



스마트폰의 재사용성 향상을 위한

설계 가이드라인 개발 및 분해 용이도 평가 요소 도출



2014. 5. 17



김성호, 이지형, 정하영, 이창호, 유희천



POSTECH
POHANG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

포항공과대학교

Contents

- **Introduction**

- ✓ Background
- ✓ Research Objectives

- **Methods**

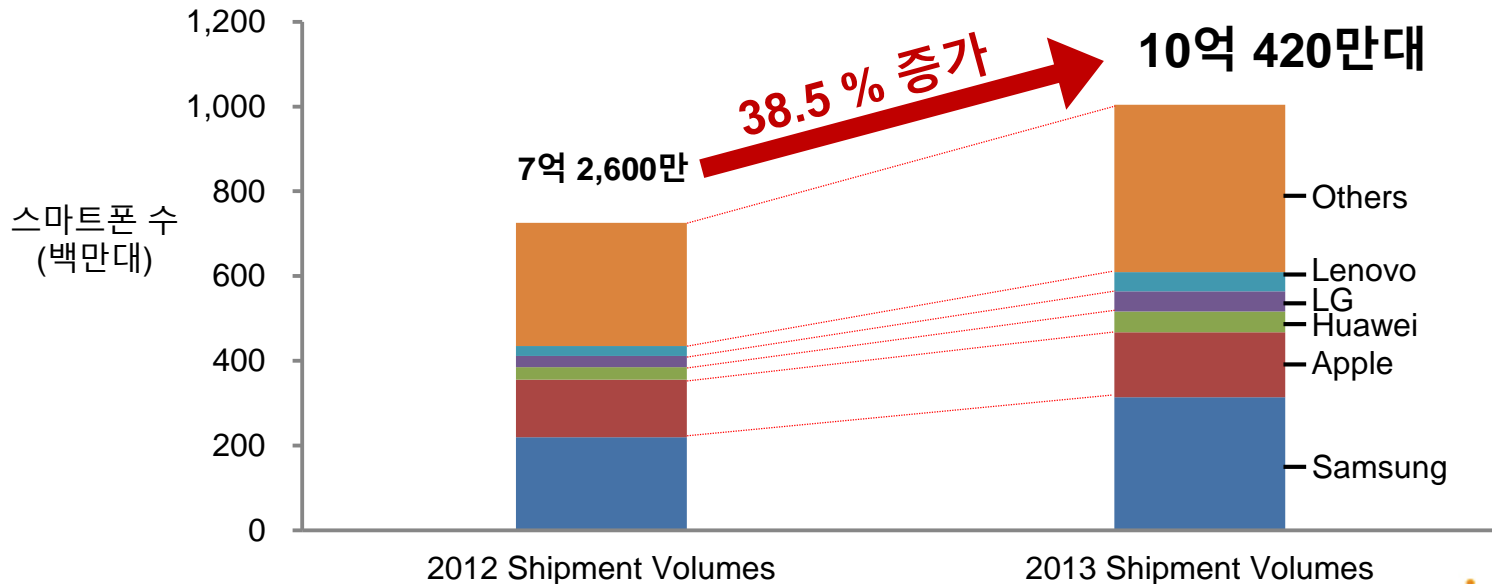
- **Results**

- **Discussion**

스마트폰 생산량과 사용자 수 증가

- 2013년 전 세계 스마트폰 **생산량: 약 10억 420만대**(IDC Worldwide Mobile Phone Tracker, 2014)
 - 2013년 국내 스마트폰 사용자 수
 - 한 대 이상 **보유자** 비율: 2012년 49.3% → 2013년 **66.2%**(ICT통계센터, 2013)
 - 한 대 이상 **보유 가구** 비율: 2012년 65% → 2013년 **79.7%**(미래창조과학부, 2013)
- ⇒ 스마트폰 생산량과 사용자 수 증가에 따라 **폐기량이 급격히 증가**하고 있음

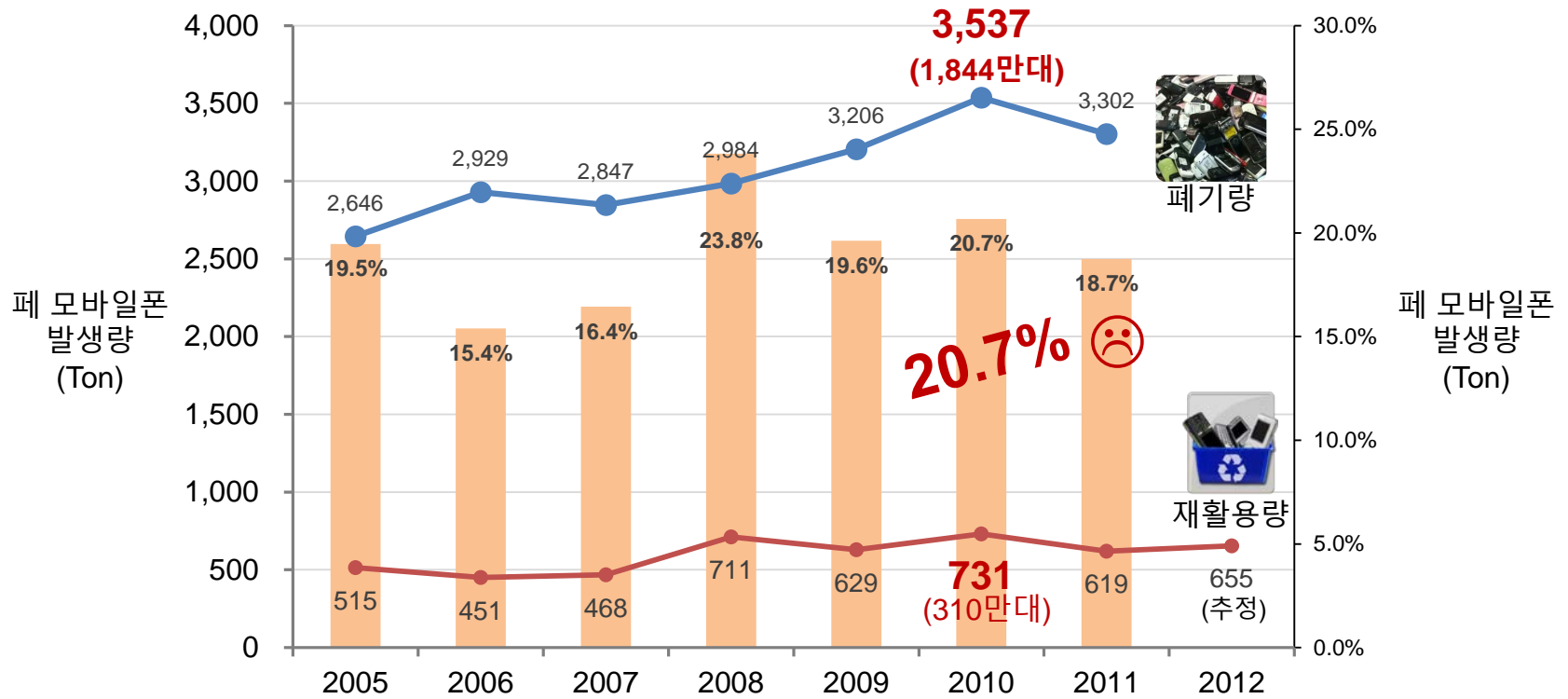
상위 5개 스마트폰 제조사의 출하량



폐 모바일폰 발생량

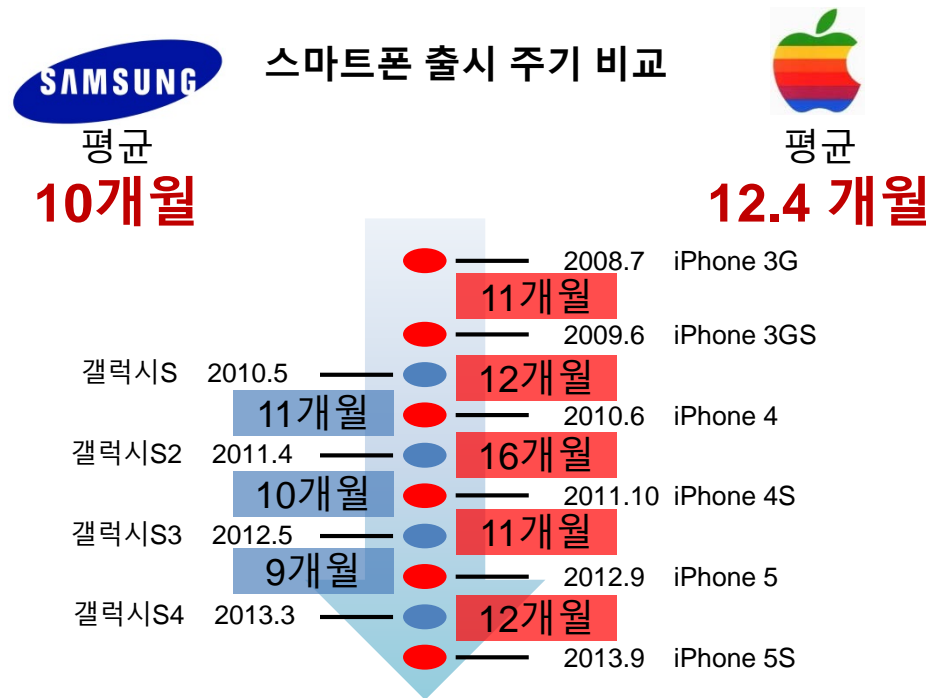
- 국내 폐 모바일폰(스마트폰 포함) 발생량: 최대 약 **1,800만대**까지 증가
- 국내 폐 모바일폰 재활용량: 최대 약 **310만대, 20.7%**

(모바일폰 재활용 의무율: 23.0%, 생산자책임재활용제도, 2003)

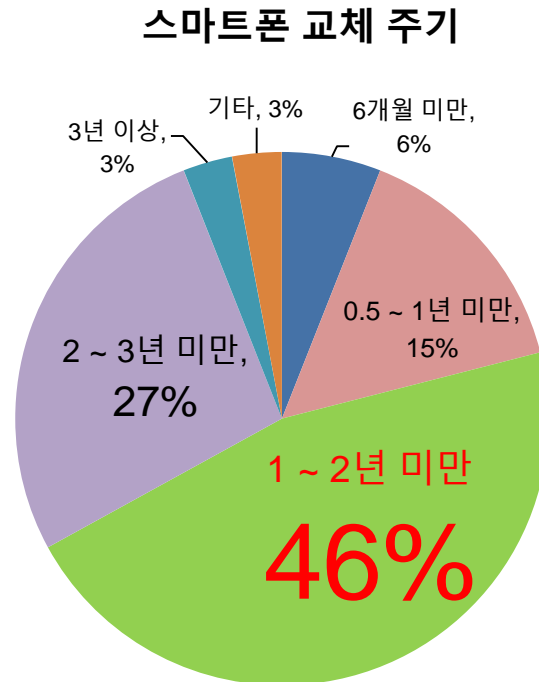


폐 모바일폰 발생량 증가 원인

- 신제품 출시 주기 단축: 단일 회사는 **1년 이하**
- 제품 교체주기 감소: **약 3년(2012년) → 현재 약 23개월, 1년 이상 감소**
- ⇒ 폐기된 모바일폰은 **재사용, 재활용, 매립 및 소각** 처리 됨



한국일보(2012. 12. 12)

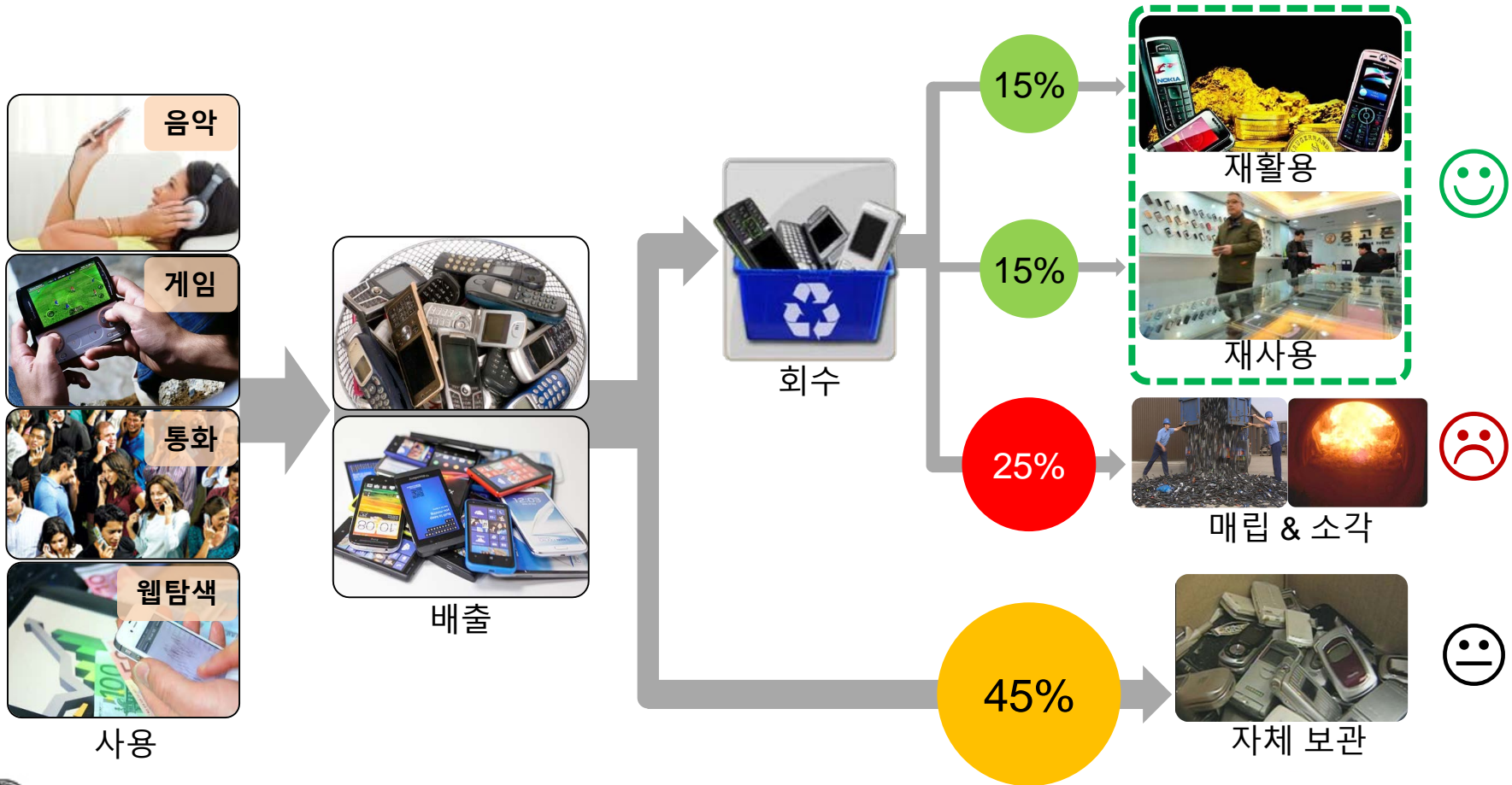


냉장고 교체주기 : **10년**

경향신문(2012. 10. 4)

모바일폰 End of Life

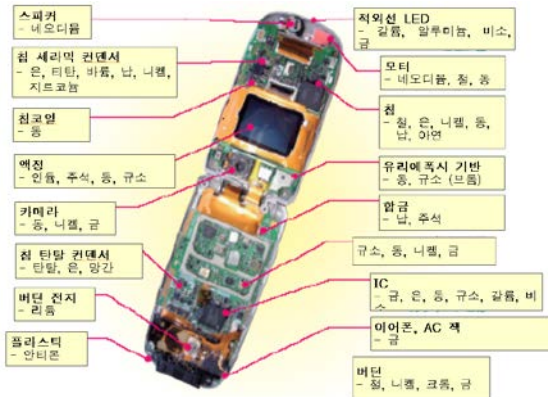
- 재사용(reuse): 분해(disassembly) → 수리, 재조립 후 국내 재판매 또는 해외 수출
- 재활용(recycling): 파쇄(shredding) → 금속(금, 은, 구리, 주석, 니켈, 리튬 등) 추출



스마트폰 재사용 필요성 증대(1/2)

□ 스마트폰은 파쇄를 통한 재활용 가치 vs. 분해를 통한 재사용 가치

폐 모바일폰 금속 자원 재활용



재활용 가치: 1대당 3,500원

※출처: 폐금속자원 재활용대책(환경부, 2009)

최대
37배↑

폐 스마트폰 부품 재사용



재사용 가치: 1대당 13만원

※출처: 스마트폰 부품별 비용(HIS Inc., 2013)

스마트폰 재사용 필요성 증대(2/2)

□ 중고 휴대폰, 스마트폰 해외 수요 증가: 약 1조원 시장 규모

SK C&C, 중고 휴대폰 유통사업 진출.. "시장 양성화 이룰 것"

입력 : 2014-01-17 오후 1:21:53

[뉴스토마토 박보연기자] SK C&C가 주력 사업인 IT서비스에서의 기술 역량과 SK엔카를 통한 리사이클링 사업의 경험을 발판삼아 중고폰 유통사업에 진출한다.

SK C&C(034730)는 편의점과 대형할인매장, 가전제품 양판점 등 다양한 유통망을 기반으로 중고 휴대폰을 사들이고, 이를 다시 해외로 수출하는 '예코폰 사업'을 시작한다고 17일 밝혔다.

SK C&C 관계자는 "국내 시장에서 1년에 쏟아져 나오는 중고폰이 대략 2000만대에 이르는 가운데 1000만대 가량이 해외로 수출되고 있다"며 "가치로는 약 1조원에 달하는 시장규모"라고 말했다.

중고 폰 거래도 올레~

KT, '올레 그린폰' 서비스 시작

250곳 올레매장 및 올레닷컴서 중고 폰 매매
매입모델 확대... 1만원에서 최대 21만원까지

KT는 앞으로 전국 모든 매장에서 올레 그린폰을 구입할 수 있도록 확대할 예정이다.

중고폰 개통 고객전용 요금제도 출시하는 등 중고폰 시장 활성화에 앞장설 계획이다.

KT 개인고객부문장 표현명 사장은 "사용하던 폰도 가치를 인정받아 판매하고 고가의 스마트폰을 알뜰하게 구입할 수도 있어 고객들의 호응을 얻을 것"이라며 "환경과 사회, 고객 모두에게 도움이 되는 재사용, 친환경 서비스를 지속적으로 선보일 것"이라고 말했다.

올레 그린폰의 서비스와 모델에 대한 자세한 내용은 올레닷컴에서 확인할 수 있다.



SK C&C 회수 중고 휴대폰



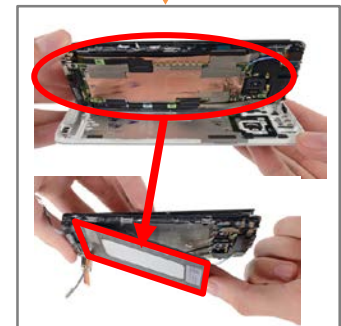
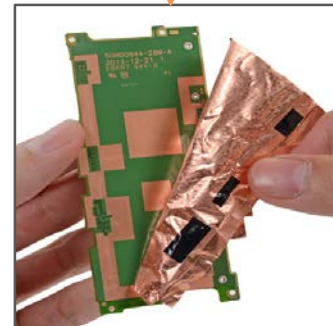
iphone 4 중동 시장 공략



KT 올레 그린폰

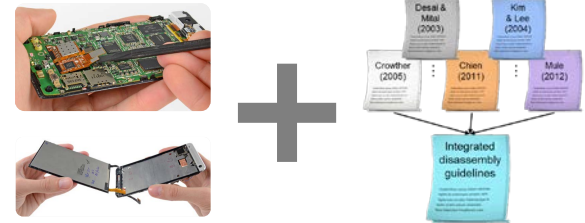
스마트폰 분해를 고려한 설계의 필요성

- **다양한 규격과 디자인**이 적용된 스마트폰은 재사용을 위한 분해가 쉽지 않음
⇒ 스마트폰 각 구성 부품의 재사용을 위해 **분해를 용이하게 하는 설계** 필요



스마트폰의 효율적인 분해를 위한 설계 가이드라인 개발 및 분해 용이도 결정요소 도출

1. 문헌 조사 및 스마트폰 구조 분석 통한 스마트폰의 효율적인 분해를 위한 설계 가이드라인 개발



2. 스마트폰 분해를 위한 설계 가이드라인 분석을 통한 분해 용이도 결정 요소 도출



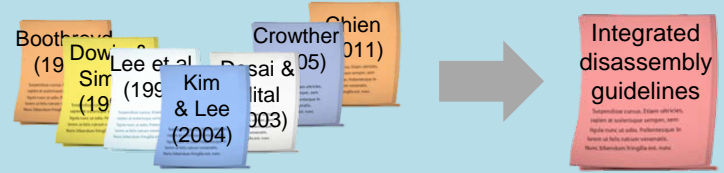
- Materials
- Fasteners & connections
- Structure & components

연구 절차

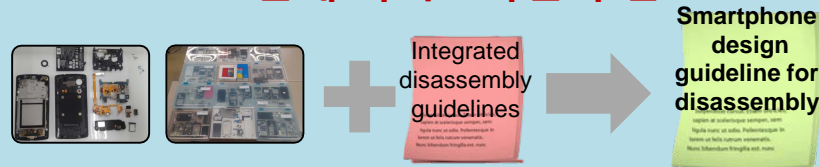
M1: BOM 및 구조 분석



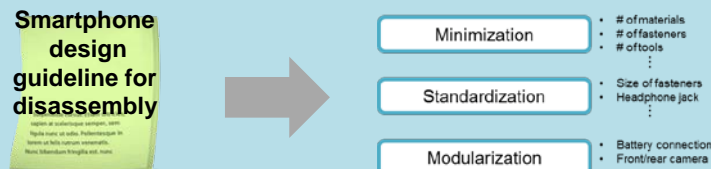
M2: 기존 분해 가이드라인 조사 및 분석



M3: 분해 가이드라인 수립



M4: 분해 용이도 결정 요소 도출



M1. 스마트폰 BOM 및 구조 분석

□ 6개사 15종의 스마트폰(총 20개)에 대한 분해 실습을 통해 BOM 및 구조 분석



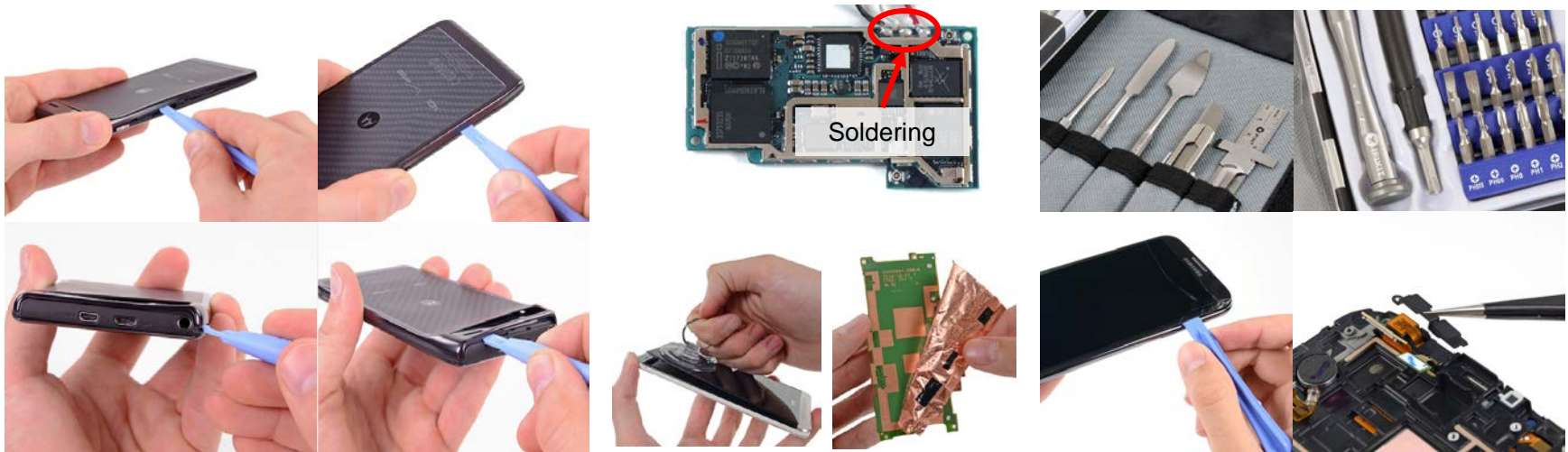
M1. 스마트폰 BOM 및 구조 분석 결과

□ BOM 분석 결과

- **두 가지 이상의 재질**(cpu, memory 등)로 구성되거나, 부품의 크기가 작아 **재질 표기가 되지 않은 부품**들이 다수 존재

□ 구조 분석 결과

- 부품 간 분해 지점 **식별이 어려움** → 분해 효율성 저하
- 접착제, 금속 박막, 납땜과 같이 **재결합이 어려운 방식**으로 결합된 부품 존재 → 파손 위험, 다양한 분해 도구 필요



구조 분석 결과(예시)

M2. 기존 분해 가이드라인 조사 및 분석

S1. 분해 가이드라인 관련 **keyword 선정**

- Keyword: smartphone, disassembly, design, guideline, DfD, disassemblability

S2. 유관 논문 검색 및 선별 **36 건**

- 문헌 조사 site
- ScienceDirect, Google Scholar, DBpia
- 검색 조건: Title, abstract, and keyword search

S2-1. Title screening **27 건**

S2-2. Abstract screening **21 건**

S2-3. 관련도에 따른 분류 **14 건**

- 관련도: 상 - 11건; 중 - 1건; 하 - 2건

12 건

S3. 최종 대상 논문 선별 및 review

- 관련도 상, 중에 해당하는 논문 review



M2. 최종 선정 논문

□ 문헌 선정과정을 거쳐 총 12편의 journal paper를 대상으로 review 진행

No.	Author	Year	Title	Source	관련도
1	Boothroyd	1992	Design for Assembly and Disassembly	<i>CIRP Annals - Manufacturing Technology</i>	상
2	Dowie & Simon	1994	Guidelines for designing for disassembly and recycling	<i>Manchester Metropolitan University</i>	상
3	Lee et al.	1998	Disassemblability Assessment With Design For Ease-Of-Disassembly	<i>Korean Institute of Industrial Engineers</i>	상
4	Desai & Mital	2003	Evaluation of disassemblability to enable design for disassembly in mass production	<i>International Journal of Industrial Ergonomics</i>	상
5	Kim & Lee	2004	The Development of the Design Guideline and the Comparative Evaluation For the Remanufacturing of a Cellular Phone	<i>Korean Society for Precision Engineering</i>	상
6	Crowther	2005	Design for disassembly-themes and principles	<i>Design for disassembly-themes and principles</i>	상
7	Kim & Lee	2006	Development of the Design Guideline to Increase the Reusing Rate of Cellular Phone Parts	<i>Korean Society for Precision Engineering</i>	상
8	Barsan et al.	2007	Design for Disassembly as an essential step in fulfilling the ecodesign goals: reuse, repair, remanufacture, recycle	<i>The Romanian Society of Engineering Graphics SORGING</i>	상
9	Hultgren	2012	Guidelines and Design Strategies for Improved Product Recyclability	<i>Chalmers university of technology</i>	상
10	Mule	2012	Design for Disassembly Approaches on Product Development	<i>International Journal of Scientific & Engineering Research</i>	상
11	Germani et al.	2013	A Case-Based Reasoning Approach to Support the Application of the Eco-Design Guidelines	<i>CIRP International Conference on Life Cycle Engineering</i>	상
12	Chien	2011	Reduction of End-of-Life Impacts Through Design for Disassembly (DfD)	<i>Berkeley University of California</i>	중

M3. 스마트폰 분해 가이드라인

□ 재료, 고정 및 부품간 연결, 구조 측면의 총 **24가지** 설계 가이드라인 개발

Design guidelines for disassembly	Boothroyd (1992)	Dowie & Simon (1994)	Lee et al. (1998)	Desai & Mital (2003)	Kim & Lee (2004)	Crowther (2005)	Kim & Lee (2006)	Barsan et al. (2007)	Chien (2011)	Hultgren (2012)	Mule (2012)	Germani et al. (2013)	Chien (2011)	Total
Materials														
M1 플라스틱 부품에 금속 물질 삽입 최소화(물리적 물질 혼합)	○	○												2
M2 합성 물질 사용 최소화(화학적 물질 혼합)														1
M3 유해 물질 최소화	○													7
M4 재활용 불가능한 물질 사용 최소화	○	○				○			○	○	○		○	6
M5 원자재 종류 최소화	○	○				○			○	○	○	○	○	7
M6 원자재 종류 식별할 수 있는 마크 표시						○					○			2
Fasteners & connections														
FC1 범용 공구 사용			○	○	○		○	○			○			7
FC2 Fastener & connections가 접근이 용이하도록 설계		○		○	○		○		○		○		○	6
FC3 Fastening points가 쉽게 식별되도록 설계		○	○					○	○				○	5
FC4 Fastener & connections의 설계 개선을 통한 내구성 강화				○	○	○	○			○				5
FC5 Fastener & connections 조립 위치 대칭화					○		○							2
FC6 접착제 사용 최소화		○				○			○		○		○	4
FC7 Fastener & connections 조립방향을 단방향으로 설계				○										1
FC8 Fastener & connections 개수 최소화		○			○	○	○		○		○		○	7
FC9 공구 개수 최소화		○												2
FC10 Fastener & connections 크기, 무게, 형상 표준화		○												1
Structure														
SC1 병렬 구조로 설계						○					○			2
SC2 구성부품 크기, 무게, 형상 표준화			○	○				○	○	○			○	5
SC3 접근 및 분해 지점이 쉽게 식별되도록 설계	○	○	○	○		○				○				6
SC4 구성부품 파손이 일어나지 않도록 내구성 강화		○									○			2
SC5 재활용 가능/불가능 구성부품을 군집하여 설계		○		○										2
SC6 기능적으로 분리된 구성부품 설계		○	○			○		○	○		○		○	4
SC7 구성부품 개수 및 종류 최소화			○		○	○	○	○	○			○	○	8
SC8 Snap-fits 구조 등 부품 체결이 단순하도록 설계					○		○							2

설계 가이드라인 별 관련 논문 mapping

M3. 스마트폰 부품별 분해 가이드라인

□ 스마트폰 11개 주요 부품별 적용 가이드라인 선별

스마트폰
주요 구성 부품



Description	Display	CPU Processor	WLAN/GPS/BT/FM	Memory (NAND Flash, SDRAM)	Printed circuit board (PCB)	Power management	Battery	Front & rear camera	UI & sensor (earjack, MIC, antenna, speaker etc.)	Mechanical parts (plastic, metal)	Electro-mechanical connection (wire, cable)
Materials											
M1	플라스틱 부품에 금속 물질 삽입 최소화(물리적 물질 혼합)										
M2	○	합성 물질 사용 최소화(화학적 물질 혼합)									
M3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
M4	재활용 불가능한 물질 사용 최소화		○	○	○	○	○	○	○	○	○
M5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
M6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fasteners & connections											
FC1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
FC2	Fastener & connections가 접근이 용이하도록 설계					○				○	
FC3	Fastening points가 쉽게 식별되도록 설계					○				○	
FC4	Fastener & connections의 설계 개선을 통한 내구성 강화					○		○	○	○	○
FC5	Fastener & connections 조립 위치 대칭화					○				○	
FC6	접착제 사용 최소화					○	○			○	
FC7	Fastener & connections 조립방향을 단일방향으로 설계					○				○	
FC8	Fastener & connections 개수 최소화					○				○	
FC9	공구 개수 최소화					○				○	
FC10	Fastener & connections 크기, 무게, 형상 표준화					○				○	
Structure											
SC1	병렬 구조로 설계										
SC2	구성부품 크기, 무게, 형상 표준화										
SC3	접근 및 분해 지점이 쉽게 식별되도록 설계										
SC4	구성부품 파손이 일어나지 않도록 내구성 강화										
SC5	재활용 가능/불가능 구성부품을 균집하여 설계										
SC6	기능적으로 분리된 구성부품 설계										
SC7	구성부품 개수 및 종류 최소화										
SC8	Snap-fits 구조 등 부품 체결이 단순하도록 설계										

M4. 분해 용이도 결정 요소

Design guidelines for disassembly		
Materials		Factor
M1	플라스틱 부품에 금속 물질 삽입 최소화(물리적 물질 혼합)	Minimization
M2	합성 물질 사용 최소화(화학적 물질 혼합)	Minimization
M3	유해 물질 최소화	Minimization
M4	재활용 불가능한 물질 사용 최소화	Minimization
M5	원자재 종류 최소화	Minimization
M6	원자재 종류 식별할 수 있는 마크 표시	Identification
Fasteners & connections		
FC1	범용 공구 사용	Simplification
FC2	Fastener & connections가 접근이 용이하도록 설계	Accessibilization
FC3	Fastening points가 쉽게 식별되도록 설계	Identification
FC4	Fastener & connections의 설계 개선을 통한 내구성 강화	Robustization
FC5	Fastener & connections 조립 위치 대칭화	Simplification
FC6	접착제 사용 최소화	Minimization
FC7	Fastener & connections 조립방향을 단방향으로 설계	Simplification
FC8	Fastener & connections 개수 최소화	Minimization
FC9	공구 개수 최소화	Minimization
FC10	Fastener & connections 크기, 무게, 형상 표준화	Standardization
Structure		
SC1	병렬 구조로 설계	Accessibilization
SC2	구성부품 크기, 무게, 형상 표준화	Standardization
SC3	접근 및 분해 지점이 쉽게 식별되도록 설계	Identification
SC4	구성부품 파손이 일어나지 않도록 내구성 강화	Robustization
SC5	재활용 가능/불가능 구성부품을 군집하여 설계	Clusterization
SC6	기능적으로 분리된 구성부품 설계	Modularization
SC7	구성부품 개수 및 종류 최소화	Minimization
SC8	Snap-fits 구조 등 부품 체결이 단순하도록 설계	Simplification

Minimization

- # of materials
- # of fasteners
- # of tools
- ⋮

Standardization

- Size of fasteners
- Earphone jack
- ⋮

Modularization

- Battery connection
- Front/rear camera
- ⋮

Clusterization

- Unrecyclable materials
- Hazardous materials
- ⋮

Identification

- Size of fasteners
- Matching fastener and tools
- ⋮

Simplification

- Structures
- Cable connections
- ⋮

Accessibilization

- Point of fasteners
- No hide area
- ⋮

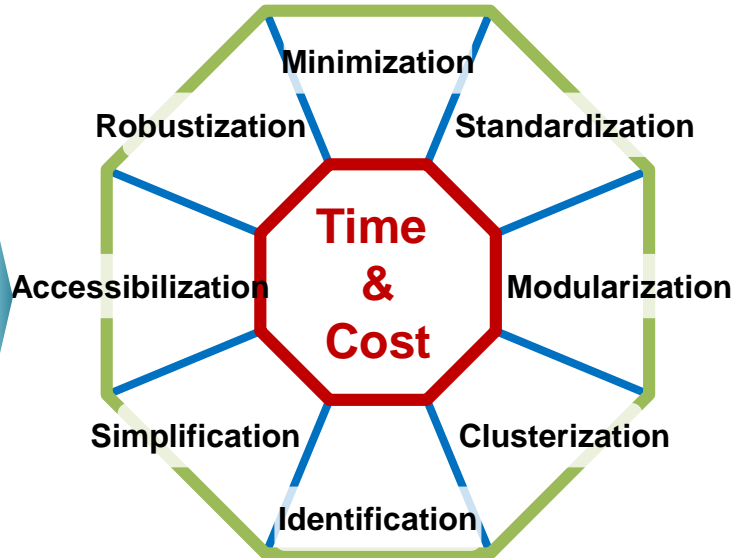
Robustization

- Durability
- No scratch
- ⋮

Discussion (1/5)

- 기존 스마트폰을 보다 친환경적으로 개선하기 위해 **분해 용이성을 향상시키는 설계 가이드라인을 제안함**
- 스마트폰 분해 시 **분해 용이도를 결정하는 8가지 요소 파악**
- ⇒ **환경을 고려한 스마트폰 설계**에 유용하게 활용될 것으로 기대됨

Design guidelines for disassembly		
Materials		Factor
M1	플라스틱 부품에 금속 물질 삽입 최소화(물리적 물질 혼합)	Minimization
M2	합성 물질 사용 최소화(화학적 물질 혼합)	Minimization
M3	유해 물질 최소화	Minimization
M4	재활용 불가능한 물질 사용 최소화	Minimization
M5	일차재 종류 최소화	Minimization
M6	원자재 종류 식별할 수 있는 마크 표시	Identification
Fasteners & connections		
FC1	범용 공구 사용	Simplification
FC2	Fastener & connections가 접근이 용이하도록 설계	Accessibilization
FC3	Fastening points가 쉽게 식별되도록 설계	Identification
FC4	Fastener & connections의 설계 개선을 통한 내구성 강화	Robustization
FC5	Fastener & connections 조립 위치 대칭화	Simplification
FC6	접착제 사용 최소화	Minimization
FC7	Fastener & connections 조립방향을 단방향으로 설계	Simplification
FC8	Fastener & connections 개수 최소화	Minimization
FC9	공구 개수 최소화	Minimization
FC10	Fastener & connections 크기, 무게, 형상 표준화	Standardization
Structure		
SC1	병렬 구조로 설계	Accessibilization
SC2	구성부품 크기, 무게, 형상 표준화	Standardization
SC3	접근 및 분해 지점이 쉽게 식별되도록 설계	Identification
SC4	구성부품 파손이 일어나지 않도록 내구성 강화	Robustization
SC5	재활용 가능/불가능 구성부품을 군집하여 설계	Clusterization
SC6	기능적으로 분리된 구성부품 설계	Modularization
SC7	구성부품 개수 및 종류 최소화	Minimization
SC8	Snap-fits 구조 등 부품 체결이 단순하도록 설계	Simplification



Discussion (2/5)

□ 기존 연구(Kim & Lee, 2006) 보다 **material 측면에 대한 고려**를 시도함

⇒ 본 연구는 원자재의 재활용 측면 뿐만 아니라 **재사용 측면에서 재료의 중요성** 강조

(예: 유해물질 식별할 수 있는 마크 표시를 통해 분해자에게 주의 제공)

구분	분류	Kim & Lee (2006) Guidelines
	M	無
1	FC1	(스크류) 규격을 통일
2	FC2	(스크류) 개수를 최소화
3	FC3	(스크류) 조립 방향을 단방향으로 설계
4	FC4	(후크) 개수를 최소화
5	FC5	(힌지) 연결부에 대한 분해성을 고려
6	FC6	(힌지) 범용 공구를 사용하도록 설계를 개선
7	FC7	(본드&양면테이프) 접착 부분의 면적을 고려
8	SC1	(스크류) 조립 공간을 개선
9	SC2	(후크) 조립 위치를 대칭화
10	SC3	(후크) 설계 개선을 통한 내구성을 강화
11	SC4	(힌지) 하우징의 힌지 연결부의 설계 개선을 통한 내구성을 강화
12	SC5	(본드&양면테이프) 분해 시 부품의 파손이 일어나지 않는 분리 공간을 확보
13	SC6	(안테나) 체결 요소 규격을 표준화
14	SC7	(안테나) 외관을 제외한 나머지 부품은 표준화
15	SC8	(배터리) 배터리 하우징 부분과 배터리를 분리 설계
16	SC9	(배터리) 용량별 배터리의 크기를 표준화
17	SC10	(배터리) 단락 방지 회로의 크기를 표준화
18	SC11	(배터리) 충전용 단자의 크기와 위치, 개수를 표준화
19	SC12	(충전기) 표준화 된 충전지와의 규격을 일치
20	SC13	(충전기) 충전기의 부피를 최소화
21	SC14	(PCB) 회로 기판의 형태를 규격화
22	SC15	(PCB) 설계 개선을 통하여 체결 요소를 최소화
23	SC16	(PCB) 외부 연결 장치 커넥터의 위치를 표준화
24	SC17	(내부연결) 모듈간의 연결 방식을 소켓 방식으로 통일
25	SC18	(내부연결) 소켓 커넥터 조립 방향 일치
26	SC19	(내부연결) 소켓 커넥터의 규격을 표준화
27	SC20	(데이터핀 & 충전커넥터) 규격을 24핀 표준화(이미 표준화됨)
28	SC21	(데이터핀 & 충전커넥터) 컴퓨터와의 인터페이스를 표준화
29	SC22	(이어폰 소켓) 소켓 방식 규격을 하나로 표준화

구분	분류	본 연구 Guidelines
1	M1	플라스틱 부품에 금속 물질 삽입 최소화(물리적 물질 혼합)
2	M2	합성 물질 사용 최소화(화학적 물질 혼합)
3	M3	유해 물질 최소화
4	M4	재활용 불가능한 물질 사용 최소화
5	M5	원자재 종류 최소화
6	M6	원자재 종류 식별할 수 있는 마크 표시
7	FC1	범용 공구 사용
8	FC2	Fastener & connections가 접근이 용이하도록 설계
9	FC3	Fastening points가 쉽게 식별되도록 설계
10	FC4	Fastener & connections의 설계 개선을 통한 내구성 강화
11	FC5	Fastener & connections 조립 위치 대칭화
12	FC6	접착제 사용 최소화
13	FC7	Fastener & connections 조립방향을 단방향으로 설계
14	FC8	Fastener & connections 개수 최소화
15	FC9	공구 개수 최소화
16	FC10	Fastener & connections 크기, 무게, 형상 표준화
17	SC1	병렬 구조로 설계
18	SC2	구성부품 크기, 무게, 형상 표준화
19	SC3	접근 및 분해 지점이 쉽게 식별되도록 설계
20	SC4	구성부품 파손이 일어나지 않도록 내구성 강화
21	SC5	재활용 가능/불가능 구성부품을 군집하여 설계
22	SC6	기능적으로 분리된 구성부품 설계
23	SC7	구성부품 개수 및 종류 최소화
24	SC8	Snap-fits 구조 등 부품 체결이 단순하도록 설계

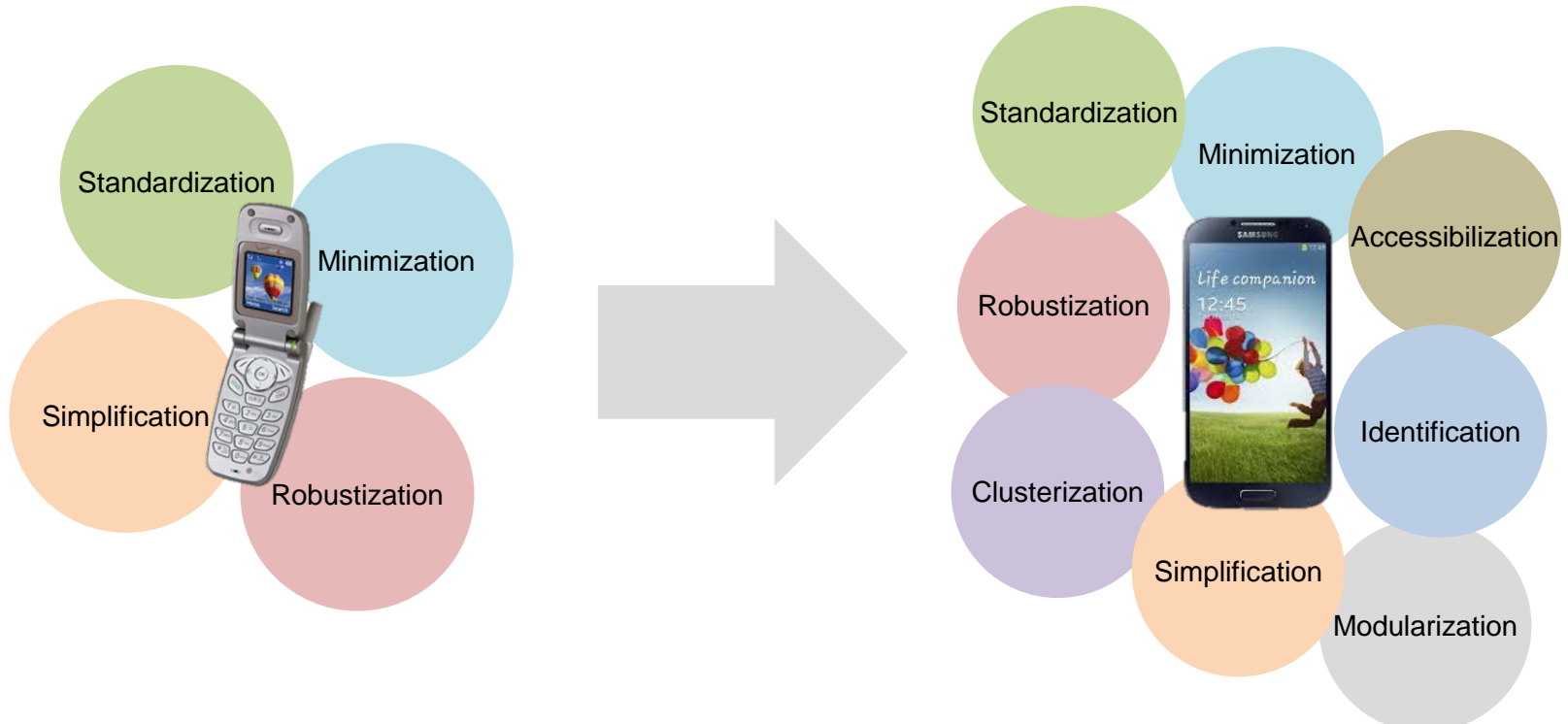
Discussion (3/5)

- Kim & Lee (2006)의 휴대폰 설계 가이드라인은 주요 부품을 **총 8가지** 구분
 - 본 연구는 **총 11가지**의 주요 부품으로 구분하여 분석(배터리 충전기와 충전 및 데이터 케이블 제외)
- ⇒ 스마트폰 기술 발전에 따라 **주요 구성 부품을 구체화**시킴

No.	Kim & Lee (2006)		본 연구
1	Housing	공통 부품	Mechanical parts (plastic, metal)
2	Battery		Battery
3	Printed circuit board (PCB)		Printed circuit board (PCB)
4	Interconnector		Electro-mechanical connection
5	Ear-phone socket & antenna		UI & sensor
6	Charger		
7	Data pin & Charger connector		
8		비공통 부품	Front & rear camera
9			Display
10			CPU Processor
11			WLAN/GPS/BT/FM
12			Memory (NAND Flash + SDRAM)
13			Power management

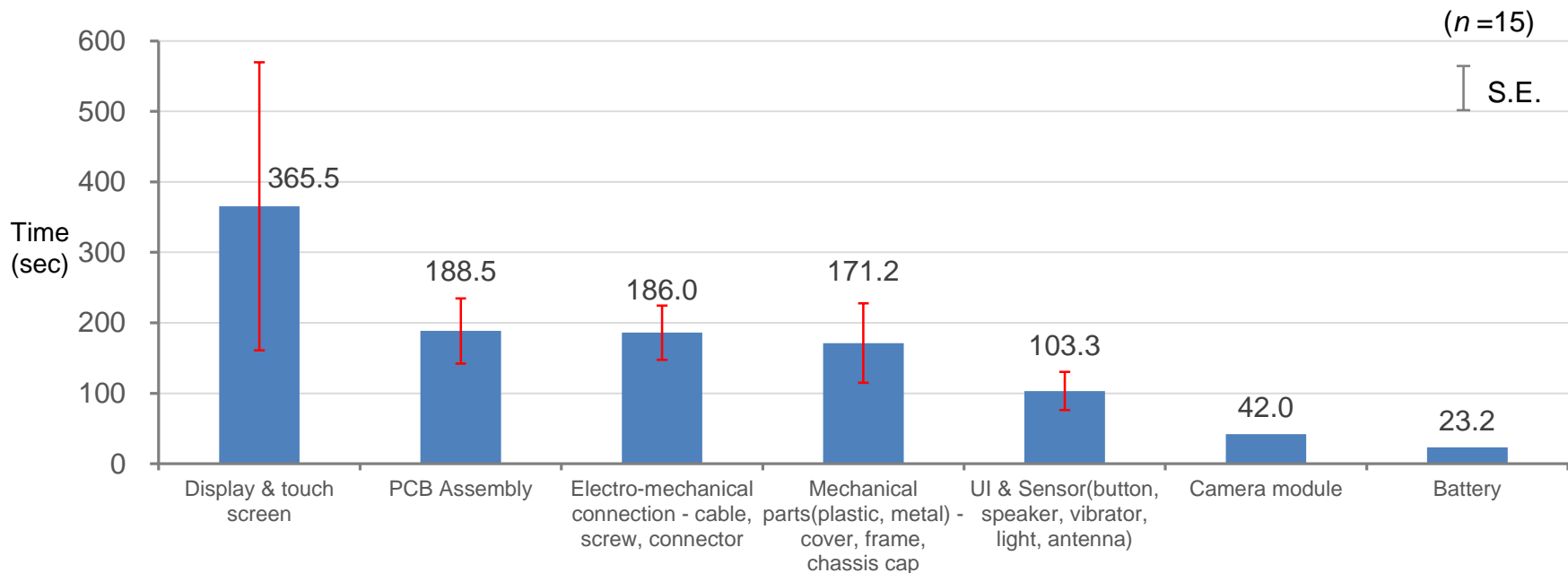
기존 설계 가이드라인과 비교 (4/5)

- Kim & Lee (2006)의 휴대폰 설계 가이드라인에서 도출된 disassembly factor는 4가지이나, 본 연구에서 도출된 disassembly factor는 8가지로 추가됨
- ⇒ 본 연구는 스마트폰 설계 가이드라인의 **부품 고정 및 연결, 구조적** 부분에서 Kim & Lee의 휴대폰 **설계 가이드라인 항목들을 보다 구체화**시킴



Discussion (5/5)

- 스마트폰 부품별 분해시간 차이: 타이머를 사용하여 측정된 **스마트폰 부품별 분해 소요 시간은 분해자에 따라 편차가 크게 나타남**
- ⇒ 각 스마트폰의 분해 용이도 평가를 위해 분해 작업 과정과 시간의 **정량적 측정 필요**



추후연구: 동작 분석

- 스마트폰 분해 동작 및 소요 시간을 동작 분석 장비를 사용하여 정량적 분석 예정
 - 스마트폰의 부품별 분해에 소요되는 시간을 정량적으로 측정
 - 스마트폰 모델별 분해에 영향을 미치는 분해과정과 작업 파악 용이
 - 분해 가이드라인을 고려하여 설계된 스마트폰의 분해 용이도 평가 활용



Unscrewing



Flicking



Lifting



Pulling

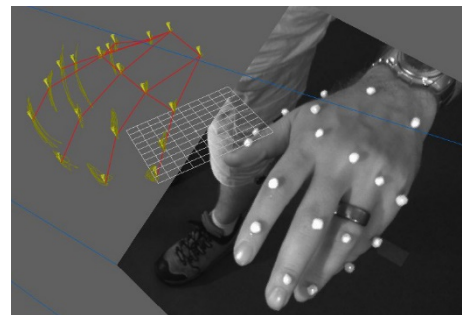


Complex flicking

Motion analysis



Motion capture system



Marker location
for Hand motion analysis



Time analysis

Q & A

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

본 연구는 환경부의 “에코디자인 인력 양성사업”의 지원을 받아 수행되었음

This work is financially supported by Korea Ministry of Environment (MOE) as “EcoDesign Human Resource Development Project.”



KAEE
한국전자산업환경협회



환경부



삼성전자

포항공과대학교 에코디자인 특성화 대학원

<http://eco.postech.ac.kr/>