

손 동작 분석을 통한 제품 설계 평가 방법의 개발



장준호¹, 이상기², 유희천¹

¹ 포항공과대학교 인간공학 설계기술 연구실

² 삼성전자무선사업부

목차

- 연구 배경 및 목적
- 손 동작 분석 방법
- 손 동작 분석 방법 적용 및 결과
- 토의

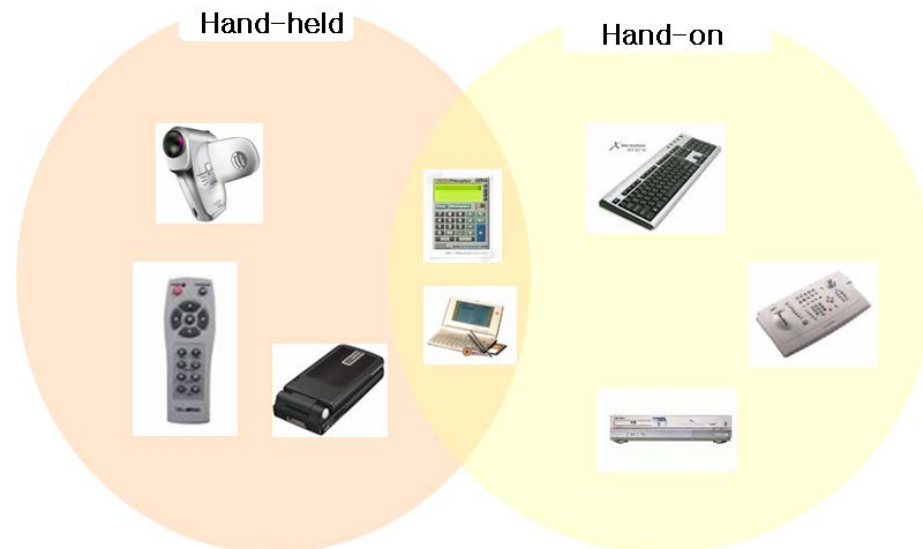
연구 배경

□ Hand-held device

- 모바일 폰의 문자 메시지 서비스 사용 증가(최연진, 2005)
- 다양한 소형 전자 기기들의 등장
- 모바일 폰 + digital device (예: MP3 폰)

□ Input device

- 마우스 및 키보드 사용 증가



연구 필요성

- Hand device의 부적절한 설계와 사용 빈도의 증가
 - 키보드의 부적절한 설계 요인으로부터 발생하는 손가락과 손목의 질환 발생 위험 (Fagarasanu and Kumar, 2003)
 - 마우스와 같은 input device의 장시간 사용이 e-피로증후군의 원인 (이준규, 2004)

체계도 추가 예정

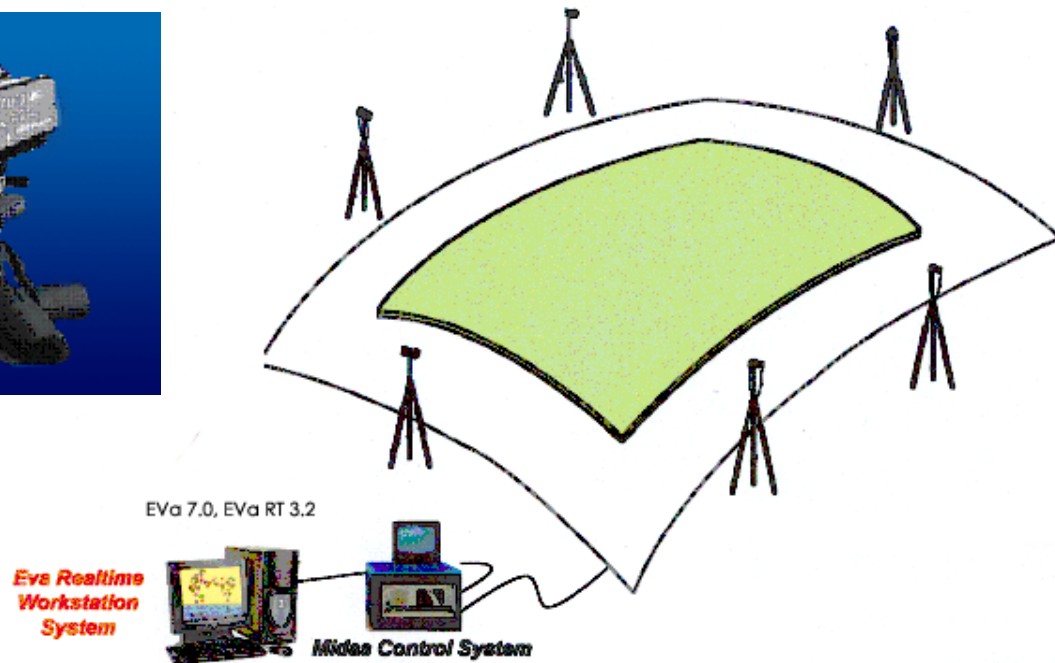
제품 설계 평가를 위한 손 동작 분석 방법 개발

- 손 동작 분석 방법 개발
 - 손 동작 측정 및 data 분석 방법 제안
 - 손 동작 측정 정보 시각화
- 손 동작 분석 방법 적용
 - 모바일 폰 문자 입력 작업 수행
 - 제품 설계 시 손 동작 분석 정보의 효용성 파악

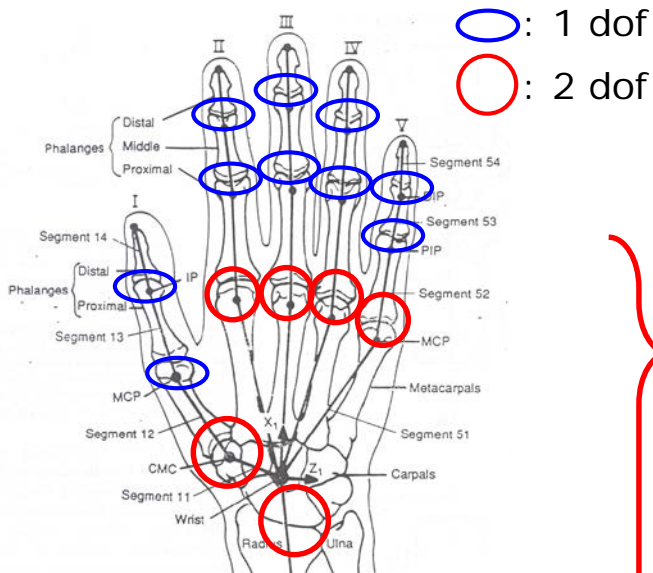
손 동작 측정 장비

□ Motion capture system

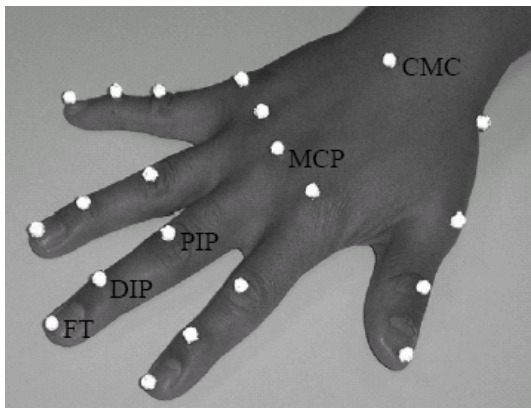
- Falcon[®] camera 6대
- 4 mm marker set
- Sampling rate: 60 Hz



손 동작 측정 방법



손의 해부학적 구조



Marker set (Zhang et al., 2000)



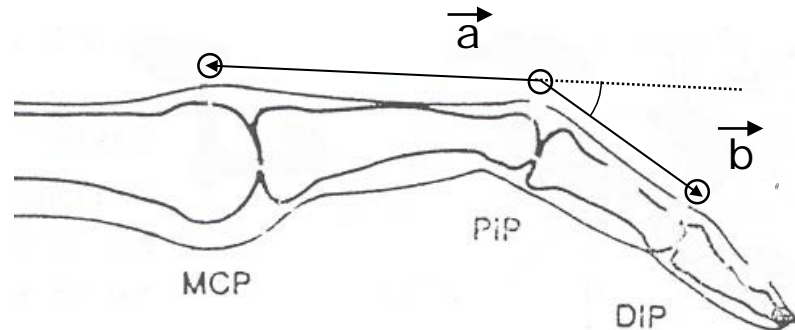
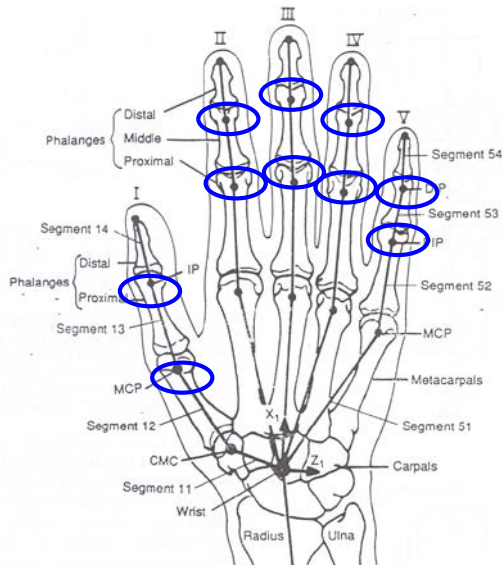
- 16개 관절의 22 자유도 각도를 산출
 - 손가락: 15개 관절, 20 자유도
 - 손목: 1개 관절, 2 자유도
- 24개로 구성된 marker set 정의
 - 손(21개): Zhang et al.의 marker set
 - 손목(3개): 손목의 움직임 측정 및 가시화

손 동작 분석 방법: 관절 각도(1 d.o.f)

□ 벡터의 내적을 이용

- 자유도 1인 관절(DIP, PIP, IP, MCP of thumb): 벡터의 내적을 이용하여 각도 산출

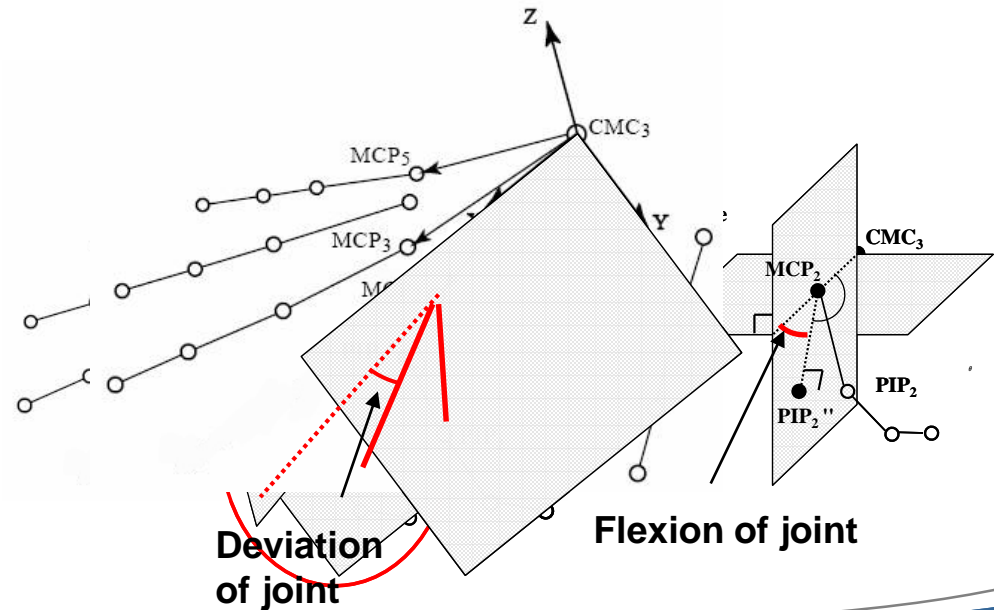
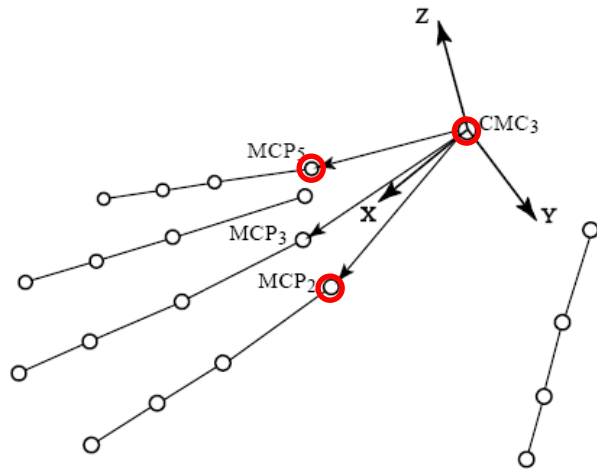
$$\theta = \pi - \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right)$$



손 동작 분석 방법: 관절 각도(2 d.o.f)

□ 손등을 지나는 기준 평면 정의

- MCP_2 , MCP_5 , CMC_3 세 점을 지나는 기준 평면 정의(Zhang et al., 2000)
- CMC_3 을 원점으로 하고 중지 방향을 x축, 기준 평면의 수직 위 방향을 z축으로 설정
- 기준 평면에 수직이고 각 손가락을 지나는 수직 평면을 정의함
- 관절의 각도를 기준 평면과 수직 평면에 2 자유도로 분리함
- 벡터의 내적을 이용하여 각도 산출



손 동작 분석 방법: 손의 궤적 변화량

- 손가락 tip에 부착된 marker의 이동 궤적 분석
 - 각 frame 별 marker 의 3차원 변위 차이를 계산하여 누적함으로써, marker의 이동궤적의 거리를 계산

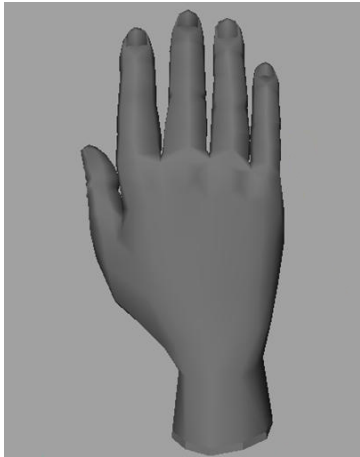
$$Trajectory = \sum_i \sqrt{(x_{ij} - x_{i(j-1)})^2 + (y_{ij} - y_{i(j-1)})^2 + (z_{ij} - z_{i(j-1)})^2}$$

i: marker name

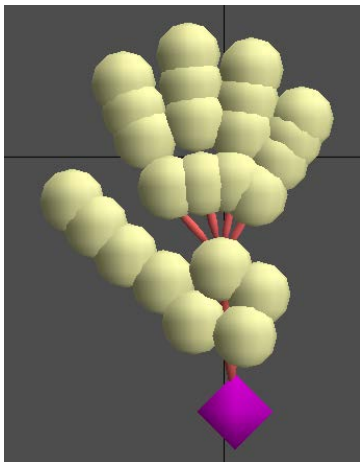
j: frame number

손 측정 정보 시각화

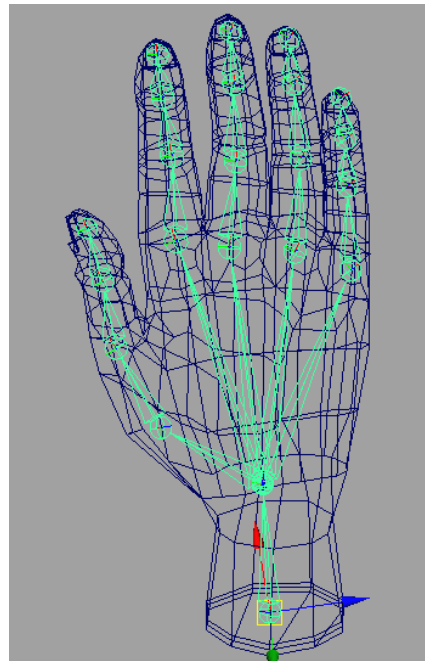
- Falcon으로부터 얻어진 motion data를 시각화
- Maya[®]와 SI를 사용



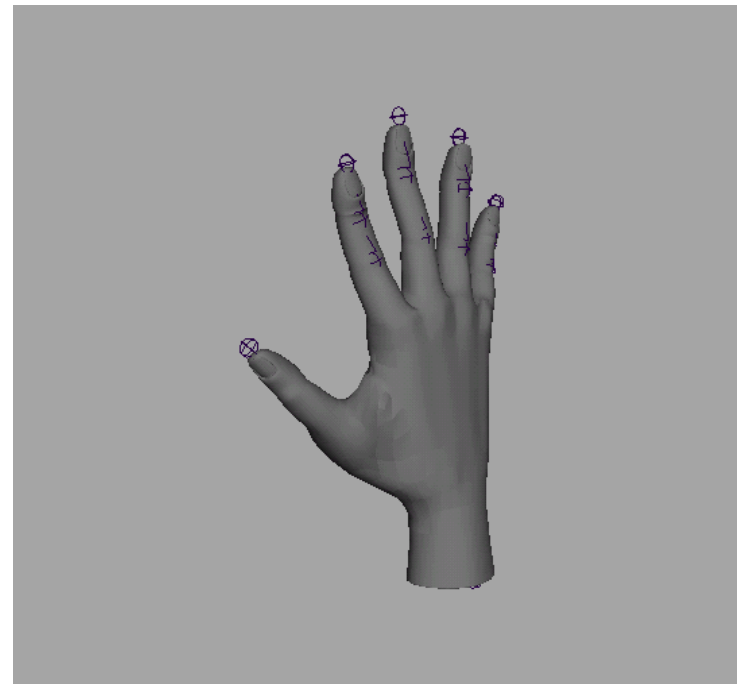
Skin (Maya[®])



Skeleton (SI)



Binding (Maya[®])



3D hand model

손 동작 분석 방법 적용: 모바일 폰 문자 입력 작업

- 실험참여자
 - 20대 남녀 12명(남: 9명, 여: 3명)
 - S사 제품을 6개월 이상 사용한 문자 입력 익숙자
- 사용한 모바일 폰
 - 동일한 button 배열을 가지나 button layout 면적이 다른 S사의 제품 3 종류
- 수행 작업
 - 휴대폰 keypad를 이용한 단문 입력 작업
 - 외우는 부하를 줄이기 위해 익숙한 문구 선정
 - Task간의 편차를 줄이기 위해 타수를 유사하게 설정

Task	내 용(타수)
1	동해물과 백두산이 마르고 닳도(54타)
2	급하면 바늘 허리에 실 매어 쓸까(53타)
3	순간의 선택이 십 년을 좌우한다(52타)

독립변수

□ 독립변수

- 문자 입력 button layout의 면적 (3 level)

(단위: mm(길이), mm²(면적))

구분	Button layout		
	가로	세로	면적
소	34	29	986
중	40	28.5	1140
대	35	36	1260

□ 종속 변수

- 동작 분석 정보
 - 작업수행시간
 - 관절각도
 - Finger tip 이동궤적



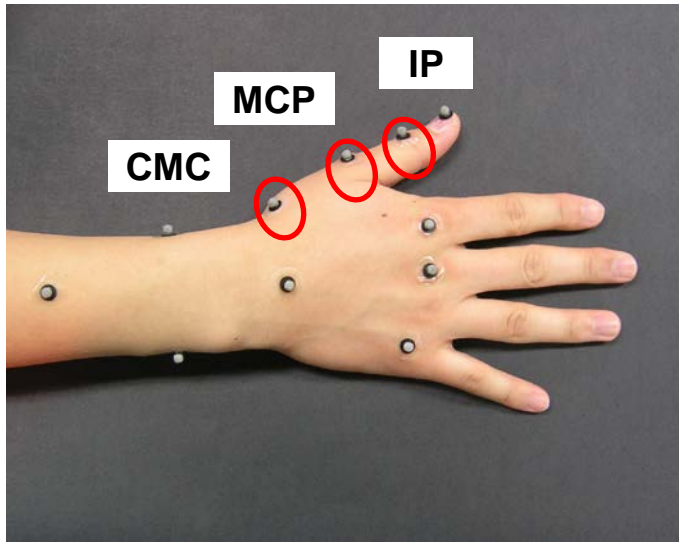
소

중

대

실험 절차

1. Marker 부착 및 training (20분)
2. 본 실험 수행(휴대폰 3종 x task 3 종류 - 25분)



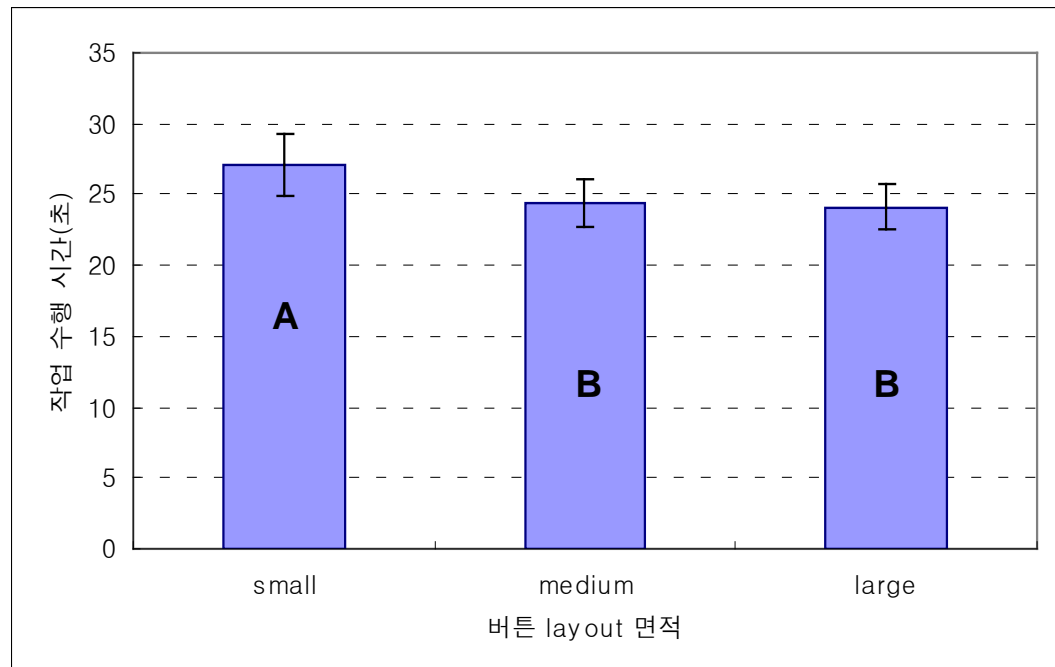
엄지손가락 동작 분석에
사용된 marker set



문자 입력 작업 모습

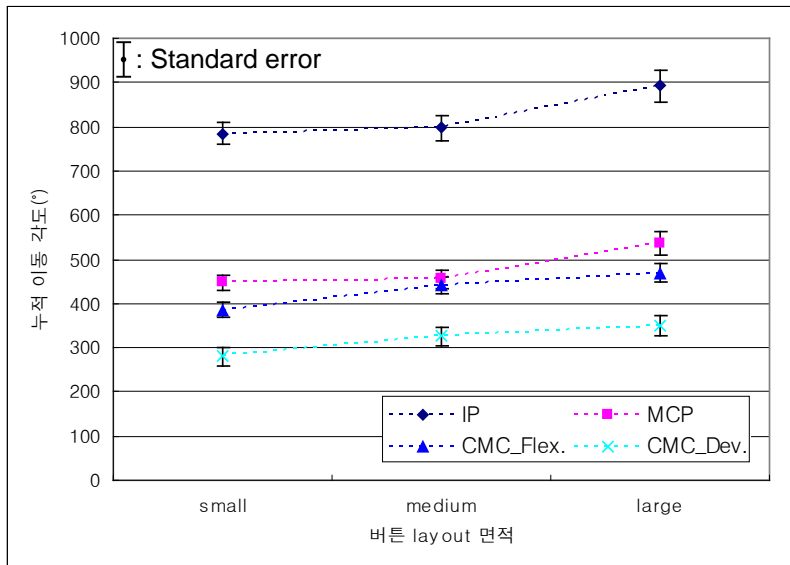
작업 수행 시간

- Button layout이 작은 모바일 폰(소)이 가장 낮은 수행도를 보임
 - Layout이 작은 모바일 폰(소)이 넓은 모바일 폰(대)과 비교하였을 때 12%정도 작업 수행 시간이 오래 걸림
 - Bonferroni t-test 결과 layout이 작은 모바일 폰(소)이 다른 집단으로 분류됨

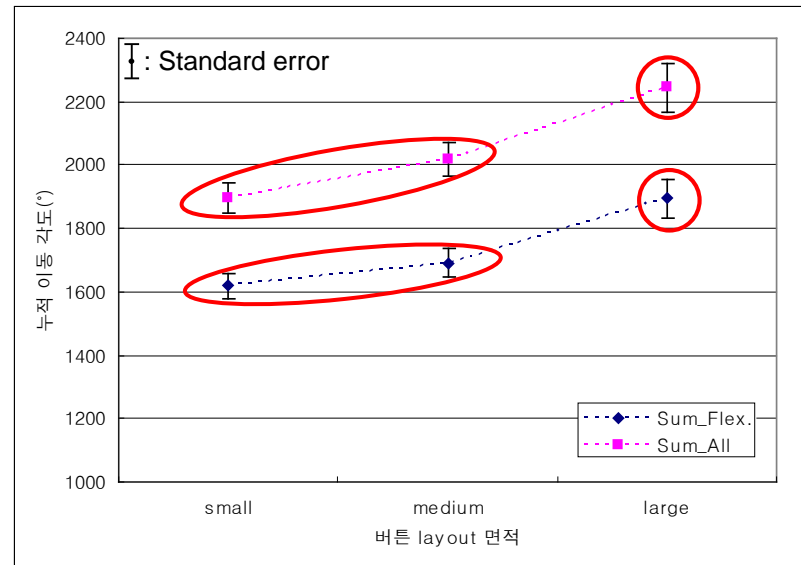


각도 변화 누적량

- Button layout이 넓은 모바일 폰(대)이 가장 많은 움직임을 보임
 - 전체 각도 합: button layout 면적(대)가 면적(소)보다 18%정도 많은 움직임을 보임
 - Bonferroni t-test 결과 button layout 면적(대)가 다른 집단으로 분류됨



관절 별 각도 변화 누적량



각도 변화 누적량 합

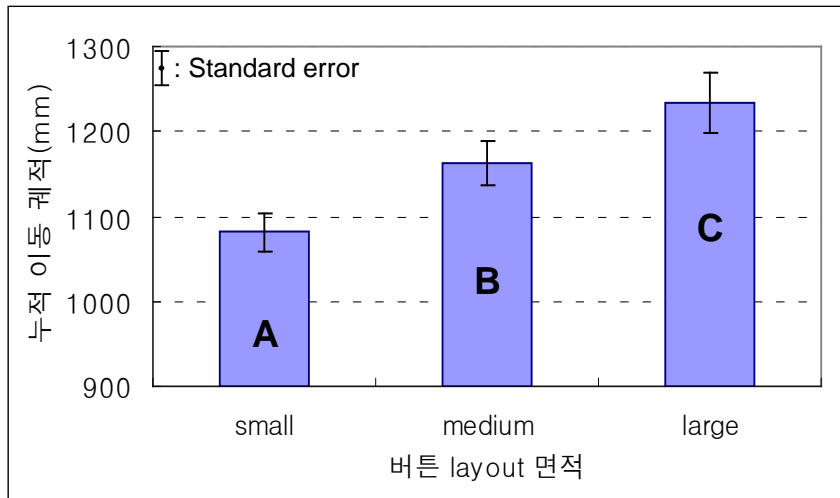
이동 궤적

□ 누적 이동 궤적

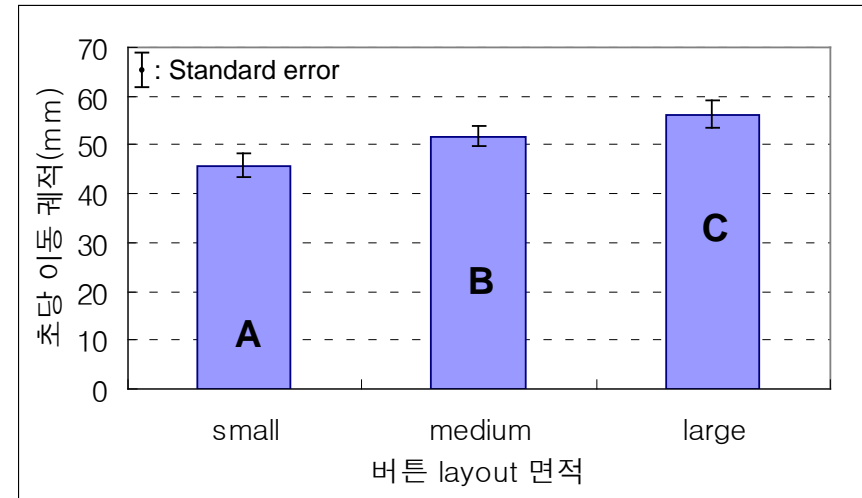
- Button layout 면적(대)가 면적(소)보다 14%정도 많은 움직임을 보임
- 각도 변화 누적량과 유사한 경향을 보임($r = 0.82$)
- 손가락의 움직임을 정량화

□ 초당 이동 궤적

- Button layout 면적(대)가 상대적으로 이동 거리가 길었으나, 이동 속도는 빠른 것으로 분석됨
- 실험이 수행된 범위에서는 layout이 넓은 모바일 폰이 motion efficiency가 높은 것으로 나타남



누적 이동 궤적



초당 이동 궤적

토의 (1/2)

□ 손 동작 측정 및 분석 방법 제안

- Motion capture system을 이용한 손 동작 분석
- 손의 좌표계 설정 및 각도 분석 방법 제안
- 3D hand modeling을 이용한 손 동작 분석 정보 가시화

□ 손 동작 분석 방법의 적용

- 손 측정으로 얻어지는 측정치의 효용성 및 유용성 파악
- Button layout area
 - Layout이 넓어짐에 따라 각도, 궤적은 증가하는 경향을 보임
 - Layout이 넓은 휴대폰은 손가락 움직임이 많지만, 높은 이동 속도를 보임

→ Motion efficiency와 손의 움직임을 고려하였을 경우, 모바일 폰에 적절한 button layout 면적은 중간 크기로 판단되어짐

토의 (2/2)

□ 추후 연구 과제

- 손의 불편도와 객관적 측정치간의 연관관계 분석
- 손의 자연스러운 grip과 task를 고려한 제품 설계 개선

Q & A

경청해 주셔서 감사합니다.

