

Keyboard Frame의 평면경사각과 측면경사각 및 Keypad 평면회전각의 변화가 Typing 수행도에 미치는 영향에 관한 연구

이면우* 전영호** 장성록* 이도준* 최재호* 김대철* 지철규* 박현구*
* 서울대학교 산업공학과 ** 홍익대학교 산업공학과

One More Many More Criteria for a Design of Ergonomic Keyboard - Slope Angle

Myun W.Lee, Young H.Chun, Seong R.Chang, Do J.Lee, Jae H.Choe,
Dae C.Kim, Cheol G.Ji, Hyun G.Park
* Seoul National Univ. Dept. of I.E.,** Hongik Univ. Dept.of I.E.

Abstract

Occupational disease among typists such as Carpal Tunnel Syndrome(CTS) and tendonitis has increased along with the rapid expansion of office automation. During typing, the posture can be defined as forearm pronation, ulnar abduction, wrist extension and finger flexion. The CTS results from awkward posture between forearm-wrist-hand and the keyboard arrangement.

Therefore, ergonomic principles should be emphasized in keyboard design. The objective of the study is to improve keyboard design by analyzing anatomical posture of forearm and hand during typing.

An experimental study was performed to investigate relationships between a keyboard and typing performance. Results showed that typing performance is dependent to angles and slopes of a keyboard. Statistical analysis indicated that the suggested ergonomic keyboard improved typing speed significantly(17%).

keyword : keyboard, horizontal slope, lateral slope, horizontal rotation angle,
task performance, ergonomic keyboard design

I. 연구배경

정보혁명이 진행됨에 따라 computer의 보급 및 사용이 급속히 확대되고 있다. 이러한 Computer 보급의 증가는 작업능률 향상과 함께 keyboard를 이용한 typing 작업의 증가를 가져왔다. 예를 들면, 일일 8시간 근무하는 사무직 여성의 경우 하루에 약 75,000번의 key stroking 작업을 수행하고 있다는 보고가 있다[10,12].

Keyboard 사용이 확대됨에 따라 목, 어깨, 전완, 허리, 손목 등의 통증을 호소하는 작업자가 늘고 있다[그림 I.1-a 참조]. 특히 손목 통증은 작업자세와 관련된 근육피로 현상으로 carpal tunnel syndrome(CTS), 건의 염증 등과 같은 직업병으로 발전하고 있다. 그림 I.1-b에서 보는 바와 같이, 전완의 회내(pronation)와 손목의 외전(ulnar abduction)은 작업자의 동작범위를 제한시키고 있기 때문에 전완 및 손목의 통증을 유발시키고 있다[6,8,9].

이러한 불편 및 통증을 줄이는 방안으로 작업자세와 관련된 것은 책상높이, 의자높이, 모니터 위치 등을 조정하는 방안이 제안되었다[7,9].

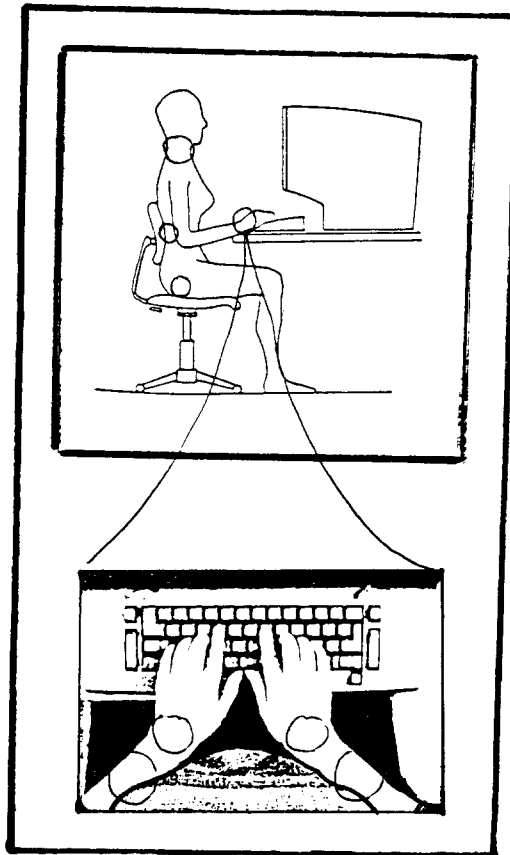


그림 I.1 Typing 작업시 불편 및 통증 발생 부위

그러나, CTS, 건의 염증 등을 유발하는 전완의 회내(pronation), 손목의 외전(ulnar abduction), 신전(extension), 굴곡(flexion)은 keyboard 각도에 의해 영향을 받으므로[8], 책상과 의자의 조정으로 개선될 수 없다. 즉, CTS와 건의 염증은 keyboard의 인간공학적 설계를 통해서 개선될 수 있다.

Keyboard의 인간공학적 설계는 과거에 이미 많은 연구와 prototype 개발이 이루어 졌다. 그 예로서, 그림 I.2에 나타난 바와 같은 Maltron keyboard, NEC 모리파 keyboard, 스위스의 STR keyboard, Michael Rose의 keyboard 등이 있다[2].

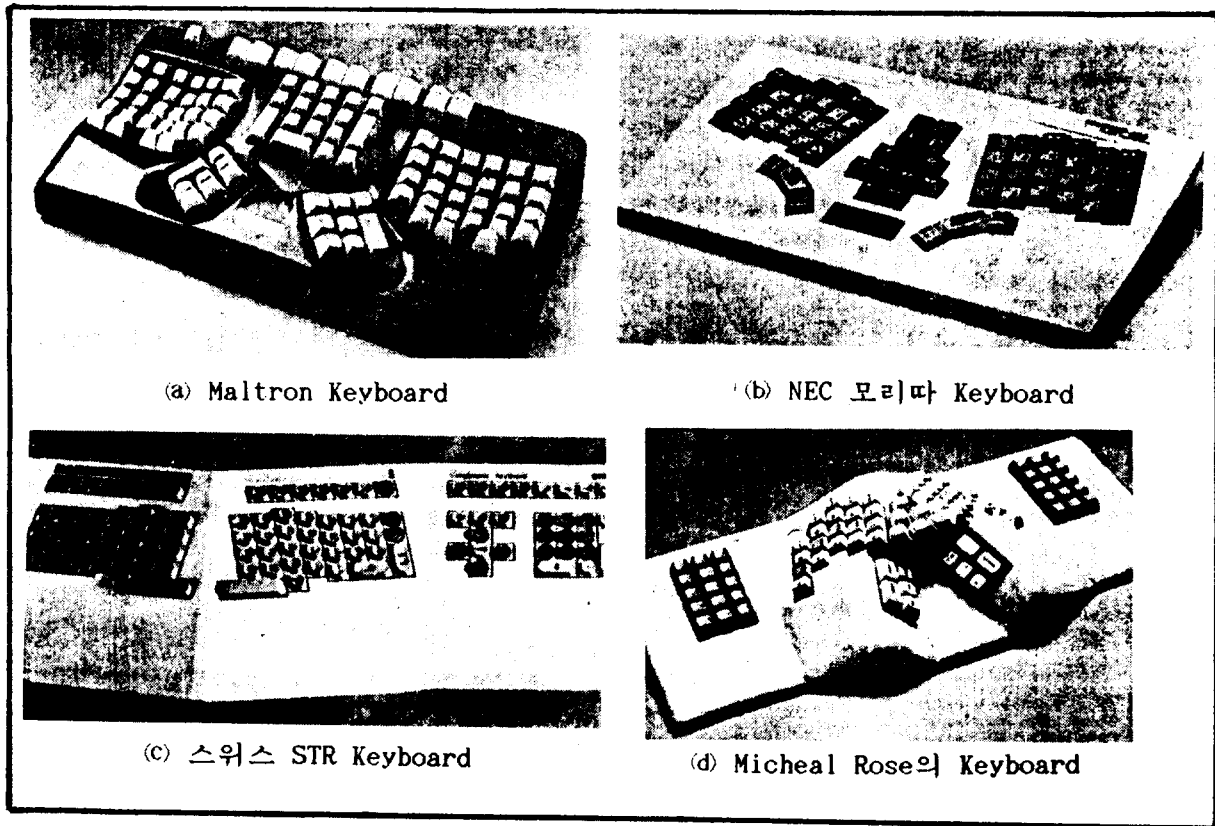


그림 I.2 인간공학적 keyboard의 연구사례

인간공학적 keyboard 설계를 위해 수행된 연구중에서 keyboard 각도와 관련된 실험 연구들을 정리하면 표 I.1과 같다. 표 I.1에 나타난 바와 같이, 과거의 연구는 주로 keyboard frame의 각도에 집중되었으며, 작업자의 작업수행도에 대한 평가기준으로는 속도, error, 피로도 및 피실험자의 주관적인 평가(subjective rating)가 흔히 사용되었다[2].

Typing 작업자의 전완 및 손목의 통증은 기존 keyboard 설계에 문제점이 잠재되어 있음을 알 수 있다. 기존 keyboard의 문제점을 개선하기 위하여 keyboard 각도에 대한 연구가 수행되었으며, 각도를 고려한 여러 종류의 인간공학적 keyboard가 제안되었다. 그러나, 표I.1에서 알 수 있는 바와 같이, keyboard의 측면경사각에 대한 연구가 없으며, keyboard 각 각도 간의 연관관계를 고려한 연구는 미흡한 상황이다.

표 I.1 keyboard 각도에 대한 연구동향

참고문헌	측 정 변 수				독립 변수	결 과
	speed	error	fatigue	subjective judgement		
Creamer & Trumbo (1960)	typing speed	number of errors	subjective rating		left .vs. right 0, 22, 44, 66, 88	0 .vs. 44 5% speed 증가
Kroemer (1964)	typing rate	number of errors		preference	vertex angle 30, 45, 60, 90 K-keyboard .vs. STD keyboard	subject prefer 60
Kroemer (1965)	typing rate	number of errors	heart rate		vertex angle 30, 50 K-keyboard .vs. STD keyboard	77/1000 error 127/1000 error
Zipp P. Haider E. Halpern N. & Rohmert W. (1983)			EMG		angle, pronation, ulnar abduction	pronation 0-60 ulnar abduction 0-15

II. 연구 목적

Keyboard의 인간공학적 설계는

- key의 모양,
- key의 배열,
- keyboard의 각도

등으로 구분될 수 있다[7,9]. 이중 손목 통증에 큰 영향을 미치는 요소는 keyboard의 각도이므로[8], 본 연구에서는 keyboard 각도 변화에 따른 typing 작업 수행도의 변화를 알아보고자한다.

Keyboard의 설계와 관련된 각도계원으로는 keyboard frame의 평면경사각(α), 측면경사각(β), keypad의 평면회전각(γ)을 들 수 있다[그림 II.1 참조].

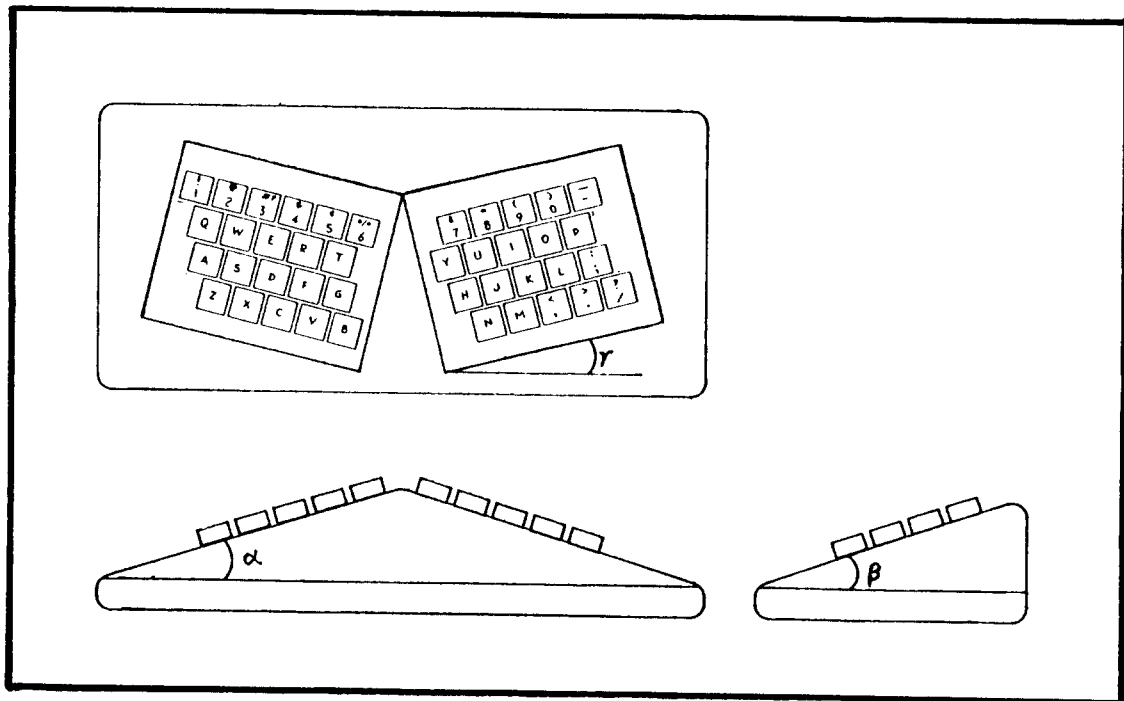


그림 II.1 Keyboard의 각도

본 연구에서는 keyboard frame의 평면경사각과 측면경사각 및 keypad의 평면회전각의 변화가 작업자의 typing 작업수행도에 미치는 영향을 파악하고, 작업수행도를 최대로 하는 keyboard의 적정 각도조합을 실험적으로 제시하고자 한다.

III. 실험 계획

Keyboard frame의 평면경사각과 측면경사각 및 keypad의 평면회전각의 변화는 typing 작업과 관련된 전완의 자세, 손목의 자세를 결정한다. 따라서, typing 작업의 작업수행도는 이들 각도의 함수로 표현할 수 있다고 가정할 수 있다.

III-1. 실험기기

실험기기는 keyboard의 높이를 조절할 수 있는 작업 table, 작업자의 작업수행 결과를 PC로 연결해 주는 controller 및 자료의 저장과 처리를 담당하는 personal computer로 구성되었다.

◦ 모형 keyboard와 실험용 table

모형 keyboard는 기존 keyboard를 반으로 절단한 형태로서, keyboard frame의 평면경사각과 keypad의 평면회전각을 조절할 수 있도록 제작되었으며, key의 배열은 기존의 QWERTY 배열을 따르도록 하였다. 모형 keyboard는 실험용 table 위에 얹히지며 keyboard frame의 측면경사각은 실험용 table에 의해 조절되어 진다. 측면경사각은 -15° 에서 45° 까지 조절 가능하며, 평면회전각은 0° 에서 45° 까지 조절 가능하다. Keyboard frame의 평면경사각과 측면경사각 변화에 따른 keyboard의 높이 및 피실험자의 앉은 키 차이를 보정하기 위하여 실험용 table의 높이를 변화시킬 수 있도록 제작하였다.

◦ Controller

Controller는 모형 keyboard와 PC를 연결하여 data의 on-line 처리를 수행할 수 있도록 제작되었다. 기능은 PC port에 부착하여 key를 누른 즉시 key 값을 인지하고 이를 PC로 전송하는 것이며, 8개 key 값을 동시에 입력 받을 수 있게 IC를 이용하여 제작되었다.

◦ Computer

16 bit PC(CPU : Intel 8088)를 이용하여 controller에 의해 전송된 값을 program에 의하여 처리하도록 하였다. 본 실험에 사용된 program은 C 언어로 작성되었으며, 피실험자가 모형 keyboard의 key를 누르면 bit 단위로 memory 값이 변화하여 전송된 key 값과 시간을 file에 저장하는 기능을 수행한다. 이 program에서 사용된 시간단위는 1/500초이다. Task 수행에 사용되는 key 이외의 key에 대해서는 error의 수와 발생시각을 기록할 수 있도록 하였다.

이들 실험기기의 구성을 도시하면 그림 III.1과 같다.

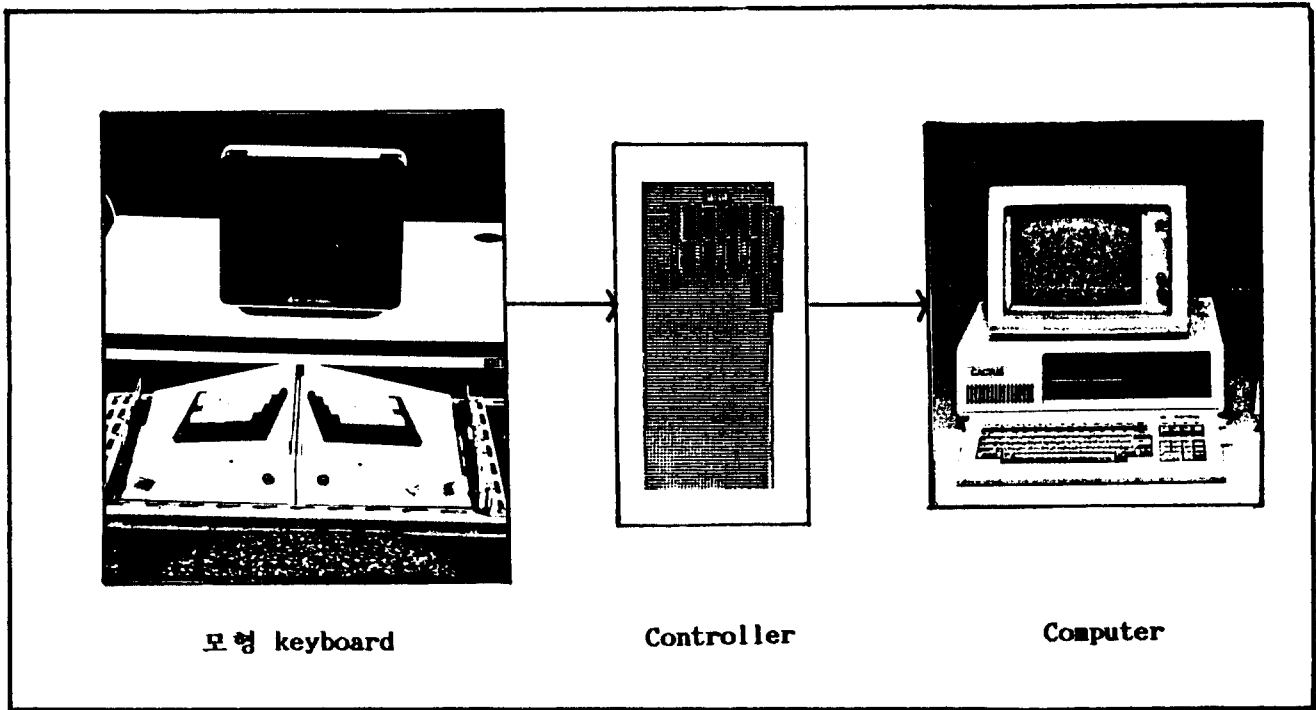


그림 III.1 실험기기의 구성

III-2. 실험설계

Keyboard 각도의 변화에 따른 typing 작업수행도를 파악하기 위하여, 표 III.2와 같은 독립변수와 종속변수 및 인자수준을 설정하였다.

표 III.2 keyboard 각도에 대한 실험계획

독립변수		종속변수	피실험자	실험 횟수
인자	인자 수준			
1. keyboard frame의 평면경사각	4(0° - 22.5°)	1. typing speed	3 명	각 조합당 50 회
2. keyboard frame의 측면경사각	4(-10° - 20°)			
3. keypad의 평면회전각	4(0° - 22.5°)	2. typing error		

본 실험에서는 작업수행도를, 지정된 task를 수행하는데 소요되는 cycle time과 이 때의 typing error에 의해 측정하였다.

본 실험의 task는 가장 많이 사용되는 alphabet 여섯개를 선정하여 이를 반복적으로 typing 하는 것으로 설정하였으며, 선정된 alphabet은 A, C, E, H, I, N 이었다[5]. 여섯개 alphabet은 computer에 의해 typing 순서와 대상이 무작위로 설정되어 화면에 나타나며, 화면에 나타난 임의의 syllable을 지정된 손가락으로 typing하도록 하였다[그림 III.2 참조].

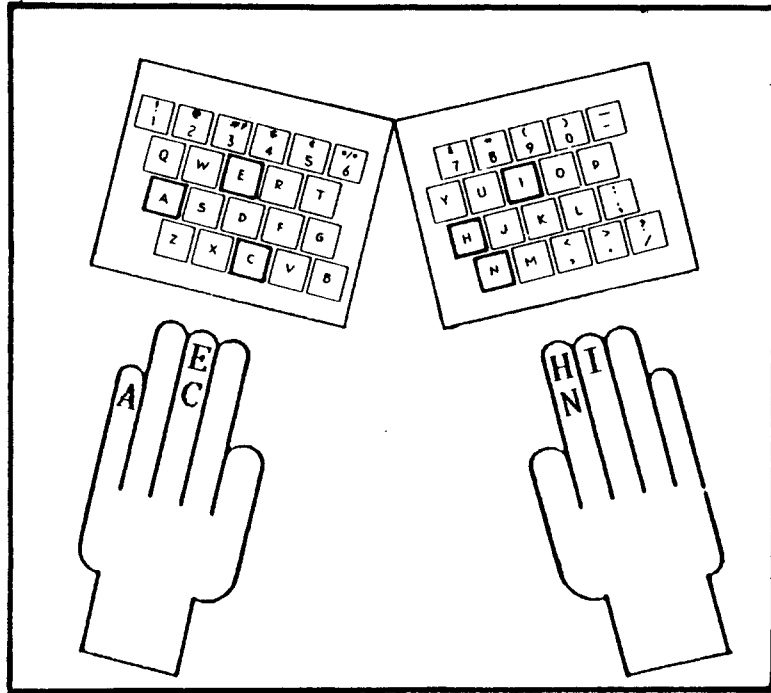


그림 III.2 설정된 task에 사용되는 key와 지정된 손가락

피실험자는 각 각도조합에 대하여 자신이 가장 편안하다고 느끼는 자세에서 실험을 수행하도록 하였다. 3명의 피실험자를 선정하여 실험계획에 나타난 각도조합(총 64개)에 대하여 각 50회씩의 실험을 행하였다. 그림 III.3은 실험 자세를 보여주고 있다.



그림 III.3 실험자세

IV. 실험결과 및 분석

독립변수들간의 연관관계 및 작업수행도에 미치는 영향을 파악하기 위하여 분산분석을 하였다. 분산분석 결과, keyboard의 세가지 각도들간에는 유의한 교호작용이 존재하였으며($p < 0.01$), 각 요인의 변동이 총 변동에 미치는 영향은 표 IV.1과 같이 나타났다. 따라서, 작업수행도를 최대화하는 keyboard 각도를 구하기 위해서는 세가지 각도간의 교호작용을 고려해야 한다.

표 IV.1 각 요인의 변동이 총 변동에 미치는 영향

인자	총 변동에 미치는 상대적인 영향
keyboard frame의 평면경사각	0.338
keyboard frame의 측면경사각	0.331
keypad의 평면회전각	0.331

각 keyboard 각도의 조합에 대한 typing cycle time을 t 검정하여 본 결과 작업수행도가 다른 각도조합에 비하여 유의하게 좋은 keyboard 각도는 표 IV.2와 같다.

표 IV.2 작업수행도가 좋은 각도 조합

평면 경사각	$7.5^{\circ} - 15^{\circ}$
측면 경사각	$0^{\circ} - 10^{\circ}$
평면 회전각	$0^{\circ} - 15^{\circ}$

V. 결론

Keyboard 각도는 typing 작업시 작업자의 전완 및 손목의 자세를 결정하는 keyboard의 설계 제원이다. 기존 keyboard 각도는 작업자에게 전완의 회내 및 손목의 외전을 요구하여, 손과 팔 등에 통증과 피로를 유발시킨다. 본 연구에서는 keyboard의 각도가 typing 작업의 수행도에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

Keyboard 각도를 변화시켜 실험한 결과,

1. Keyboard frame의 평면경사각과 측면경사각 및 keypad의 평면회전각은 typing 작업수행도에 서로 유의한 교호작용을 한다($p < 0.01$). 따라서, 인간공학적인 keyboard의 각도는 이들 세 가지 각도의 조합에 의하여 결정되어야 한다.

2. 세 가지 각도의 조합중 typing 작업수행도를 최대화시키는 각도조합은 평면 경사각 15° , 측면경사각 10° , 평면회전각 $7.5^\circ - 15^\circ$ 로 추정되었고, 제안된 keyboard 각도에서의 작업수행도는 기존 keyboard보다 17% 향상된 것으로 나타났다.

본 연구의 결과로 적정 keyboard 각도가 제안되었으나 기존 keyboard와의 full typing 작업시 작업수행도 및 피로도의 비교연구가 필요하여 본 실험 연구의 연장으로 진행되고 있다.

참고문헌

1. 이면우. 1989. *High-Touch through Ergonomic Design*. 서울대학교 공학연구소.
2. 이도준. 1989. Keyboard 측면경사각과 수평회전각의 변화가 Finger Dexterity에 미치는 영향에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.
3. 김용원, 김충새, 이면우, 이인재. 1988. High-Touch 제품의 체계적인 개발대상 파악방안. *산업공학* 제1권 제1호., 85-99.
4. 이인재. 1987. High-Touch Product 개발의 체계적 파악을 위한 인간공학적 접근방안. 서울대학교 석사학위논문.
5. Card, S.K., Moran, T.P. and Newell, A. 1983. *The psychology of human computer interaction*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale.
6. Chaffin, D.B. and Anderson, G.B. 1984. *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons, New York.
7. Diffrient, N. Tilley, A.R. and Herman, D. 1981. *Human Scale 4/5/6*. The MIT Press, Cambridge.
8. Duncan, J. and Ferguson, D. 1974. Keyboard operating posture and symptoms in operating. *Ergonomics*, vol.17., 651-662.
9. Grandjean, E. 1987. *Handbook of Human Factors*. John Wiley & Sons. 1359-1397.
10. Klemmer, E.T. 1971. Keyboard entry. *Applied Ergonomics*, vol.2., 2-6.
11. Kroemer, K.H.E. 1971. Human engineering the keyboard. *Human Factors*, vol 14., 51-64.
12. Zipp, P. Haider, E. Halpern, N. and Rohmert, W. 1983. Keyboard design through physiological strain measurement. *Applied Ergonomics*, vol.14., 117-122.