

## 웨어러블 컴퓨팅 사용성 평가 척도 개발\*

— 스마트 웨어 적용사례를 중심으로 —

### The Development of Usability Evaluation for Wearable Computer: An Investigation of Smart Clothing

채행석\*\*† · 홍지영\*\* · 조현승\*\*\* · 이영진\*\*\* · 박선형\*\*\*\* · 한광희\*\* · 이주현\*\*\*\*

Haeng-Suk Chae\*\*† · Ji-Young Hong\*\* · Hyun-Seung Cho\*\*\* · Young-Jin Lee\*\*\*

Sun-Hyung Park\*\*\*\* · Kwang-Hee Han\*\* · Joo-Hyeon Lee\*\*\*\*

연세대학교 인지공학연구실\*\*

Cognitive Engineering Lab, Yonsei University

연세대학교 의류과학연구소\*\*\*

Research Institute of Clothing & Textile Sciences, Yonsei University

연세대학교 의류환경학과\*\*\*\*

Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University

**Abstract** : The purpose of this paper is to develop usability evaluation tool for wearable computer. In this paper, we propose evaluation factor and object through context evaluation in the real environment. The basic idea of this process is to know the thought from wearable user. Also, we gathered the opinion from expert group. As a result, we adopted evaluation question categories. By examining some empirical data which is obtained from observation and wearability evaluation, we conclude usability evaluation of wearable computer, including smart clothing. The design process in creating a successful wearable usability is no longer about providing technical success, rather about creating a optimal user experience.

**Key words** : Wearable computer, usability evaluation, smart clothing

**요약** : 본 연구는 웨어러블 컴퓨터의 프로토타입이 사용자에게 최적의 경험을 제공할 수 있도록 웨어러블 컴퓨터의 평가를 위한 사용성 척도를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 질적 평가와 양적 평가를 동시에 수행하였다. 개발된 제품을 사용자가 직접 착용해 보고 의견을 진술하는 컨텍스트(context) 평가를 2차에 걸쳐 실시

\* 본 연구는 산업자원부 2005년도 중기거점 개발사업의 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 채행석(연세대학교 인지공학연구실)

E-mail : acechae19@yonsei.ac.kr

Tel : 02-2123-4723

Fax : 02-2123-3240

하였고, 사용자 평가 결과와 전문가들의 의견을 반영하여 평가 항목 및 평가 대상을 선정하였다. 이를 통해 사용성 평가문항의 기초 안을 개발하고 관찰평가와 착의평가로 나누어서 설문을 진행하였다. 평가 결과를 분석하여 사용성 평가 문항을 확정하였으며, 만족감과 관련하여 평가 항목에 대한 이론적 모델을 도출하였다.

**주제어** : 웨어러블 컴퓨터, 사용성평가, 스마트웨어

## 1. 서론

웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)는 입을 컴퓨터라고 일컬어지며, 컴퓨팅 기기들이 소형화, 경량화 되어 인체 주위에 휴대되는 제품이다. 이러한 웨어러블 컴퓨터를 착용하는 웨어러블 환경은 기존의 PC나 모바일 컴퓨팅 환경과 명백히 다르며, 웨어러블 컴퓨터의 설계는 인체의 움직임뿐 아니라 인간의 인지 구조와 밀접한 관련이 있기 때문에 웨어러블 컴퓨터의 사용성을 평가하는 일은 사용자 중심의 제품 디자인 환경에서 무엇보다 중요하다.

웨어러블 컴퓨터는 디바이스들의 단순한 조합이나 의류상 부착이 아닌 일상생활에서 우리가 흔히 볼 수 있는 의류타입의 형태를 유지할 것으로 예측된다. 그러므로 웨어러블 컴퓨터 설계는 기존의 디바이스의 경우와는 달리 기기의 기능뿐 아니라 의류본연의 기능이 강조되며[4], 디바이스에 대한 사용편의성 및 유용성만을 평가하는 기존의 도구로는 평가 자체가 불가능하다. 웨어러블 컴퓨터 사용성의 개념은 사용자 중심의 디자인 환경에 대한 이해로부터 출발해서 사용자와 컴퓨터 간의 직접적인 상호작용뿐 아니라 상호작용을 하는 동안 외부환경을 인지하는 것을 포함하기 때문이다[9].

본 연구는 웨어러블 컴퓨터 사용성의 개념을 정립하고 웨어러블 컴퓨터 사용성을 평가할 수 있는 새로운 도구를 개발하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 연구 1에서는 실제 환경에서 사용자 컨텍스트(Context)평가를 진행하였고, 사용자 인터뷰를 통해 웨어러블 컴퓨터 사용성 평가 척도의 기반을 마련하였다. 연구 2에서는 연구 1의 사용자 컨텍스트 평가의 결과와 전문가 리뷰를 통해 웨어러블 컴퓨터 사

용성 평가 척도를 도출하였고 관찰평가와 착의평가를 통해 이를 검증하였다.

## 2. 이론적 배경

Nielsen은 사용성 휴리스틱(Usability Heuristics)을 발표하였는데, 효과성(effectiveness), 효율성(efficiency), 만족도(satisfaction)를 고려한 평가 지침이었다[10].

이와 더불어 여러 웨어러블 컴퓨터에서의 사용성 평가 연구가 진행되었다. Gemperle의 Wearability Design Guideline[5]은 착용성 측면에서 설계 지침을 제시하였으며, Knight[7, 8]는 CFR(Comfort Rating Scale)을 진행하여 만족감을 측정하고자 하였다. 하지만 기존의 연구는 다양한 웨어러블 컴퓨팅 환경에서 평가 대상 및 평가 항목에 따라 사용성 요인을 적용하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 사용성에 관한 전반적인 이해를 위해 이전 연구의 기준을 반영하였는데, 웨어러블 컴퓨터의 착용성과 만족도에 관련된 세부 사항으로 Gemperle[5]과 Knight[7, 8]의 연구를 참고하였다. 이밖에 국내 연구로 양은실[1], 육형민[2]의 연구를 참고하였다.

## 3. 연구 1

연구 1에서는 사용자 컨텍스트 평가를 실시하였다. 실제 개발된 프로토타입을 사용자들에게 착용해보도록 하고 사용자들이 이를 평가하고 의견을 제시하도록 하였다. 사용성 평가의 과정에는 기존의 이론적인 배경을 바탕으로 평가 항목과 대상을 선정하였다[3].

### 3.1 방법

#### 3.1.1 절차

피험자는 모두 13명의 성인 남녀로 1차 평가에 7명, 2차 평가에는 6명이 참여하였는데, 조깅, 등산, 파티 등의 경험자를 편의표집하였다. 사용자 컨텍스트 평가는 스마트웨어 프로토타입을 피험자들이 직접 착용하고 실제 조깅과 등산, 파티 상황에서 평가를 하였다. 선행연구를 바탕으로 각 범주가 구성되었는데, 형태, 무게, 접근성, 안정성, 심미성, 장기적 사용의 물리적 유해성, 소재 만족도, 사회적 수용성, 관리의 용이성, 통제가능성, 정보표상방식, 정보의 정확성, 피드백, 조작용이성, 부착위치 등이었다. 기능적으로는 MP3, 센서, 옷자재, 광섬유 등으로 분류하여 각 항목에 대한 정의를 내렸다. 하위 범주로는 기기의 형태, 인체 안정성, 기기 안정성, 의류로서의 심미성, 기기 형태 및 위치 고려, 사회 문화적 요소, 기능성, 텍스타일 질감, 금속 기기 등의 질감, 의류의 관리, 기기의 관리, 정보확인 용이성 등이 제시되었다.

#### 3.1.2 대상의류

연세대학교에서 개발한 스마트 의류를 대상으로 2차에 걸쳐 컨텍스트 평가를 실시하였다. 1차 평가대상 의류는 조깅웨어 2종, 트레킹웨어 2종, 광섬유파티웨어 3종 등 총 7벌이었고, 2차 평가대상 의류는 트레킹웨어 1종, MP3 일상복 1종, 스노우보드복 1종, 광섬유파티웨어 3종 등 총 6벌이었다.

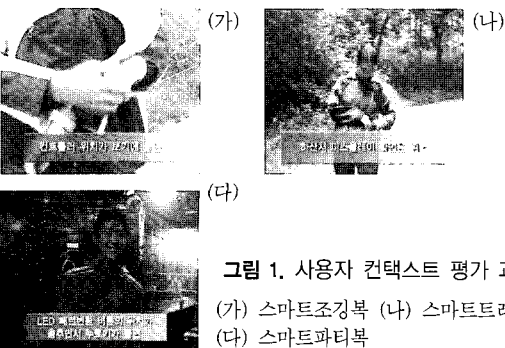


그림 1. 사용자 컨텍스트 평가 과정  
(가) 스마트조깅복 (나) 스마트트레킹복  
(다) 스마트파티복

### 3.2 결과 및 논의

#### 3.2.1 사용자 주요 의견

센서, MP3, 의류 자체에 대한 기능적 분류에 따라 각 항목을 평가하였는데 사용자들의 주요 의견은 다음과 같다.

##### 센서

사용자들은 센서가 장착된 스마트웨어를 착용했을 때 움직임이 불편하고, 컨트롤러의 위치로 인해 디스플레이된 값의 확인이 어렵다고 언급하였다. 또한 방수기능과 디스플레이의 가시성이 필요하다는 의견을 제시하였다. 온도, 습도, 자외선, 칼로리 소모량, 해발 등에 대한 정보도 필요하다고 응답하였다. 따라서 흔들림이 적은 위팔 무위에 센서를 배치하는 방안이 고려될 필요가 있으며, 가시적인 디스플레이를 설계와 이해하기 쉬운 수치 제시가 필요할 것으로 생각되었다.

##### MP3

컨트롤러의 디스플레이 문제는 센서가 내장된 스마트웨어의 경우와 동일한 면이 많았는데, 특히 한 손으로 조작하기 어렵다는 의견과 하산 시 디스플레이를 확인하는 행동이 위험하였다는 의견이 있었다. 하지만 외부소리와 MP3 소리를 동시에 들을 수 있어서 좋다거나, 이어폰이 편리하다는 의견이 있었다. 또한 시각적인 디스플레이 외에 음향이나 촉감을 이용한 디스플레이도 제안되었다.

##### 의류자체

의류 소재의 통기성이 없거나 의복이 너무 밀착되어 압박감이 크다는 의견이 있었고, 지퍼가 불편하거나 옷이 무겁고 장착된 기기가 덜렁거리거나 의복의 전체적인 균형이 맞지 않는다는 등의 의견이 있었다. 이러한 요소들은 추후 디자인 과정에서 반영되어야 할 것이다. 또한 스마트 웨어에 장착되는 LED의 경우 On/Off 버튼의 위치 수정이 필요하다고 했는데 이는 이동 시 누르기가 불편하기 때문이라는

의견이 있었다. LED 발광부위는 움직임이 큰 신체 부분에 위치하는 것을 선호하였으며, LED 패턴 변환을 사용자가 컨트롤 할 필요가 있다고 응답하였다. 따라서 사용자가 패턴을 제어할 수 있는 기능을 추가하는 한편 On/Off 버튼 위치의 수정이 요구된다.

### 3.2.2 의의

연구 1의 질적 평가에서는 피험자에게 복종과 사용 컨텍스트를 고려한 과제를 제시하고 평가 의견을 분석하였다. 이를 바탕으로 연구 2의 사용성 평가 척도 개발을 위한 기반을 구성하였다.

## 4. 연구 2

연구 2는 연구 1을 기반으로 스마트웨어를 중심으로 한 사용성 평가 척도를 개발하고, 관찰평가와 착의 평가를 이용하여 검증하였다.

### 4.1 절차

연구 2는 연구 1에서 분석된 평가의견을 반영하고, 스마트웨어 전문가들의 평가를 바탕으로 평가 항목과 대상을 구성한 후, 문항을 구성하였고, 설문조사를 통해 이를 검증하는 과정을 거쳤다. 연구 2는 다음과 같은 구체적인 과정으로 진행되었다.

첫째, 연구 1로부터 추출한 요인과 전문가의 평가 의견을 주축으로 위계적인 경험 요인 구조(experience factor structure)를 구성하였다. 이를 바탕으로 사용성 평가 요인과 평가 대상 기능을 선정하기 위하여 요인-대상 매트릭스(factor-object matrix)를 작성하였다.

둘째, 평가 가능한 항목에 대하여 문항을 개발하였다.

셋째, 관찰 및 착의를 통한 설문평가를 실시하였다.

마지막으로, 결과 분석 및 구조 검증을 하였다. 평가 결과를 요인분석 하여 이론적 구조를 검증하고 요인 적재값이 떨어지는 문항을 제거하였다.

평가 척도 개발 과정에는 센서의류(스마트보드웨어), 광섬유(스마트파티웨어), 전투복의 3종을 실시하였고 개발된 문항을 바탕으로 각 문항에 대한 설문은 각 복종별로 블록-배치법으로 피험자를 배정하였다.

## 4.2 방법

### 4.2.1 평가항목 및 대상 선정을 위한 예비 작업

평가항목과 대상을 선정하기 위해 기초 평가 항목 수집, 개념적 군집화, 위계적 평가기준 제작, 평가 대상의 범위 선정, 평가요소를 위한 매트릭스 제작, 대상별 평가 가능성 판정을 거쳐 최종적으로 문항을 개발하였다. 기초 평가 항목 수집의 과정은 사용성, 착용가능성, 의류 제품의 평가 기준 등을 고려하였다. 해당되는 항목에 대하여 지금까지의 연구결과에 따라 항목을 열거하고 이를 군집화 및 위계화를 진행하였다.

#### 평가항목 선정

평가항목 선정은 연구 1의 컨텍스트 평가를 통해 얻어진 사용자들의 의견과 사용성과 관련한 인지공학 분야의 전문가와, 의류 전문가들에 의한 질적 연구 결과에 따라 선정되었는데, 특히 의류 전문가들은 스마트 센서의류, 스마트 광섬유의류, 스마트 전투복 등의 전문가로 구성되어 개발 영역의 전문 의견을 반영하였다. 평가항목 선정 결과 사회적 수용성, 착용감, 유용성, 관리용이성, 안정성의 다섯 가지 항목이 선정되었다. 첫째 사회적 수용성은 형태안정성, 시각적 맞춤새, 유행적합성, 상황적합성, 특이성, 가격적합성 등으로 구성되었다. 둘째, 착용감은 온도, 습도, 무게, 소음, 접촉감, 밀착성, 치수 맞춤새, 활동성, 중량균형감이 있었다. 셋째, 유용성은 기존의 HCI에서 평가하는 항목과도 일치되는 부분이 있었지만 스마트웨어의 독자적인 사용성 평가 항목이 필요하여 이를 적용하였다. 유용성에는 정확성, 정보신뢰성, 지속성, 다중성, 단축성, 학습용이성, 조작

용이성, 조작동선, 오류방지 및 복구, 시인성(가시성), 자연스러운 대응, 피드백의 적절성, 통제가능성이 있었다. 넷째, 관리용이성에는 세탁성, 호환성, 탈착용이성, 보관용이성, 수선/수리 용이성, 내구성이 있었고, 마지막 항목인 안정성에는 돌발상황, 장기사용이 있었다.

#### 평가대상 선정

평가 대상에는 플랫폼, 센싱, 발광, 음악, 통신, 온도 조절, 공통기능, 전체적 만족도 등이 있었다. 각 평가 대상의 세부항목으로는 플랫폼에는 외형설계와 소재, 센싱에는 감지부와 컨트롤러, 발광에는 발광부, 발광컨트롤러가 있었고, 음악과 통신에는 각각 디스플레이, 컨트롤러, 헤드셋, 스피커가 있었으며, 온도조절에는 발열 및 냉각부, 온도조절 컨트롤러, 공통기능에는 메인보드, 기기 커넥터가 있었다. 또한 전체적인 만족도도 평가되었다.

#### 4.2.2 복종별 항목 대상 매트릭스 제작

평가 문항개발의 전 단계로 평가항목과 평가대상을 기준으로 한 매트릭스가 제작되었다.

#### 4.2.3 평가 항목 및 대상 코드 개발

복종에 따른 평가과정을 체계화하기 위해 각 평가 항목 및 대상에 코드가 부여되었다. 평가 항목에는 영문 항목명의 앞자 세 자를 부여하였으며, 평가 대상에는 대상명의 순서에 따라 숫자를 부여하였다.

#### 4.2.4 평가문항 구성 및 코드 부여

항목-대상 매트릭스에 근거하여 평가 문항을 구성하였다. 설문 평가를 위해 센서의류, 광섬유의류, 전투복의 스마트웨어 3복종을 대상으로 설문지 3종을 제작하였다. 센서의류를 위한 설문지는 329문항, 광섬유의류를 위한 설문지는 206문항, 전투복을 위한 설문지는 273문항으로 각각 구성되었다.

또한 각 문항에 항목코드를 부여하였다. 센서의류의 경우 pa, pm, sd, sc, le, tg, md, mc, mh, gc, e의 코드를 부여하였고, 광섬유 의류에는 pa, pm, le,

gc, e의 코드를, 전투복에는 pa, pm, dc, cc, gm, gc, e의 코드를 부여하였으며, 각 항목 대상에 숫자코드를 대입하였다(표 1).

표 1. 평가코드 및 적용문항의 예

평가코드	적용문항
pa111-1	기기 때문에 옷의 일부가 처져서 이상하게 보이는가?
pa111-2	기기 때문에 옷의 일부가 튀어나와서 이상하게 보이는가?
pa112-1	이 옷을 입었을 때 날씬하게 보이는가?
pa112-2	이 옷을 입었을 때 모양이 예쁜가?
pai21-1	이 옷은 유행에 뒤떨어지는가?

### 4.3 관찰 및 착의를 통한 설문평가

#### 4.3.1 방법

웨어러블 컴퓨터 사용성과 관련된 연구의 제한점은 사용자들이 웨어러블 컴퓨터의 개념에 대한 이해가 부족하고 본 연구를 통해 개발된 여러 종류의 스마트웨어를 모두 착용하고 실험할 수 없다는 것이며, 장기적 사용에 대한 평가를 할 수 없다는 것이다.

이를 극복하기 위해 본 연구에서는 평가 척도를 위한 문항을 개발함과 동시에 평가자 자신의 응답에 대한 각 문항별 확신도를 묻는 평가를 함께 실시함으로써 문항에 대한 신뢰성을 검증하고자 하였다. 또한 스마트웨어 관련 사진 자료를 동반한 충분한 설명을 하였으며, 착용 실험 시 30분 이상 스마트웨어를 착용하고 작동해보도록 하였다.

#### 4.3.2 참가자

관찰 평가는 연세대학교 대학생 121명을 대상으로 각 복종별로 실시되었다. 센서의류에 대한 평가에는 42명, 광섬유의류에 대한 평가에는 40명, 전투복에 대한 평가에는 39명이 참여하였다.

착의 평가는 참가자가 스마트웨어를 실제로 착용해보고 본 연구에서 개발된 설문문항에 응답하도록 하였다. 연세대학교 대학생 43명이 참여하였고 센서의류 평가자는 14명, 광섬유의류 평가자는 14명, 전



요인 구조에 의거하여 문항을 범주화한 결과 부하량이 0.5에 미치지 못하여 범주화에서 제외된 3개의 문항을 제외한 53개의 문항이 범주화되었다. 각 범주에 포함된 문항을 검토하여 잠재 요인 명칭을 명명하고 다음 표 3에 기술하였다.

표 3. 도출된 주요 요인의 해석(총 8개 요인에 속한 문항들 중 일부만을 제시함)

요인 1 : 옷의 외관과 상황 적합성	
e111-2	전체적으로 옷의 외형이 만족스러운가?
le112-1	발광부가 다른 의복 부위와 마찬가지로 자연스럽게 보이는가?
pa121-1	이 옷은 유행에 뒤떨어지는가?
요인 2 : 사용 편의성	
e322-1	제품을 사용하는 방법을 배우기 쉬운가?
pa322-1	옷의 사용법을 배우는 것이 쉬운가?
요인 3 : 동작의 자연스러움	
pa141-2	이 옷을 입고 기기를 조작할 때 동작이 이상해 보이는가?
e512-2	이 옷을 입고 있으면 전자파가 걱정되지 않아서 만족하는가?
요인 4 : 자신과 어울리는 외관	
le111-1	발광부위의 형태가 자연스러운가?
pa112-1	이 옷을 입었을 때 날씬하게 보이는가?
요인 5 : 내구성과 신체적 위험	
e511-3	옷을 입고 있을 때 기기가 파손되면 신체에 상처를 입을까 염려되는가?
le416-2	넘어지거나 부딪혔을 때 발광부가 파손될 위험이 있는가?
pa326-1	옷을 보았을 때 입고 벗는 방법을 쉽게 알 수 있는가?
요인 6 : 통제감과 즉시성	
e329-3	이 옷의 각 부분을 마음대로 조절할 수 있는가?
pa111-2	기기 때문에 옷의 일부가 튀어나와서 이상하게 보이는가?
요인 7 : 전자파에 대한 우려	
le512-2	발광부로 인한 전자파가 걱정되는가?
pa512-3	이 옷을 입고 있으면 전자파가 걱정되는가?
요인 8 : 단축성과 소재	
e321-4	이 옷을 입으면 평소와 시간이 걸리던 일을 좀더 간단히 할 수 있다는 생각이 드는가?
pm111-1	이 옷은 천이 너무 헐헐해 보이는가?
요인 부하량이 매우 작아서 무시된 항목	
e111-1	외관이 형태적으로 균형이 잘 맞는가?
pm111-2	이 옷은 천이 늘어지는가?

요인분석 결과를 통한 타당성 평가의 결론

1) 사회적 수용성은 타당한 요인이다.

사회적 수용성에 관련된 문항이 대부분 1번 요인으로 묶였는데, 첫 번째 요인인 사회적 수용성이 타당한 상위 요인임을 설명해 준다.

2) 발광부의 형태나 디자인은 사회적 수용성 요인과 밀접한 관련이 있다.

요인 분석 결과 발광부의 형태나 디자인 역시 1번 요인으로 묶였다. 이것은 파티 의류의 발광부에 대하여 사용자들이 주로 옷의 외관이나 사회적 수용성과 관련 있다고 인지함을 뜻한다.

3) 사용 편의성의 대부분은 기기부와 관련 없이 하나의 요인으로 묶인다.

이것은 기존의 이론적 구조인 사용 편의성이 그대로 사용될 수 있음을 의미한다. 또한 발광부의 사용 편의성은 옷 전체의 사용 편의성과 구분되지 않음을 추정할 수 있다. 따라서 발광부의 사용 편의성 요인은 별도로 평가될 필요가 없는 것으로 생각된다.

4) 사용 편의성에서 동작의 자연스러움은 별도의 요인으로 인식된다.

기존의 이론적 구조에서 사용 편의성의 하나로 가정하였던 조작 용이성, 다중성에 포함되었던 문항들이 동작의 자연스러움 요인으로 묶이는 경향을 보였는데 이는 “동작이 이상해 보이는가?”, “기기를 작동 시키면서 다른 일을 동시에 할 수 있는가?”, “버튼이 닿기 쉬운 곳에 위치하고 있는가?” 등 사용편의성 중 동작의 편의성과 관련되는 문항의 경우 하나의 요인으로 묶인 것으로 미루어 일반적인 사용 편의성과 별도로 동작 용이성이 추가되어야 한다는 점을 시사한다.

5) ‘자신과 어울리는 외관’이 하나의 잠재요인이 될 수 있다.

“날씬하게 보이는가?”, “입었을 때 모양이 예쁜가” 등 일상적으로 옷을 입은 자신을 거울에 비춰보았을 때 느껴지는 감정과 같이 자신이 옷을 착용했을 때의 외관에 관한 문항이 하나의 잠재요인인 것을 알 수 있다.

6) 내구성과 돌발적 상황시의 신체적 위험은 구분되어 지각되지 않는다.

내구성에 관한 문항과 신체적 위험에 관한 문항은

하나의 요인으로 묶였다. 사용자들은 기기의 파손이 신체의 위험과도 직결되는 것으로 인지한 것으로 추정 가능하지만 한편 기기 파손 없는 신체적 위험에 대해서는 확신하지 못하거나 다른 요인으로 분류하였다. 이것은 신체적 상해가 기기 파손과 깊은 인과적 관련을 맺고 있기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 추정된다.

7) 통제감과 즉시성은 사용 편의성과 구별되는 별도의 요인이다.

기존 이론 구조에서는 통제감이 사용 편의성의 세분 항목으로 가정되었지만 요인분석 결과 ‘이 옷의 각 부분을 마음대로 조절할 수 있는가?’, ‘원하는 때에 언제라도 사용할 수 있어서 만족스러운가?’ 등 자신의 의도에 따라 통제 가능하고 즉각적으로 반응하는 것은 일반적인 사용 편의성과 별도로 중요한 잠재변인인 것으로 나타났다.

8) 전자파는 장기적 안전성에서 명확히 지각되는 요인이다.

도출된 7번째 요인은 유해 전자파에 대한 문항만이 도출되었는데, 사용자들은 신체 안전에 대한 위험들 중 전자파에 대한 위험을 별도로 생각한다는 것을 알 수 있다. 기존의 이론 구조에서 안전성을 돌발 상황시 안전성과 장기적 사용 시 안전성으로 구분하였는데 장기적 사용 시 안전성에 해당하는 전자파 관련 문항이 별도의 요인 구조를 나타내었다.

이상의 내용은 관찰평가 결과로서 관찰과 설명만으로 추정하여 응답한 것이기 때문에 컨셉 평가 등 실용적 모델 제작 이전에 사용될 수 있는 구조이며 확대 해석되어서는 안될 것으로 생각된다.

#### 4.3.4 착의평가 결과

##### 착의평가 분석 절차

착의평가시의 설문 절차는 관찰평가와 동일하였고, 확신도가 높은 문항은 관찰평가의 확신도 높은 문항과 비교되었다.

##### 착의평가 분석 결과

착의평가 결과 확신도의 평균이 유의도 0.05 수준에서 확신도 평균치가 2.5를 넘는 문항은 126개로 분석되었다. 착의평가시에는 관찰평가보다 직접적이므로 확신도 높은 문항이 더 많이 나타난 것으로 생각된다.

착의평가와 관찰평가에서 공통적으로 확신도가 높은 문항은 관찰만으로도 사용성을 측정할 수 있는 문항이라고 할 수 있다. 그리고 착의평가와 관찰평가 양쪽에서 확신도가 낮은 문항은 사용자의 입장에서 답하기 어려운 문항이거나 장기적 사용 후 평가 가능한 문항으로 볼 수 있다.

따라서 사용성 평가에 관련된 전체 항목들은 다음의 네 가지 범주로 분류된다.

- 1) 관찰평가로 사용성을 측정될 수 있는 문항
- 2) 단기 착용으로 평가될 수 있는 문항
- 3) 장기 착용 후 평가될 수 있는 문항
- 4) 사용자의 입장에서 평가되기 어려운 문항

이 중 3번과 4번 범주는 본 연구에서 분류될 수 없었으며, 향후에 추가적으로 연구되어야 할 것이다. 그리고 확신도 평가 결과 착의평가시에는 확신도가 높지 않았으나 관찰평가시에는 확신도가 높았던 문항들이 있었다. 이는 관찰시에는 추정 가능했고 자신의 판단을 확신할 수 있었지만 착의평가시에는 오히려 해당 문항들에 대해 확신할 수 없었다는 뜻이 되므로 옷에서 구체적으로 표현된 속성이라기보다는 일반적인 선호나 우려에 대한 자신의 신념을 표현한 것이라고 할 수 있다. 추출된 8개 문항들이 거의 위험성과 명확한 혁신성에 대한 문항임을 볼 때에는 사용성 평가보다는 관찰된 스마트 의류에 대하여 추측되는 신념을 응답했다고 추정할 수 있다.

#### 4.3.5 관찰 평가 결과와 착의 평가 결과의 비교

관찰평가와 착의평가의 평가치 비교 결과 두 평가의 유의미한 차이가 없는 문항은 30개, 유의미한 차이가 있는 문항은 26개로 판명되었으며, 확신도 비교



결과 126개 문항은 착의평가시에 평가 가능하였고 80개의 문항은 일회적 착의시에는 평가하기 어렵고 장기 착의 평가가 필요한 것으로 평가되었다. 표 4는 관찰 평가 결과와 착의 평가 결과를 비교한 예의 일부이다. 비교 방법은 독립 표본 t 점검(Independent Samples t-test) 통계치를 이용하여 유의수준 .05 에서 유의도를 평가하였다. t 통계치가 음의 값을 갖는 경우 착의 평가 결과가 관찰 평가 결과보다 높은 점수(긍정적 응답)를 보였다는 뜻이며, 양의 값을 갖는 경우 착의 평가 결과가 관찰 평가 결과보다 낮은 점수(부정적 응답)를 보였다는 뜻이다. 차이가 유의미하지 않은 경우 관찰 평가와 착의 평가 평정치의 차이는 의미가 없으므로 표에 표시하지 않았다.

표 4. 관찰평가와 착의평가 평가 결과의 비교의 예

code	관찰 평가	착의 평가	t	df	Sig.	관찰-착의
pa111-2R	3.350	3.455	-0.166	49	0.869	
pa326-1	4.200	6.091	-4.519	27.094	0.000	-1.891
pa512-3R	5.625	3.909	2.937	49	0.005	1.716
pm111-1R	5.675	2.000	6.558	49	0.000	3.675
pm111-2R	3.325	5.182	-3.396	49	0.001	-1.857
le111-1	2.925	4.273	-2.132	49	0.038	-1.348
le112-1	3.100	3.636	-1.016	24.619	0.319	
e121-3	3.600	4.636	-1.596	49	0.117	
e131-1	3.975	5.909	-4.618	27.174	0.000	-1.934
e329-5	4.100	4.545	-0.762	49	0.449	
e511-3R	4.850	3.545	2.034	49	0.047	1.305
e512-2	3.289	3.818	-0.813	47	0.420	

다음은 관찰 평가와 착의 평가 결과에서 모두 확신도가 높은 문항 중 평가치의 유의미한 차이가 없는 문항만을 모은 것이다. 이 문항들은 관찰평가시에도 착의평가와 별 차이가 없이 응답 가능한 문항이라고 할 수 있다. 비교 대상이었던 56개 문항 중 30개 문항은 차이가 없어 관찰평가 결과를 그대로 사용할 수 있다고 할 수 있다. 이 중 일부는 표 5에서 확인 할 수 있다. 나머지 26개의 문항은 반드시 관찰평가 결과를 그대로 신뢰할 수 없고 착의평가를 통해 평가해야 한다(표 6).

표 5. 관찰평가와 착의평가의 유의미한 차이가 없는 문항의 예

code	관찰 평가	착의 평가	관찰-착의	문항
pa111-2R	3.350	3.455	-0.105	기기 때문에 옷의 일부가 튀어나와 이상하게 보이는가?
le112-1	3.100	3.636	-0.536	발광부가 다른 의복 부위와 마찬가지로 자연스럽게 보이는가?
e111-1	4.025	4.273	-0.248	외관이 형태적으로 균형이 맞는가?
e322-6	4.150	3.1820	0.968	이 옷을 사용하는 방법을 매뉴얼을 보지 않아도 알 수 있는가?
e329-4	4.075	4.364	-0.289	이 옷을 입으면 원하는때에 언제라도 기능을 사용할 수 있어서 만족스러운가?

표 6. 관찰평가와 차이평가의 유의미한 차이가 있는 문항 예

code	관찰 평가	착의 평가	관찰-착의	문항
pa131-1	4.590	6.000	-1.410	이 옷은 상황에 적합한 디자인을 가지고 있는가?
pm111-1R	5.675	2.000	3.675	이 옷은 천이 너무 뻣뻣하게 보이는가?
le111-1	2.925	4.273	-1.348	발광부위의 형태가 자연스러운가?
e131-1	3.975	5.909	-1.934	제품이 사용되는 상황에 적합한 형태인가?
e511-3R	4.850	3.545	1.305	옷을 입고 있을때 기기가 과소되면 신체에 상처를 입을까 염려되는가?

#### 4.4 각 기기부가 전체적 만족도에 주는 상대적 영향 분석

발광 의류의 경우 각 기기부위인 의류 자체(Pa, Pm), 커넥터(Gc), 발광부(Le)의 개별적 만족도가 전체적 만족도에 영향을 주는 것으로 가정되었다.

전체적 만족도는 기존 이론의 사용자 경험 요인 분류에 따라 사회적 수용성(100), 착용성(200), 유용성(300), 관리 용이성(400), 안전성(500)으로 분류된다. 따라서 각 기기부들의 평가치들의 평균을 독립 변인으로, 전체적 만족도를 종속변인으로 하여 다중 회귀분석을 실시하였다. 이론적 모델은 다음과 같다(표 7).

표 7. 만족도 유형에 따른 이론적 모델

만족도 유형	이론적 모델
e100	$b_0 + b_1 \cdot pa_{100}, b_2 \cdot pm_{100}, b_3 \cdot gc_{100}, b_4 \cdot le_{100}$
e200	$b_0 + b_1 \cdot pa_{200} + b_2 \cdot pm_{200} + b_3 \cdot le_{200} + b_4 \cdot gc_{200}$
e300	$b_0 + b_1 \cdot pm_{300} + b_2 \cdot pa_{300}$
e400	$b_0 + b_1 \cdot pa_{400} + b_2 \cdot pm_{400} + b_3 \cdot le_{400} \dots$
e500	$b_0 + b_1 \cdot pa_{500} + b_2 \cdot pm_{500} + b_3 \cdot le_{500} \dots$

#### 4.4.1 사회적 수용성(e100)

$e_{100} = b_0 + b_1 \cdot pa_{100}, b_2 \cdot pm_{100}, b_3 \cdot gc_{100}, b_4 \cdot le_{100}$ 을 모델로 중다회귀분석(multiple regression)을 실시한 결과 위의 네 가지 요인을 모두 포함시켰을 때는  $F(4,6) = 2.620, p < .05$ 로 유의하지 않았고 Stepwise 방법으로 각 독립변인을 포함/제외시켜본 결과  $le_{100}$  만이 포함되었을 때 유의한 결과를 얻을 수 있었다( $F(1,9) = 8.962, p = .015, R^2 = 0.636$ ). 따라서  $e_{100}$ 에 대한 모델은  $e_{100} = 1.667 + 0.724 \cdot pa_{100}$ 으로 결정할 수 있다.

#### 4.4.2 착용감(e200)

착용감은  $le_{200}$  만을 포함시켰을 때 유의하였다.  $e_{200} = b_0 + b_1 \cdot pa_{200} + b_2 \cdot pm_{200} + b_3 \cdot le_{200} + b_4 \cdot gc_{200}$ 을 모델로 Stepwise 방식의 다중회귀분석을 실시하였다. 결과가 유의한 경우는 오직  $le_{200}$  만을 포함시켰을 경우였다( $F(1,9) = 29.716, p < .001, R^2 = .763$ ). 따라서 평가 모델은  $e_{200} = 2.371 + 0.451 \cdot le_{200}$ 으로 결정하였다.

#### 4.4.3 유용성(e300)

$e_{300} = b_0 + b_1 \cdot pm_{300} + b_2 \cdot pa_{300}$ 을 모델로 하여 Stepwise 방법으로 분석하였으나 어떠한 경우에도 유의하지 않았다( $F(2,8) = 1.660, n.s.$ ).

#### 4.4.4 관리용이성(e400)

확신도 평가결과 관리용이성 차원에서는 소재에 관련된 문항만이 남아  $pm_{400}$  만을 독립변인으로 포함시킬 수 있었다. 유의도 검증 결과  $F(1,9) = 6.897, p =$

$0.28, R^2 = .659$ 로 유의미하게 도출되었고 확정된 평가 모델은  $e_{400} = 1.398 + 0.654 \cdot pm_{400}$ 이었다. 단, 이 경우 확신도의 한계로 포함된 독립 변인이 1개뿐이었으므로 추후 검토가 필요하다.

#### 4.4.5 안전성(e500)

안전성 요인은 전체적 만족도가 확신도 평가를 통과하지 못하여 평가치를 신뢰할 수 없으므로 분석하지 않았다.

### 4.5 중다회귀분석을 이용한 평가 가중치 판정 결과

- 1) 사회적 수용성 :  $e_{100} = 1.667 + 0.724 \cdot pa_{100}$ (의류의 외관이 가장 큰 요인임)
- 2) 착용감 :  $e_{200} = 2.371 + 0.451 \cdot le_{200}$ (발광부의 착용감이 가장 큰 요인임)
- 3) 유용성 : 유의한 모델을 도출하지 못함.
- 4) 관리용이성 :  $e_{400} = 1.398 + 0.654 \cdot pm_{400}$ (하나의 독립변인만 넣을 수 있었음)
- 5) 안전성 : 전체적 만족도 문항은 확신도 평가 결과 값이 낮았으므로 분석하지 않았음. 따라서 문항의 개선이 필요함.

### 4.6 결과 및 논의

확신도 평가결과 관찰평가에서는 56문항이, 착의평가에서는 126문항이 확신도가 높아 채택되었다. 관찰평가의 확신도 높은 56문항을 대상으로 평가치를 요인분석한 결과 8개 요인으로 전체 변량의 72.52%를 설명하였다. 요인분석 결과 도출된 8개 요인은 사회적 수용성(상황 적합성), 사용 편의성, 동작 용이성, 외관(자신과 어울리는 외관), 내구성(내구성과 신체적 위협), 통제감과 즉시성, 전자파에 대한 우려, 단축성과 소재의 8개 요인이었다. 예상된 평가 요인 구조와 비교하여 사회적 수용성은 거의 동일하였으나 '외관'과 구분되었고 유용성은 사용 편의성, 동작 용이성, 통제감과 즉시성으로 세분화되

었고 내구성과 위험, 관리용이성은 하나의 요인으로 묶였다. 이상의 결과로 미루어 사용자들이 인식하는 사용성 요인은 대체로 이론적 구조와 부합하였고, 착용감의 경우 관찰평가에서 확신도가 낮게 평가되어 구조의 타당도를 평가할 수 없었다.

관찰평가와 착의평가의 평가치 비교 결과 두 평가의 유의미한 차이가 없는 문항은 30개, 유의미한 차이가 있는 문항은 26개로 판명되었으며 확신도 비교 결과 126개 문항은 착의평가시에 평가 가능하였고 80개의 문항은 일회적 착의시에는 평가하기 어렵고 장기 착의평가가 필요한 것으로 평가되었다.

## 5. 종합논의

본 연구는 사용성 평가 척도 개발을 목적으로 다음과 같은 세 단계의 절차를 거쳐 진행되었다.

먼저, 사용자 컨텍스트 평가가 실시되었는데, 각 복종별 스마트웨어를 실제 환경에서 착용하고 사용해본 뒤 평가하도록 하였다. 이는 스마트웨어 사용성 평가 척도를 개발의 항목 구성에 반영되었으며, 관찰평가와 착의평가를 통해 검증되었다. 이 과정은 평가항목과 평가 대상을 선정하는 초안으로 연구의 타당성과 신뢰성을 높여주는 기반이 되었다.

두 번째 단계로는 컨텍스트 평가 자료와 전문가들의 연구과정을 거쳐 평가 항목과 대상이 선정되었고, 이를 바탕으로 평가 문항의 초안이 개발되었다.

마지막으로 개발된 문항으로 관찰평가 및 착의평가를 실시하여 문항을 검증하였으며, 요인분석을 통해 웨어러블 컴퓨팅 사용성 평가 문항을 확정하였다. 또한 다중회귀분석을 통하여 만족도 유형의 이론적 모델을 구축하였다.

본 연구에서 개발된 웨어러블 컴퓨팅 사용성 평가 척도는 향후 스마트웨어 연구에 있어 스마트웨어의 성능과 사용편의성을 평가하고 검증하여 유용성을 높여주는 도구로 활용될 수 있다는 의의를 가진다.

## 참고문헌

- [1] 양은실 (2003). 사용성 및 착용성 평가에 기초한 웨어러블 컴퓨터의 디자인 프로토타입 개발, 연세대학교 대학원 석사학위 청구논문.
- [2] 육형민, 전명훈, 오창영, 손영우 (2004). 웨어러블 컴퓨터에 대한 사용성 평가 연구, 한국감성과학회지, 7(3), 7-13.
- [3] 채행석, 홍지영, 이승룡, 박영현, 김준희, 조현승, 한광희 (2006). 스마트웨어 사용성 평가 척도 개발을 위한 사용자 컨텍스트 분석, 한국감성과학회 2006 춘계학술대회.
- [4] Chae, H. S., Hong, J. Y., Jeon, H. Y., Yim, S. Y., Yoo, S., Kim, M. J., Lee, S. Y., Cho, H. S., Han, K. H., & Lee, J. H. (2005). The Design process based on Scenarios for Smart Clothing, Proceedings of The 6th Japan-Korea International Symposium on Kansei Engineering.
- [5] Gemperle, F., Kasabach, C., Stivoric, J., Bauer, M., & Martin, R. (1998). Design for wearability, Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Wearable Computers. Los Alamitos, California.
- [6] Hong, J. Y., Chae, H. S., Cho, H. S., Jeon, H. Y., Yim, S. Y., Yoo, S., Kim, M. J., Lee, S. Y., Han, K. H., & Lee, J. H. (2005). Investigating User Needs for Smart Clothing, Proceedings of The 6th Japan-Korea International Symposium on Kansei Engineering.
- [7] Knight, J. F., Baber, C., Schwirtz, A., & Bristow, H. W. (2002). The Comfort Assessment of Wearable Computers, The Sixth International Symposium on Wearable Computers.
- [8] Knight, J. F., & Baber, C. (2005). A Tool to Assess the Comfort of Wearable Computers, The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 47(1) 77-91.
- [9] Lyons, K. & Starner, T. (2001). Mobile Capture for Wearable Computer Usability Testing, 15th

- International Symposium on Wearable Computer.
- [10] Nielsen, J. (1993). Usability Engineering, Academic Press, San Diego.
- [11] Stevens, J. (1992). Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences, 2nd Ed., Lawrence Erlbaum Associates Inc., New Jersey.

원고접수 : 2006. 7. 24

수정접수 : 2006. 9. 14

게재확정 : 2006. 9. 15