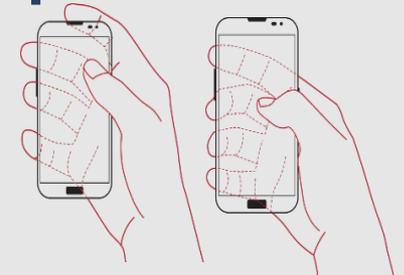
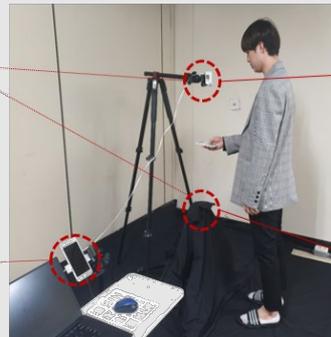
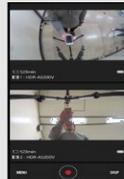


스마트폰의 인간공학적 사용자 인터페이스 설계를 위한 선호 파지 자세 분석



App(Imaging edge mobile)을
통한 촬영 확인



손잡이 형태	손잡이 위치	Hard key		Power off		뒤 조작		Display	
		대기	Power off	뒤 조작	뒤 조작	옆 방향	앞 방향		
측면 그립	4P	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
	4P	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8
	4P	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0
	7P	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
후면 지지	4P	0.0	0.0	1.3	1.3	3.0	3.0	1.3	1.3
	4P	1.3	0.0	0.0	0.0	22.5	22.5	13.5	13.5
	4P	0.0	0.0	0.0	0.0	38.0	38.0	57.5	41.3
	7P	22.5	2.5	81.3	90.0	90.0	90.0	73.5	73.5
하단 지지	4P	0.0	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
	4P	16.3	11.3	15.0	13.8	13.8	13.8	48.8	48.8
	4P	5.0	1.3	6.3	2.5	2.5	2.5	35.5	35.5
	7P	1.3	0.0	1.3	1.3	1.3	1.3	23.8	23.8
상단 그립	4P	1.3	0.0	0.0	0.0	1.3	1.3	13.5	13.5
	4P	28.8	17.5	21.3	20.0	20.0	20.0	16.3	16.3
	4P	0.0	0.0	2.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
	7P	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

권도훈¹, 최영근¹, 정기효², 박보영¹, 유희천¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, South Korea

²School of Industrial and Management Engineering, University of Ulsan, Ulsan, South Korea

Contents

- **Introduction**
 - 연구 배경
 - 연구 목적
 - **스마트폰 파지 자세 측정 실험($n = 40$)**
 - 실험 참여자 및 평가 대상
 - Experimental Procedure
 - **스마트폰 파지 자세 분석 Protocol**
 - **파지 자세 유형 분류 결과**
 - 스마트폰 크기 효과
 - 손 크기 효과
 - **Discussion**
-

스마트폰 Physical User Interface (PUI) 설계

- ❑ **스마트폰 PUI**는 전면, 측면, 후면에 **hard key** (e.g., power, volume)가 배치되어 설계
- ❑ Hard key 조작 시 **부적절한 스마트폰 PUI에 의한 불편한 파지 자세** (Finneran and O'Sullivan, 2013)는 **사용성 저하, 근피로도 증가, slip 발생시킴**

불편한 파지 자세



부적절한 PUI

사용성 ↓↓



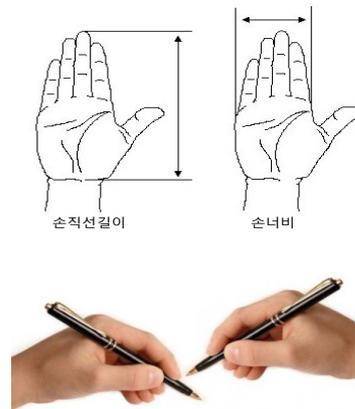
스마트폰 파지 자세 파악 필요성

- 다양한 사용자의 **선호 스마트폰 파지 자세를 파악하여 PUI가 설계**되면 **사용성을 향상** 시킬 것으로 기대됨
- Pelosi et al.(2009)는 2가지 파지 자세 유형(soft, firm)을 파악하였으나, 다양한 **(1) 스마트폰 크기**와 **(2) 인체측정학적 요소**(우세 손, 손 크기)에 의한 **선호 파지 자세에 대한 연구가 필요함**

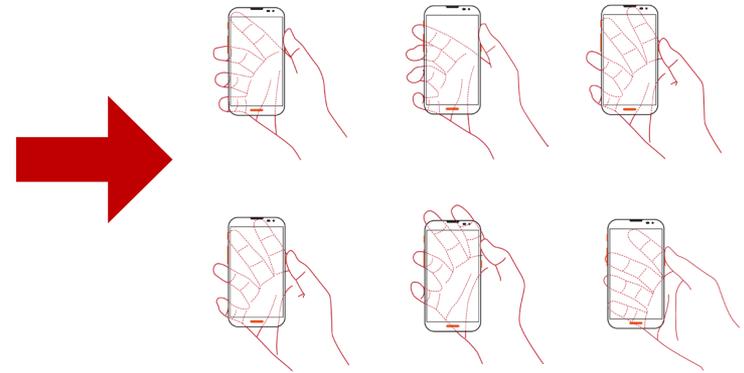
크기 별 스마트폰



인체측정학적 요소



선호 파지 자세 파악



인간공학적 사용자 인터페이스 설계를 위한 스마트폰 선호 파지 자세 분석

- 스마트폰 파지 자세 측정 및 분석 protocol 정립
- 스마트폰 선호 파지 자세 측정 실험($n = 40$)
- 우세손 및 스마트폰 크기별 선호 파지 자세 분석

실험참여자

□ 모집 인원: **40명**(남성: 20명, 여성: 20명)

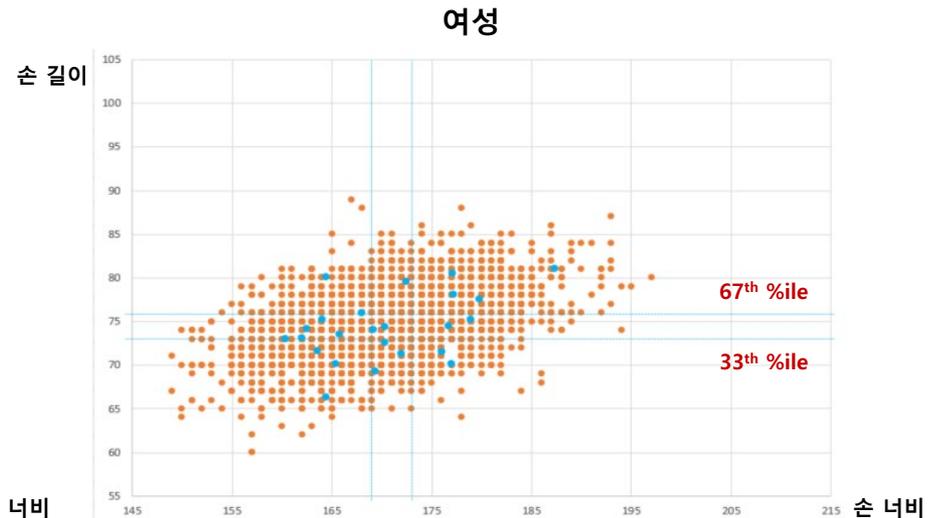
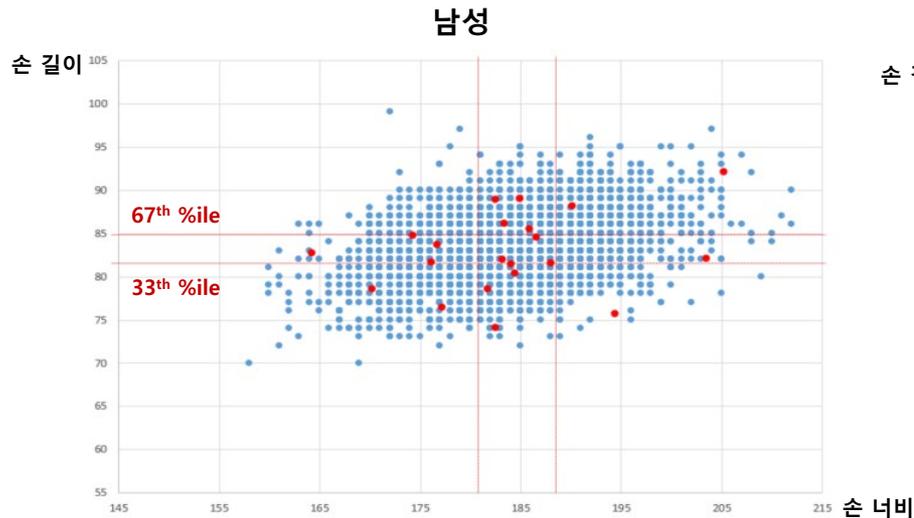
✓ **성별과 우세 손에 따라 동등한 비율로** 모집

➢ 남성: right hand **10명**, left hand **10명**

➢ 여성: right hand **10명**, left hand **10명**

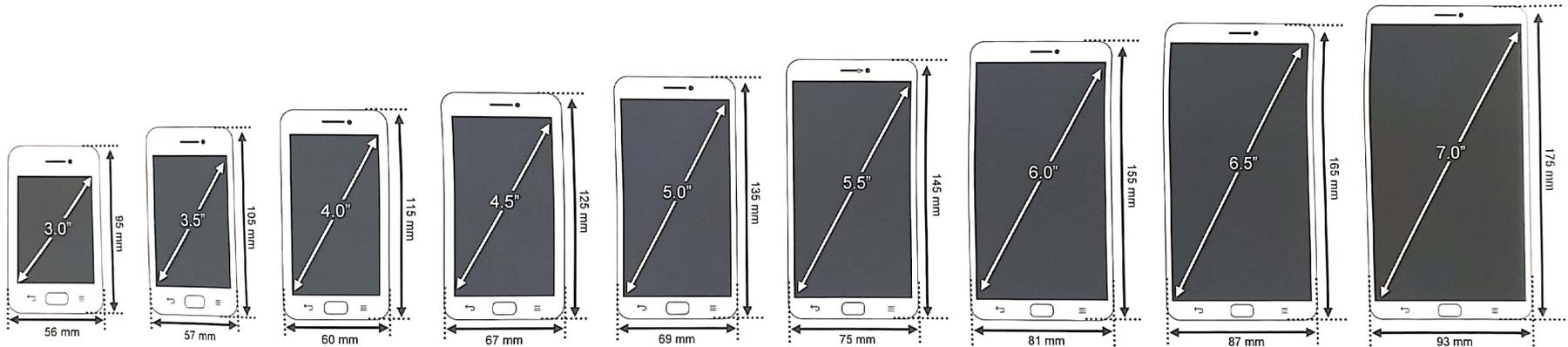
✓ 한국인 손 길이 분포를 참조하여 small (< 33th %ile), medium (33th ~ 67th %ile), large (> 67th %ile) 구분

한국인 손 길이 분포 대비 실험 참여자 손 길이 분포



평가 대상: 스마트폰 크기별 Mock up

- 크기와 무게가 다른 스마트폰 mock-up 9종 ← 국내외 스마트폰 설계 제원 참조
 - ✓ 크기: 3.0" ~ 7.0" (0.5" 간격)
 - ✓ 무게: 100 g ~ 190 g (10 g 간격)



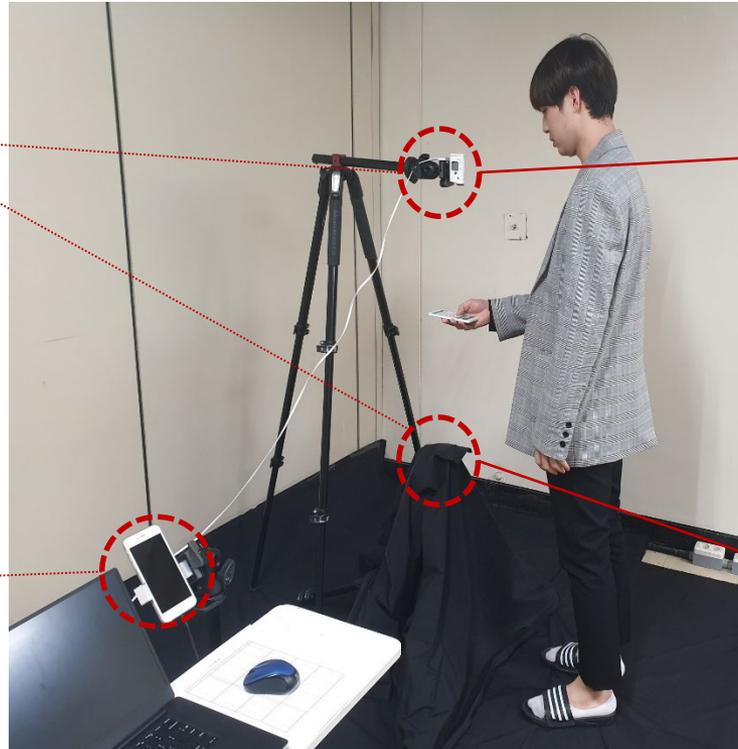
파지 자세 측정 환경

- **Video camera** (HDR-AS200, Sony Inc., Japan)을 실험참여자의 자연스러운 손 움직임을 방해하지 않도록 **손 위치 영역 상단과 하단에 배치**

Video camera



App(Imaging edge mobile)을 통한 촬영 확인



Top camera



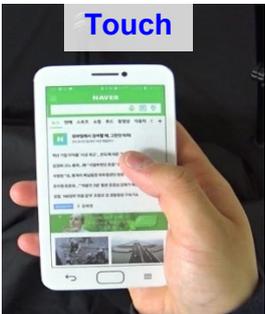
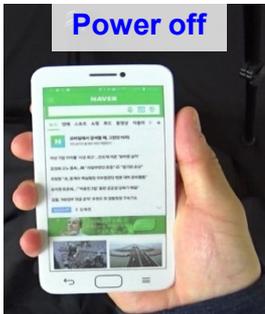
Bottom camera



평가 Task: 주요 스마트폰 사용 작업

□ 주요 스마트폰 사용 작업 2종(Kietrys et al, 2015; Berolo et al, 2011)

1. **문자 전송**: S1. 문자 앱 찾기 → S2. 문자 앱 실행 → S3. 제시어 입력 → S4. Power off
2. **Web surfing**: S1. Power on → S2. 화면 scroll → S3. 화면 touch → S4. Power off

	단계				
	대기	S1	S2	S3	S4
문자 전송		앱 찾기 	앱 실행 	제시어(큰 제비) 입력 	Power off 
Web surfing		Power on 	Scroll 	Touch 	Power off 

Experimental Procedure

소요시간: 총 60분

S1. 실험 설명(10 min)

S2. 실험참여자 손 길이 측정(5 min)

S3. 평가 task 수행 연습(5 min)

S4. 평가 task 수행(15 min)

S5. 휴식 및 debriefing (10 min)

- 실험 목적 및 방법 설명
- 실험 참여 동의서 작성
- 손 길이: 손목 선 ~ 중지 끝 점 사이 거리
- 실험참여자 **우세 손 확인**
- 스마트폰 **mock-up 친숙화**
- **Random 순서**로 task 2종 수행
- **피로 영향 제거** 위해 휴식 제공

오른손 → 왼손
왼손 → 오른손

파지 자세 분석: Task별 Image Capture

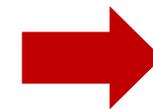
- ❑ 파지 자세가 고정된 구간에 대해 task 수행 단계별로 image capture
 - ✓ 총 이미지 수: 3600 개(40명 × 9개 mock-up × 10 단계 task)
 - ✓ 연구자 2인 검토 후 파지 자세 고정 구간 확인

Image capture 시점

Display 사용 시



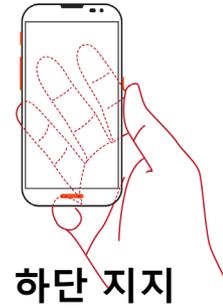
Hard key 사용 시



고정 구간 적합성
Double check

파지 자세 분석: 유형 분류

- 추출한 파지 자세(Right : 22종, Left : 20종)를 4가지 파지 자세로 Group 화
 1. 측면 그립: 휴대폰 측면을 움켜쥐는 자세
 2. 후면 지지: 휴대폰 후면을 받치는 자세
 3. 하단 지지: 휴대폰 하단을 받치는 자세
 4. 상단 그립: 휴대폰 상단, 측면을 움켜쥐는 자세



결과: Factor별 파지 자세에 유의미한 효과

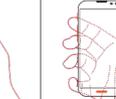
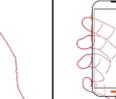
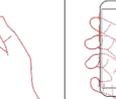
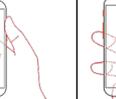
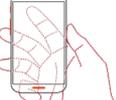
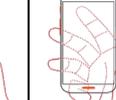
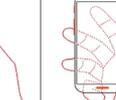
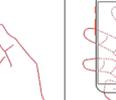
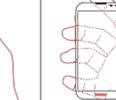
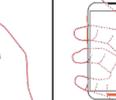
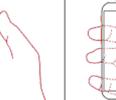
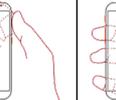
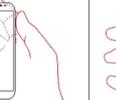
- Factor 중 (1)손 크기와 (2)기기 크기는 파지 자세에 유의미한 영향을 주는 반면, 우세 손은 파지 자세에 영향을 주지 않는 요인임

 : $p < 0.05$

Task		문자 전송					Web surfing			
세부 task		대기	앱 찾기	앱 선택	문자 입력	Power OFF	Power On	화면 Slide	화면 Touch	Power Off
Task 예시										
Right	손 크기	0.01	0.019	0.093	0.045	0.011	0.153	0.458	0.402	0.05
	기기 크기	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	우세 손	0.307	0.544	0.697	0.276	0.966	0.253	0.721	0.594	0.451
Left	손 크기	0.149	0.001	0	0.032	0.002	0.004	0.004	0.006	0.002
	기기 크기	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	우세 손	0.5	0.272	0.253	0.572	0.147	0.431	0.294	0.52	0.309

Task 별 주요 파지 자세 선호도

□ task 수행 시, 실험 손에 따른 파지 자세 우선도가 동일함 ⇒ 대표 자세로 선정

	Hard key 관련 task				Display 관련 task					
	대기		Power off		앱 찾기		앱 실행		문자 입력	
	오른손	왼손	오른손	왼손	오른손	왼손	오른손	왼손	오른손	왼손
1	 측면 그립 (68.9%)	 측면 그립 (73.1%)	 측면 그립 (80.6%)	 측면 그립 (82.8%)	 후면 지지 (43.3%)	 후면 지지 (49.7%)	 후면 지지 (48.6%)	 후면 지지 (63.6%)	 후면 지지 (43.3%)	 후면 지지 (45.0%)
2	 후면 지지 (12.8%)	 후면 지지 (10.8%)	 상단 그립 (9.7%)	 상단 그립 (13.9%)	 측면 그립 (42.5%)	 측면 그립 (37.2%)	 측면 그립 (38.1%)	 측면 그립 (25.8%)	 하단 지지 (31.1%)	 하단 지지 (37.2%)
3	 하단 지지 (9.4%)	 하단 지지 (9.7%)	 하단 지지 (7.5%)	 하단 지지 (2.5%)	 하단 지지 (9.4%)	 하단 지지 (9.4%)	 하단 지지 (9.2%)	 하단 지지 (7.8%)	 측면 그립 (22.8%)	 측면 그립 (15.3%)
4	 상단 그립 (8.9%)	 상단 그립 (6.4%)	 상단 그립 (2.2%)	 상단 그립 (0.8%)	 상단 그립 (4.7%)	 상단 그립 (3.6%)	 상단 그립 (4.2%)	 상단 그립 (2.8%)	 상단 그립 (2.8%)	 상단 그립 (2.5%)

⇒ 파지 자세는 실험 손, 우세 손에 따른 영향X, 양손 data를 병합하여 분석 진행

Task 별 주요 대표 파지 자세

문자 전송

Use	Task	대표 자세
Hard key	대기	 측면 그립(73.1%)
	Power off	 측면 그립(81.7%)
Display	앱 찾기	 측면 그립, 후면 지지 (86.4%)
	앱 선택	 측면 그립, 후면 지지 (78.4%)
	문자 전송	 후면 지지, 하단 지지 (81.7%)

Web Surfing

Use	Task	대표 자세
Hard key	Power on	 측면 그립(81.5%)
	Power on	 측면 그립(81.7%)
Display	앱 찾기	 측면 그립, 후면 지지 (80.7%)
	앱 선택	 측면 그립, 후면 지지 (80.4%)

파지 자세 유형: 손 크기 효과 - 문자 전송

□ 문자 전송 시, **손 크기에 따라 대표 파지 자세에 차이를 보임**

- **Hard key** 사용 시 **손이 작을수록 측면 그립 선호**
- **Display** 사용 시 **손이 작을 수록 후면 지지 자세 선호**

★ : 대표 파지 자세

		Hard key			Display		
		대기	Power off	앱 찾기	앱 실행	문자 입력	
측면 그립	Small (<172mm) ★	72.2	★ 85.2	★ 35.5	★ 26.2	14.5	
	Medium (<182mm)	73.0 ↑	85.7 ↑	43.7 ↓	36.5 ↓	27.8	
	Large (>182mm)	68.5	75.6	43.3	36.7	20.4	
후면 지지	Small (<172mm)	14.5	2.8	★ 54.0	★ 64.2	★ 47.5	
	Medium (<182mm)	12.7	0.8	48.4 ↑	56.3 ↑	42.1 ↑	
	Large (>182mm)	8.1	0.4	36.7	46.3	41.1	
하단 지지	Small (<172mm)	9.9	5.9	9.0	8.3	★ 37.3	
	Medium (<182mm)	8.2	1.6	3.2	3.2	27.8 ↓	
	Large (>182mm)	12.2	5.6	13.0	11.1	33.3 ↓	
상단 그립	Small (<172mm)	3.4 ↓	6.2 ↓	1.5	1.2	0.6	
	Medium (<182mm)	6.1 ↓	11.9 ↓	4.8	4.0	2.4	
	Large (>182mm)	11.1	18.5	7.0	5.9	5.2	

단위: %

파지 자세 유형: 손 크기 효과 - 웹 서핑

□ 문자 전송 시, 손 크기에 따라 대표 파지 자세에 차이를 보임

⇒ 손이 작을 수록 (1) hard key 사용 시 측면 그림, (2) display 사용 시

후면 지지 선호

★ : 대표 파지 자세

		Hard key		Display	
		Power on	Power off	화면 slide	화면 touch
 측면 그림	Small (<172mm)	★ 84.6	★ 83.6	★ 38.0	★ 38.3
	Medium (<182mm)	87.3 ↑	85.7 ↑	54.0 ↓	54.0 ↓
	Large (>182mm)	75.2	73.0	46.7	47.4
 후면 지지	Small (<172mm)	3.1	3.4	★ 44.8	★ 43.8
	Medium (<182mm)	0.0	0.8	31.0 ↑	31.0 ↑
	Large (>182mm)	1.9	0.7	29.6	28.9
 하단 지지	Small (<172mm)	6.5	5.2	12.3	13.3
	Medium (<182mm)	3.2	5.6	8.7	8.7
	Large (>182mm)	7.4	8.1	16.3	16.3
 상단 그림	Small (<172mm)	5.9 ↓	7.7 ↓	4.9	4.6
	Medium (<182mm)	9.5 ↓	7.9 ↓	6.3	6.3
	Large (>182mm)	15.6	18.1	7.4	7.4

파지 자세 유형 : 기기 크기 효과 - 문자 전송

□ 문자 전송 시, 기기 크기에 따라 파지 자세에 차이를 보임

⇒ 기기 크기가 클 수록 (1)hard key 사용시 측면 그림 선호, (2)display 사용시 후면 지지 선호

★ : 대표 파지 자세

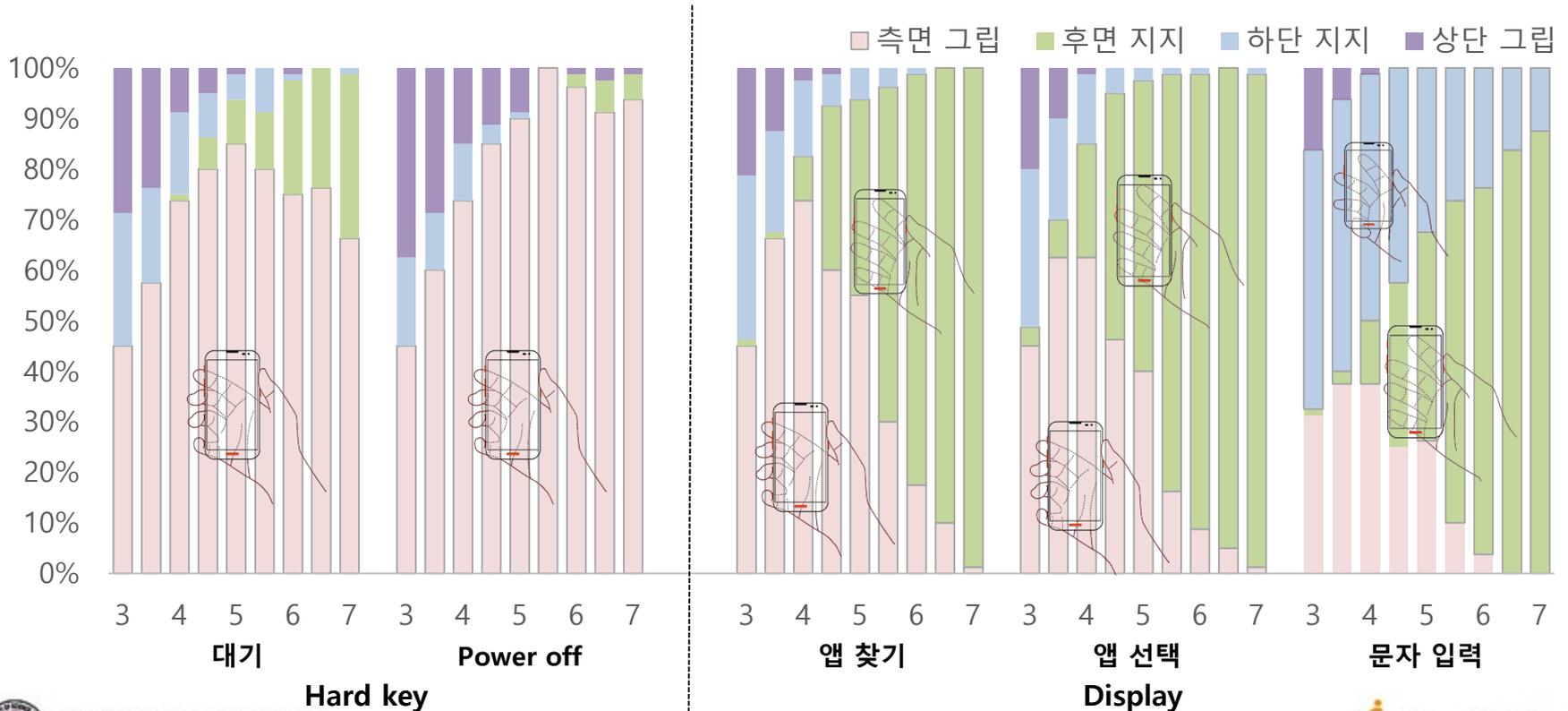
		Hard key		Display		문자 입력
		★ 대기	★ Power off	★ 앱 찾기	★ 앱 실행	
 측면 그림	3.0"	★ 45.0	★ 45.0	★ 45.0	★ 45.0	31.3
	4.0"	73.8	73.8	73.8	62.5	37.5
	5.0"	85.0	90.0	55.0	40.0	26.3
	6.0"	75.0	96.3	17.5	8.8	3.8
	7.0"	66.3	93.8	1.3	1.3	0.0
 후면 지지	3.0"	0.0	0.0	★ 1.3	★ 3.8	★ 1.3
	4.0"	1.3	0.0	8.8	22.5	12.5
	5.0"	8.8	0.0	38.8	57.5	41.3
	6.0"	22.5	2.5	81.3	90.0	72.5
	7.0"	32.5	5.0	98.8	97.5	87.5
 하단 지지	3.0"	26.3	17.5	32.5	31.3	★ 51.3
	4.0"	16.3	11.3	15.0	13.8	48.8
	5.0"	5.0	1.3	6.3	2.5	32.5
	6.0"	1.3	0.0	1.3	1.3	23.8
	7.0"	1.3	0.0	0.0	1.3	12.5
 상단 그림	3.0"	28.8	37.5	21.3	20.0	16.3
	4.0"	8.8	15.0	2.5	1.3	1.3
	5.0"	1.3	8.8	0.0	0.0	0.0
	6.0"	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0
	7.0"	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0

파지 자세 유형 : 기기 크기 효과 - 문자 전송

❑ **Hard key** : 기기 크기 ↑, 측면 그립 선호도 **약 35% ↑** (증감률: 3.9% * 9 device)

❑ **Display** : 기기 크기 ↑, 후면 지지 선호도 **약 92.5% ↑** (증감률: 10.3% * 9 device)

⇒ 기기 크기가 커질 경우 **display** 조작이 어려워 후면 지지를 선호한 것으로 사료 됨



파지 자세 유형 : 기기 크기 효과 - 웹 서핑

- Web surfing 시, 기기 크기에 따라 파지 자세에 차이를 보임
 - ⇒ 기기 크기가 클 수록 (1)hard key 사용시 측면 및 상단 그립 선호, (2)display 사용시 후면 지지 선호

★ : 대표 파지 자세

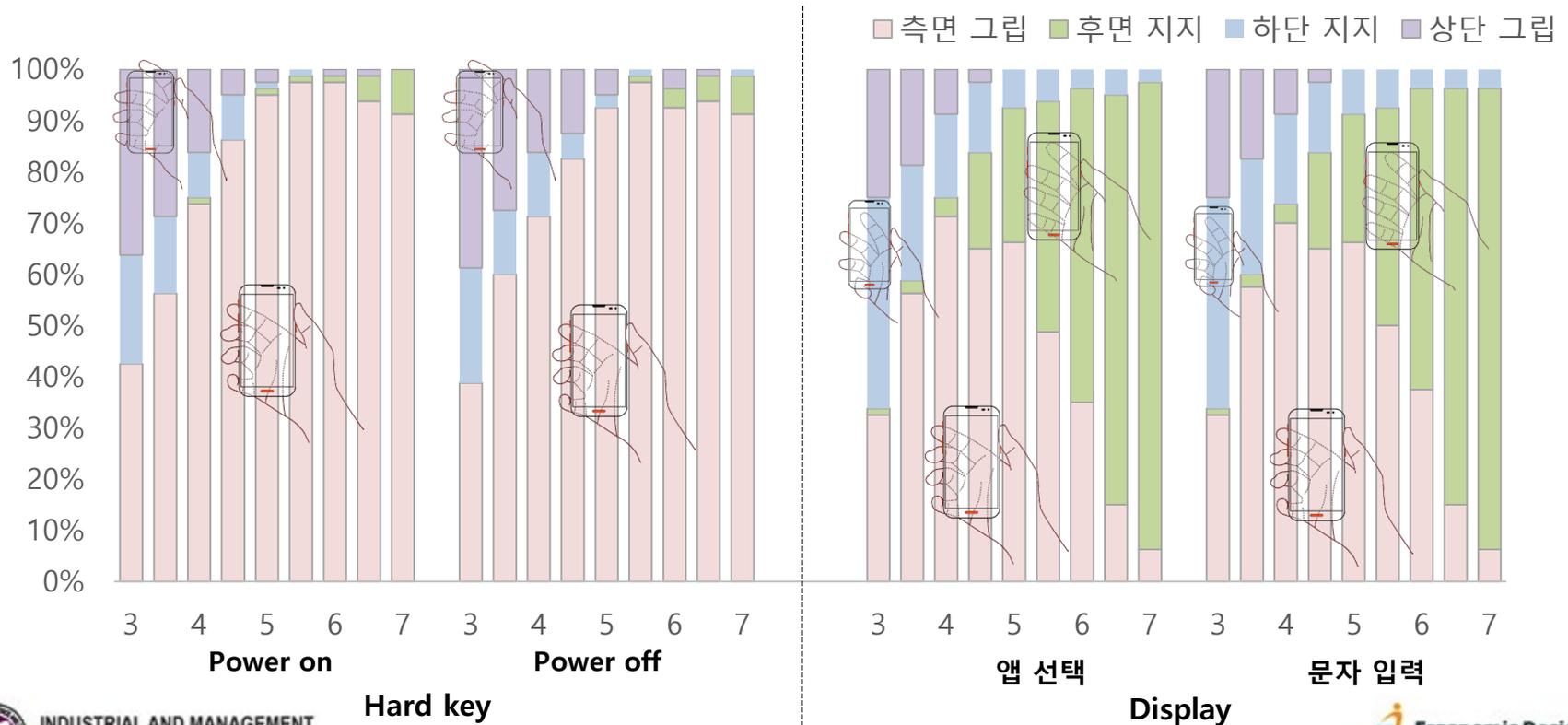
	기기 크기	Hard key		Display	
		Power on	Power off	화면 slide	화면 touch
 측면 그립	3.0" ★	42.5	★ 38.8	★ 32.5	★ 32.5
	4.0"	73.8 ↓	71.3 ↓	71.3	70.0
	5.0"	95.0	92.5 ↓	66.3 ↑	66.3 ↑
	6.0"	97.5	92.5	35.0 ↑	37.5 ↑
	7.0"	91.3	91.3	6.3 ↑	6.3 ↑
 후면 지지	3.0"	0.0	0.0	★ 1.3	★ 1.3
	4.0"	1.3	0.0	3.8 ↓	3.8 ↓
	5.0"	1.3	0.0	26.3 ↓	25.0 ↓
	6.0"	1.3	3.8	61.3 ↓	58.8 ↓
	7.0"	8.8	7.5	91.3	90.0
 하단 지지	3.0"	21.3	22.5	41.3	41.3
	4.0"	8.8 ↑	12.5 ↑	16.3 ↑	17.5 ↑
	5.0"	1.3 ↑	2.5 ↑	7.5 ↑	8.8 ↑
	6.0"	0.0 ↑	0.0 ↑	3.8 ↑	3.8 ↑
	7.0"	0.0	1.3	2.5	3.8
 상단 그립	3.0"	36.3	38.8	25.0	25.0
	4.0"	16.3 ↑	16.3 ↑	8.8 ↑	8.8 ↑
	5.0"	2.5 ↑	5.0 ↑	0.0 ↑	0.0 ↑
	6.0"	1.3 ↑	3.8 ↑	0.0 ↑	0.0 ↑
	7.0"	0.0	0.0	0.0	0.0

파지 자세 유형 : 기기 크기 효과 - 웹 서핑

❑ **Hard key** : 기기 크기 ↑, 측면 그립 선호도 **약 50.6% ↑** (증감률: 5.6% * 9 device)

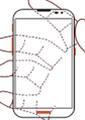
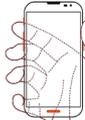
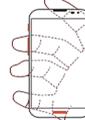
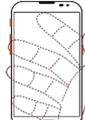
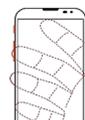
❑ **Display** : 기기 크기 ↑, 후면 지지 선호도 **약 89.3% ↑** (증감률: 9.9% * 9 device)

⇒ 손 대비 기기가 커질 경우 **display 조작이 어려워 후면 지지를 선호**한 것으로 사료 됨



Discussion

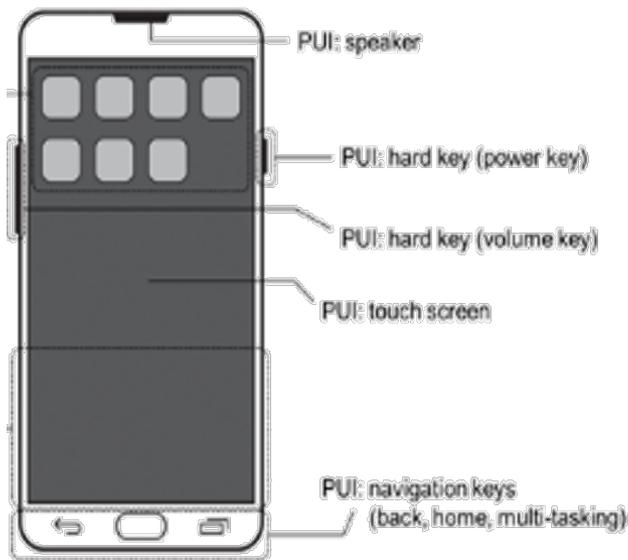
- ❑ (1) **hard key task** 연구에 (2) **display task**를 병행하여 **파지 자세 측정 및 분석**
- ❑ **손 크기와 기기 크기는 파지 자세에 유의한 영향을 보여 주었으며 우세 손은 영향을 주지 않았음**
 - **손 크기:** 작을 수록 (1) **hard key** 사용 시 **측면 그립**, (2) **display** 사용 시 **후면 지지 선호**
 - **기기 크기:** 클수록 (1) **hard key** 사용 시 **측면 그립**, (2) **display** 사용 시 **후면 지지 선호**

	손 크기 ↓		기기 크기 ↑	
	선호도 증가	선호도 감소	선호도 증가	선호도 감소
Hard key task	 측면 그립 73.1% → 81.4%	 상단 그립 5.8% → 15.8%	 측면 그립 42.8% → 85.6%	 상단 그립 35.3% → 0.3%
Display task	 후면 지지 36.5% → 50.9%	 측면 그립 43.2% → 30.5%	 후면 지지 0% → 93.0%	 측면 그립 37.3% → 3.0%

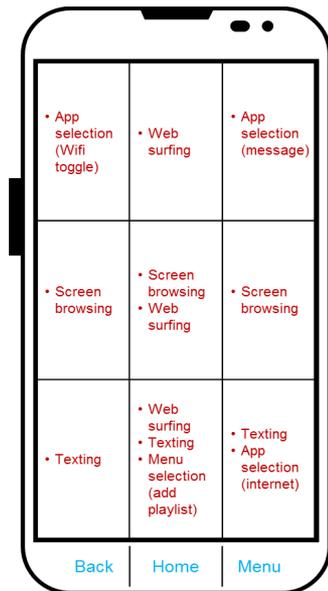
스마트폰 PUI 설계 활용

- ❑ **페이지 유형**에 따라 **PUI 위치 및 설계에 가이드 라인**이 될 수 있음
 - 상단 PUI : (1) 소형 스마트폰, (2) 손이 큰 사람을 위한 device
 - 후면 PUI : (1) 스마트폰 후면 PUI 위치 설계, (2) 대형 스마트폰
- ❑ Display 사용 시 선호 페이지 자세를 분석하여, **스마트폰 GUI 설계 시 활용**

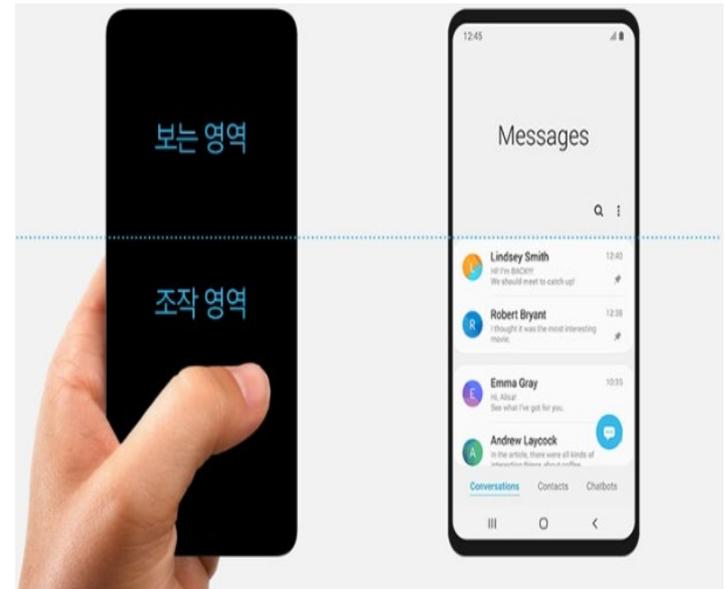
스마트폰 PUI 구성



Task 별 display 사용 영역



스마트폰 display GUI 설계 예시



Limitations & Future Study

□ 도달 영역과 선호 자세의 구분

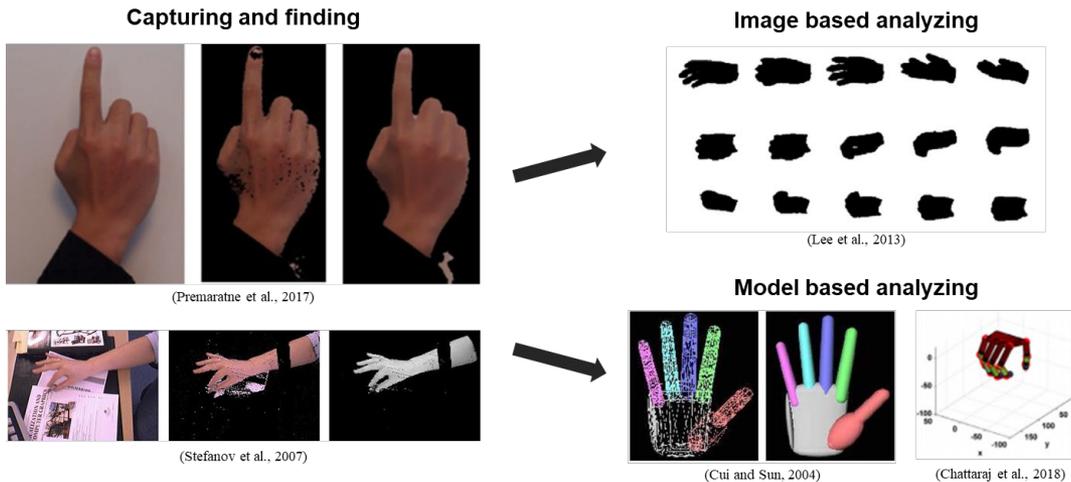
- PUI 사용을 위해 노력하는 정도 및 주관적 설문지를 사용하여 확인

□ Capture image 및 image detection AI 기반 **파지 자세 분류 알고리즘 개발**

□ **후면 PUI 설계** 가이드 라인 구축

- Bottom camera를 통한 추가 image data 추출

Hand image detection AI technique



Smartphone 후면의 PUI 부재

