value.

Fig 7 Finger tip's position vs sensor output

이 두 데이터간의 오차는 0~15mm 사이에서 많은 오차를 보인다. 그러나 이 범위는 타이핑시 거의 이용하지 않는 부분이므로 무시 할 수 있다.

본 논문에서는 손끝의 위치(L)와 센서 출력값(v) 사이의 관계를 일반적인 함수로 근사화하여 역으로 센서의 출력값을 측정하여 손끝의 위치를 예측하는데 사용하였다. 처음부터 Fig. 7의 (a)에 대한 역함수(센서의 출력값(v)과 손끝의 위치(L)에 대한 함수)를 찾아낼 수도 있지만 그 과정이 매우 복잡하고 오차 범위내에서 근사 함수 모델을 찾기에는 불가능하여 이와는 반대의 경우로 접근하였다.

본 실험의 데이터를 curve fitting 한 결과, 비교적 계산이 간단한 이차의 역수 함수(Reciprocal Quadratic Function)로 근사가 가능하였다

$$V(L) = \frac{1}{a + bl + cl^2} \quad (1)$$

여기서 V(l)는 센서의 출력값이고 L 은 손끝의 위치이며, L의 기준위치는  $\theta_3 = 90^\circ$  일때를 0으로 하였으며 사용자 I에 대한 결과는 다음과 같다.

$$V(L) = \frac{1}{0.24606 - 0.00851l + 0.00128l^2}$$

이렇게 식 (1)으로부터 L(v)에 대한 식을 구하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$L(v) = \frac{-av \pm \sqrt{((b^2 - 4ac)v^2 + 4cv)}}{2cv} \quad (2)$$

이러한 과정에서 구한 식(2)의 계수 값 a, b, c는 사용자의 손가락의 길이에 따라 변하며 이 값들을 알고리즘에 의해 적절한 값을 선정한다면 오차를 줄일 수 있을 것이다.

## 6. 타이핑 응용프로그램

응용프로그램에서는 신호 처리부에서 변환된 데이터를 가지고 실제 키보드로서의 기능을 구현한다

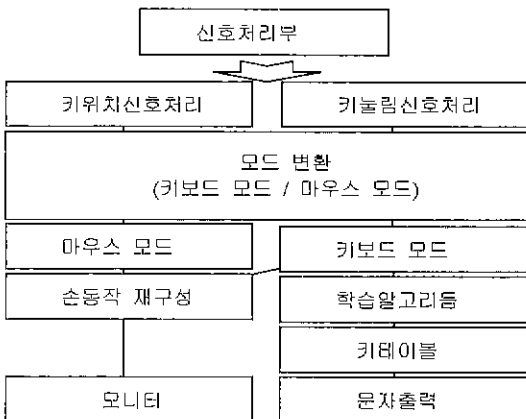


Fig. 8 Flow chart for typing application program

Fig. 8 과 같이 신호처리부를 거친 데이터값으로

부터 현재 사용자가 입력장치로 사용하고자 하는 것이 키보드인지 마우스인지를 판단하여 키보드일 경우에는 센서 출력으로부터 손끝의 위치를 3 단계로 구분하여 현재의 손의 모양을 재구성하여 화면에 보여주고 키 누름 동작이 일어났을 경우에 키 테이블을 통해 해당하는 문자를 출력하는 과정을 거치며 이러한 과정 중에는 학습을 통하여 사용자의 입력 습관을 기억해가고 이를 이용해 오타를 줄이는데 이용하도록 한다 그리고 마우스일 경우에는 손 전체의 이동방향에 따라 포인터를 이동하는 과정을 거치게 된다. Fig 9는 개발된 타이핑 응용프로그램을 나타낸다.

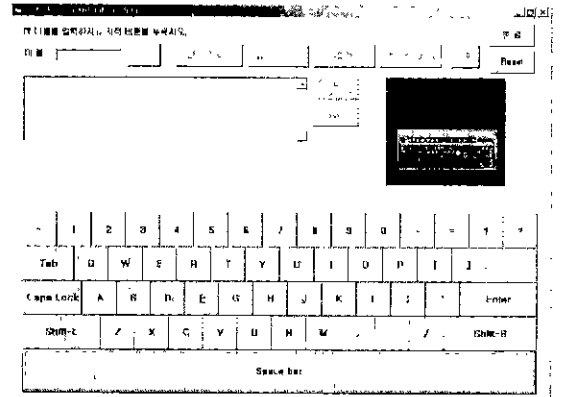


Fig. 9 Typing application program

본 논문에서는 타이핑 응용프로그램으로 물리적인 키보드 없이 단지 손동작에 의해서만 간단한 영문장을 타이핑하는 실험을 수행하였다. 본 실험에서 손 관절의 굽힘각 범위는 자연스러운 타이핑 자세에서 사용되는 PIP 관절의 굽힘각 범위  $0^\circ \sim 90^\circ$  내에서 실험하였고 MP 관절은 단지 키의 눌림상태만을 인지할 수 있도록 하기 위해 굽힘각 측정이 아닌 on/off 신호만을 발생토록 하여 실험에 사용하였다. 기존의 키보드를 이용한 타이핑 자세중 손의 상태는 손목과 팔에서의 지지점만 갖으나 손가락이 공중에 떠 있는 상태이며 각 근육에 인위적인 힘에 의해서 만들어지는 상태가 아닌 힘이 들어가 있지 않은 자연스러운 타이핑 자세에서 수행하였으며 실험자는 기존의 키보드의 키 배치를 미리 알고 있다는 가정하에 수행하였다 그리고 검지(Index finger)는 내·외전 동작에 의해 키보드의 두개 세로열을 누를 수 있도록 하였고 타이핑작업을 하기 전에 먼저 실험자는 자신의 타이핑습관에 의해 알파벳을 A~Z 까지 타이핑 한 다음 각 키의 위치를 초기화 작업 후, 영문장 타이핑작업에 들어갔으며 Fig 10의 초기화 작업에 의한 reference point 를 나타낸다 키보드의 상·중·하의 경계치는 초기화시 저장된 데

이터를 가지고 손끝 위치를 계산하여 3 등분하여 정하였다.

## 참고문헌

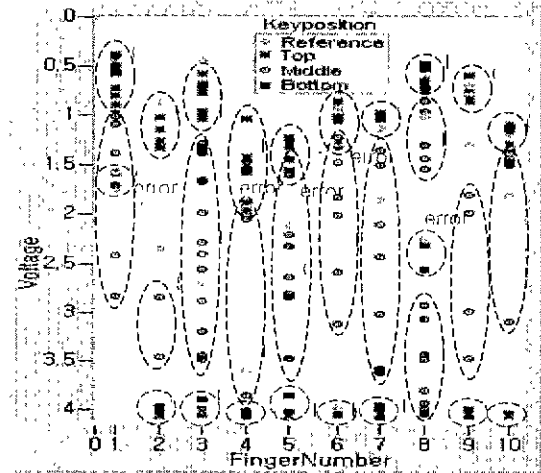


Fig. 10 The results of test typing using glove-based input device

Fig. 10 은 실험자가 영문장을 타이핑 하였을 때의 해당 문자에 대한 센서 출력값을 각 손가락에 따라 나타낸 것이다. 실험결과에서 보듯이 타이핑 시 손가락의 상하 이동의 결함에 의한 오차가 발생한 것을 볼 수가 있다. 이러한 오차는 타이핑 작업의 특성 분석을 통한 보정 알고리즘등을 적용하여 최소화 시킬 수 있다 [7]

## 5. 결론

본 논문에서는 최근의 mobile computing 환경에 적합한 장갑형 입력장치의 개발을 위하여 다음과 같은 사항을 수행하였다

- 1) 저가의 장갑형 입력장치의 개발시 요구되는 설계 고려사항을 제안하였다.
- 2) 이러한 설계 고려사항을 기초로한 Key-Glove 를 설계·제작 하였다. 즉, Key-Glove 의 손동작 감지부, 신호처리부와 타이핑 응용프로그램을 직접 설계 제작 하였다.
- 3) 센서의 데이터 분석방법과 오차를 최소화 할 수 있는 방법에 관한 고찰을 하였다.
- 4) 설계된 시스템을 실제 사용자에게 적용하여 봄으로써 개발된 장갑형 입력장치의 실현 가능성을 확인하였다

향후과제로서는 다양한 사용자의 타이핑습관에 따라 타이핑 scale 을 조절하는 학습알고리즘, 다양한 손의 크기에 적용할 수 있는 보정 알고리즘등에 대한 연구가 요구되어진다.

1. Jintae Lee and Tosiyasu L. Kunil, "Model-Based Analysis of Hand Posture", *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp. 77-86 1995.
2. D. Sturman and D. Zeltzer, "A Survey fo Glove-Based Input", *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 14, No. 1, Jan. 1994. pp. 30-39
3. Fukumtp M. and Tonomura Y. , :Body coupled FingRing", *Proceeding of CHI'97, ACM press*, pp 147-154, 1997
4. Krocmer H. H. E. , "Human engineering the keyboard," *Human Factors*, Vol. 14. pp. 51-64, 1972
5. Waleed K. , *GRASP, Recognition of Australian sign language using instrumented gloves*, M S. thesis in the University of New South Wales. 1995.
6. [http //www.tifaq.com/keyboards.html](http://www.tifaq.com/keyboards.html), Alternative keyboards-typing injury FAQ
7. 김진영, *가상키보드의 개발을 위한 숙련 타이핑 패턴에 관한 연구*, 성균관대학교 석사학위논문, 2000