JESK J Ergon Soc Korea 2017; 36(6): 765-776
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2017.36.6.765
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Hook Type Wearable Device Based on User Discomfort

Jinyoung Kim[1], Kimin Ban[1], Youngjae Im[2], Eui S. Jung[1]

[1]Korea University, Department of Industrial Engineering, Seoul, 02841
[2]Korea Institute for Defense Analyses, Center for Defense Management, Seoul, 02455

불편도를 고려한 귀걸이 형 웨어러블 디바이스 가이드라인 개발

김진영[1], 반기민[1], 임영재[2], 정의승[1]

[1]고려대학교 산업공학과
[2]한국국방연구원

Corresponding Author
Eui S. Jung
Korea University, Department of Industrial Engineering, Seoul, 02841
Phone : +82-10-8746-3391
Email : ejung@korea.ac.kr

Received : November 07, 2017
Revised : November 17, 2017
Accepted : November 20, 2017

Copyright@2017 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective: This study aims to discover Priority of Hook type Wearable Device's PUI variabels and derive Hook related variables' specification by conducting objective measure.

Background: With rapid increasing interest of Health-care Services and ICT technology, the research of Wearable Devices for Sport are becoming main concern. However, Most research of wearable devices are conducted in Economic aspects. And, Hook Type Wearable devices are stay in close to ears but there is not enough studies which are concerning ear characteristic. We need research of discover priority between Hook type wearable device's PUI variables and PUI Guideline which lower discomfort.

Method: First, in 1st research, Research of market's Hook type Wearable Devices' PUI Specification. Next, Derive PUI variables and Prototypes with Orthogonal Design. And conduct a discomfort test with dynamic task. Second, in 2nd research, Derive Hook related PUI variables and Prototypes with Full Factorial Design. Conduct a discomfort test with dynamic task.

Results: The PUI variables' priority is revealed as Padwidth, Outerwidth, Innerwidth, Upperlength, Lowerwidth, Lowerlength, Paddepth. And PUI variable's which are revealed lowest discomfort are 28mm width, 34mm Upperlength and 3 R value.

Conclusion: This study evaluates the discomfort in Dynamic Task that affects the feel of Dynamic environment. Based on study results, a guideline for Hook type Wearable Devices is 28mm Width, 34mm Upperlength and 3 R value.

Application: This study is expected to be used as basic data for designing Wearable Devices, as well as Hardware in the industries which are related to ear.

Keywords: Wearable device, Discomfort, Ergonomic design, Ear related device

1. Introduction

1950년대에 MIT에서 탄생한 웨어러블 컴퓨터라는 개념은 인간 중심의 기술경향과 IoT 환경을 근간으로 하는 차세대 컴퓨팅 분야에서 그 중심에 위치한다고 말할 수 있다. 이는 사용자와 컴퓨터 사이의 User-centric 인터페이스와 IoT 인터페이스에서 정보이용의 시공간적 제약을 극복하는 사용자의 정보 접근성 및 이동성을 증대시키는 무선 통신 기술과 시스템을 소형화, 의류화, 내장화하여 사람, 기기, 미디어 간의 경계를 허무는 하드웨어 플랫폼 기술을 지향한다(Son et al., 2008).

초기 웨어러블 컴퓨터의 경우 형태가 큰 컴퓨터를 작게 분해하여 사용자의 몸에 적절히 분산시키는 수준의 개념적 구현에 그쳤으나 최근에는 기술의 발전으로 인해 액세서리와 같은 형태의 하드웨어가 개발되었다. 가트너의 하이프 사이클에 의하면 웨어러블 디바이스에 필요한 다양한 기술들은 이미 성숙단계에 도달했거나, 근접해 있어 과거에 비해 다양한 상용 제품의 출시가 이루어질 수 있을 것으로 예상된다(Panetta, 2017). 증강현실과 제스처 인식, 사물인터넷 등의 기술이 기술 성숙단계에 자리를 잡아 웨어러블 디바이스에 적용될 경우, 현재처럼 스마트폰의 보조수단이 아닌 특화된 목적을 가진 디바이스로 활용될 가능성이 있다(Kim et al., 2014). 또한 헬스케어와 ICT 기술 융합의 활용성이 증대되면서, 웨어러블 기기를 활용한 개인의 건강관리 영역의 연구가 활발히 이루어 지고 있다(Jung, 2015).

웨어러블 디바이스(Wearable Device)는 언제 어디서나(항시성), 쉽게 사용할 수 있고(편의성), 착용하여 사용하기에 편하며(착용감), 안전하고 보기 좋은(안정성)의 특성을 가져야 하는데, 특히 사용자들의 착용감을 증진시키기 위해 하드웨어 플랫폼이 신체의 연장선상에 위치하도록 신체의 특성에 맞게 설계되어야 하는 연구의 필요성이 존재한다. 특히, 동적 태스크(Dynamic Task)에서 귀걸이 형 웨어러블 디바이스는 체계적인 접근이 필요하다(Kang, 2015).

하지만 기존의 웨어러블 디바이스에 관련된 대부분의 연구들은 경제적인 관점에서만 진행되고 있다. 웨어러블 디바이스의 인지도와는 대조적으로 사용자에 대한 연구와 신체의 특성을 고려한 연구는 부족한 실정이다(Knight et al., 2006). 또한 귀걸이 형태의 디바이스의 경우 일반형 이어폰 타입에 반해 밀착성이 강한 특징에도 불구하고 인체 측정 변수와 관계된 연구는 부족하다(Chiu et al., 2014).

따라서 본 연구에서는 귀걸이 형 웨어러블 디바이스를 설계하는데 있어 관련된 설계요소를 도출하고, 설계요소 간 상대적 중요성을 파악했다. 마지막으로 Hook 관련 설계변수가 불편도(Discomfort)에 미치는 영향을 살펴보고, 상호작용을 고려하여 불편도(Discomfort)를 최소화하는 설계 가이드라인을 밝히고자 한다.

본 연구는 1차 실험와 2차 실험으로 나누어 실험을 진행하였다. 1차 실험에서는 직교계획을 통한 8가지 대안의 컨조인트 분석을 통해 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 설계변수의 상대적 중요도를 밝혔다. 이를 바탕으로 2차 실험에서의 Hook 관련 변수의 변수와 수준을 정의하고, 착용평가를 통해 설계 가이드라인을 도출하였다.

2. 1st Test

2.1 1st test method

1차 실험의 목적으로는 귀걸이 형 이어폰에서의 Hook 관련 설계변수와 Ear pad 관련 설계변수 간 착용 불편도(Discomfort)에 미치는 상대적 중요도를 도출하여 Hook 관련 설계변수의 중요성을 알아보고자 하였다.

따라서 먼저 인간공학 전문가들의 전문가 집단토론을 통하여 주요설계변수 후보를 도출하였다. 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 형태적 특성과 사용 용도, 신체적 특성을 살펴보았다. 또한 시장에 출시된 다양한 제품들을 관찰을 통해 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 주요설계변수를 도출하였다. Hook 관련 설계변수인 1. Upperlength, 2. Outerwidth, 3. Innerwidth, 4. Lowerlength, 5. Lowerwidth와 Ear pad 관련 설계 변수인 6. Padwidth와 7. Paddepth 총 7개의 변수를 이용하여 실험계획을 진행하였다(Figure 1).

이에 따라 1차 실험의 설계변수로 선정된 설계변수 표는 Table 1와 같다. 기존 연구 결과 시장에 출시된 12종의 Hook Type 이어폰 설

계 수치들을 바탕으로 설계변수들의 물리적 특성치를 도출하였으며, 이를 기준으로 설계변수의 수준을 도출하였다.

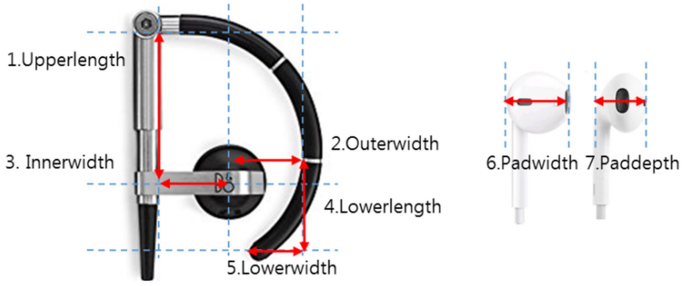

Figure 1. 1st test PUI design variables

Table 1. Experimental alternatives

PUI design variables		Level (mm)
1. Hook	Upperlength	28.0
		35.0
	Innerwidth	15.0
		20.0
	Outerwidth	11.0
		22.0
	Lowerlength	10.0
		20.0
	Lowerwidth	8.0
		14.0
2. Ear pad	Padwidth	13.0
		18.0
	Paddepth	12.0
		19.0

따라서 Hook 관련 설계변수인 Upperlength, Outerwidth, Innerwidth, Lowerlength, Lowerwidth와 Ear pad 관련 설계변수인 Width와 depth 총 7개의 변수를 이용하여 실험계획을 진행하였다.

이때 각 수준을 2수준으로 결정하였는데, 이는 시장에 분포된 12개의 귀걸이 형 디바이스의 치수를 측정한 이후 설정한 설계변수의 수준 차이를 살펴보았다. 그 다음 Hook의 형태를 고려하여 가장 큰 수치와 가장 작은 수치를 각각을 2수준으로 정의하였다. 이를 Full Factorial Design으로 진행할 경우 대안이 128개인 것을 고려하여 Fractional Factorial Design을 통해 상대적 중요도를 밝히고자 하는 1차 실험계획을 작성하였다. 따라서 SPSS의 Orthogonal Design을 이용하였으며 그 결과 8개의 대안이 도출되었다(Table 2).

프로토타입을 제작할 때에는 크게 세 단계를 거쳤다. 첫 번째로 기존의 귀걸이 형 이어폰의 착용감과 비슷하게 제작하기 위해 탄성이

있는 철사로 뼈대를 만들었다. 두 번째로 철사로 이루어진 뼈대 위에 다른 소재의 무게감이 있는 철사를 더하여 무게를 통제하였고, 무게가 어느 한쪽에 치우치지 않도록 통제하였다. 세 번째 실제 시장에 분포되어 있는 제품들과 유사한 마찰력이 높은 재질의 아모스 아이클레이를 부착하여 실험대안의 형태를 구성하였다(Jeong et al., 1999) (Figure 2).

Table 2. Experimental profiles

Part	Hook					Ear pad	
	Upperlength (mm)	Innerwidth (mm)	Outerwidth (mm)	Lowerlength (mm)	Lowerwidth (mm)	Padwidth (mm)	Paddepth (mm)
Profile 1	28.0	20.0	22.0	10.0	8.0	18.0	19.0
Profile 2	28.0	20.0	11.0	20.0	14.0	18.0	12.0
Profile 3	35.0	15.0	22.0	20.0	8.0	18.0	12.0
Profile 4	28.0	15.0	11.0	10.0	8.0	13.0	12.0
Profile 5	35.0	20.0	22.0	10.0	14.0	13.0	12.0
Profile 6	28.0	15.0	22.0	20.0	14.0	13.0	19.0
Profile 7	35.0	20.0	11.0	20.0	8.0	13.0	19.0
Profile 8	35.0	15.0	11.0	10.0	14.0	18.0	19.0

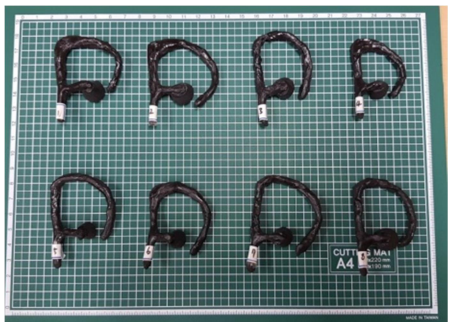

Figure 2. 1st experimental prototypes

착용평가는 실험실에서 진행되었으며, 동적 태스크(Dynamic Task)를 수행할 수 있는 여유 공간을 준비하였다. 평가는 평가준비, 평가연습, 그리고 착용평가로 세 단계를 거쳐 진행하였다. 실험은 준비단계, 연습단계, 실험 및 평가단계로 이루어져 있다. 준비단계에서는 실험에 대한 목적, 각 설계 변수 간의 수준 차이에 대해서 설명하였다. 대안 중 세 가지를 랜덤으로 착용한 이후 차이를 인지할 수 있도록 충분한 시간을 부여하였다. 또한 본 실험의 종속변수인 불편도(Discomfort)의 정의를 충분하게 이해할 수 있도록 하였으며, 시각적인 디자인은 배제하고 디바이스가 착용된 인체부위인 귀에서 촉각적으로 느껴지는 불편도(Discomfort)에 대하여 평가하도록 하였다(Takagi et al., 2005). 귀 Size에 대한 균형화된 표본추출을 위해 귀의 높이, 귀의 너비에 대해서 측정하여 기록하였다(Jung, 2000).

실험 및 평가단계에서는 Latin Square Randomization 실험계획법을 이용하여 따라 각 개인마다 평가해야 하는 디바이스의 순서를 결정지었다. 동적 태스크(Dynamic Task)는 선행연구를 참고하여 구성하였으며(Motti and Caine, 2014; Kang, 2015), '60m 걷기'와 상하좌우로 움직이는 '80m 달리기'로 할당하였다(Knight and Baber, 2005; Kang, 2015; Kim, 2015). 촉각적 감각의 둔화를 방지하기 위하여 6개의 대안 조작 및 평가 후 3분 간의 휴식시간을 제공하여 총 2번의 휴식시간을 부여했다.

본 실험에 참가한 피실험자는 20~30대 총 12명이였다. 평균 연령은 25.8세(SD = 3.5)이며 성별로는 남자 6명, 여자 6명으로 성비와 퍼센타일 별 균형을 맞췄다. 대상자의 선정은 신체상의 문제가 없고, 촉각적 감각 및 평가를 위한 인지적 문제가 없는 사람을 기준으로 하였다.

2.2 1st test result

8개의 프로토타입은 12명의 실험자들의 불편도 측정 결과로 평가되었다. 컨조인트 분석은 웨어러블 디바이스의 설계 수치를 계산하거나, 의료적인 목적의 신체사이즈 분석을 위해 사용된다(Lee and Sohn, 2015). 컨조인트 분석 결과, 모형의 적합성 판단을 위해서 Pearson's *R*값을 살펴본 결과 0.968로 모형이 적합한 것으로 나타났다. 사용자의 불편도(discomfort)에 영향을 미치는 설계 변수의 상대적 중요도는 Paddepth (21.4%), Outerwidth (16.9%), Innerwidth (14.5%), Upperlength (14%), Lowerwidth (13.2%), Lowerlength (11.3%), Padwidth (8.6%) 순으로 나타났다. 또한 각 설계변수 별 최적수준을 확인하기 위해서 유틸리티 값을 확인한 결과, Upperlength의 경우 28mm에서 유틸리티 값이 0.250, Innerwidth의 경우 15mm에서 유틸리티 값이 0.417, Hookwidth의 경우 11mm에서 유틸리티 값이 0.396, Lowerlength의 경우 10mm에서 유틸리티 값이 0.333, Lowerwidth의 경우 8mm에서 유틸리티 값이 0.229, Padwidth의 경우 18mm에서 유틸리티 값이 0.125, Paddepth의 경우 19mm에서 0.875로 나타났다(Figure 3).

Ear pad 관련 설계 변수인 Paddepth와 Padwidth는 전체 불편도의 100% 중 약 30%로 적지 않은 중요성을 가진 것으로 나타났다. 그러나 Ear pad 관련 설계변수의 경우 Hook Type 이어폰이 아닌 다른 형태의 이어폰에서도 많이 연구가 이루어 졌다. 2차 실험에서는 Orthgonal Design에 의해 실험계획을 작성하였기 때문에 살펴보지 못한 변수들을 고려하여 Hook 관련 설계변수를 위주로 최적 대안을 제시하고자 하였다.

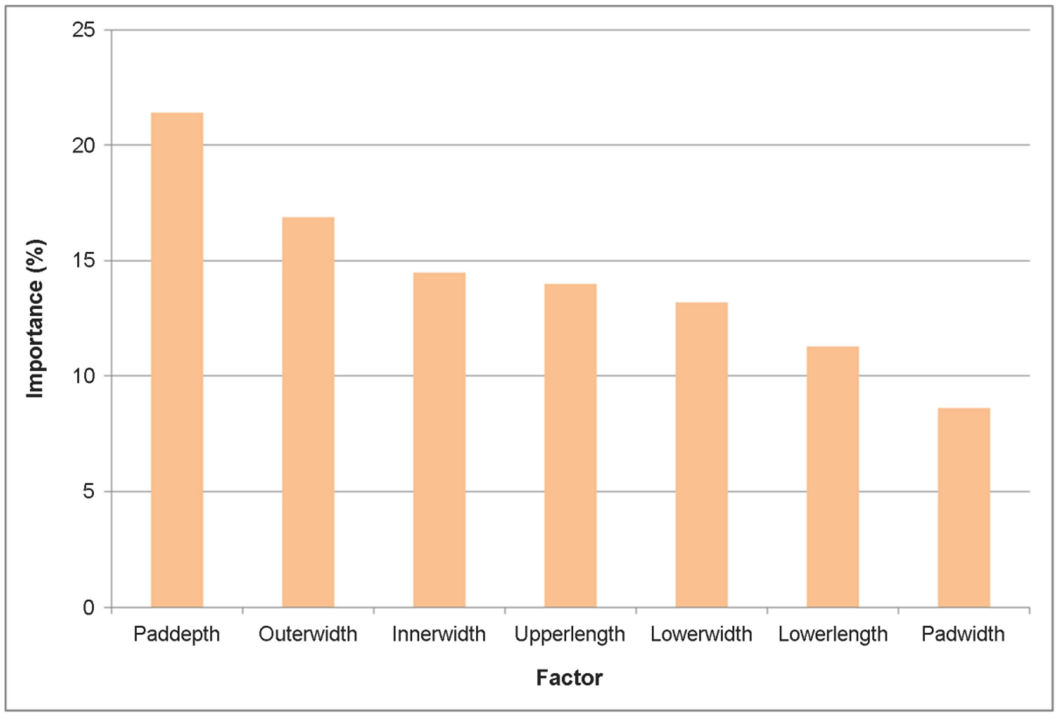

Figure 3. Conjoint analysis result

3. 2nd Test

3.1 2nd test method

2차 실험에서는 Hook 관련 설계변수에 대한 불편도의 차이를 살펴보고자 하였기 때문에 Ear pad 관련 설계변수인 Padwidth와 Paddepth는 각각 1차 실험 결과 최적 결과치인 18mm와 19mm로 통제하였다. 이는 기존의 시장에 분포된 귀걸이 형 이어폰과 큰 차이가 없는 설계 치수였다. 또한 1차 실험에서 얻은 중요도와 상관성으로 Hook 관련 설계변수를 재정의 하였다(Figure 5). 관련 설계변수의 정의는 인간공학 전문가 3명과 시장에서 판매중인 귀걸이 형 이어폰의 설계변수들을 비교하며 선정하였다. 주요설계변수의 수준은 기존 연구의 귀 측정 사이즈를 바탕으로 정의하였다(Moon, 2009; Lee et al., 2016). 이때 Hook 관련 설계변수들은 Width, Upperlength와 *R*값으로 정의되었다(Table 3). 컨조인트 분석 결과에서 얻은 Hook 관련 변수들의 영향력은 Outerwidth (16.9%), Innerwidth (14.5%), Upperlength (14%), Lowerwidth (13.2%), Lowerlength (11.3%) 순으로 나타났다. 그렇기에 Innerwidth와 Outerwidth를 고려하여 Width로 재정의하였고, Upperlength는 Upperlength, Lowerwidth와 Lowerlength는 *R*값으로 재정의하였다. 새롭게 추가된 *R*값에 대한 설명은 다음과 같다. 1차 실험 결과, 귓바퀴를 잡아주는 변수인 Lowerwidth와 Lowerlength의 영향력이 낮게 도출되었다. 또한, 귀걸이 형 디바이스에 대한 기존 연구에서는 Hook의 가장 튀어나온 부분부터 끝나는 지점까지의 곡률 설계 변수에 대한 중요성을 강조하였다(Chiu, 2015). 곡률은 Hook의 뒷부분의 평평하고 둥근 정도를 의미한다. *R*값은 Hook 뒷부분의 Lowerwidth와 Lowerwidth가 고정되었을 때 두 양 끝점에서 곡률은 두 점과 원 중심 사이의 반지름인 곡률반경을 통해 결정되며 1/R이다(Strey, 1994) (Figure 4). 또한 두 양 끝점을 이은 선이 가지는 현(Chord)에서의 호의 높이(Height of Arc)에 의해 설명될 수 있다. Hook 뒷부분의 Lowerlength와 Lowerwidth는 1차 실험에서 가장 낮은 불편도의 점수를 얻은 설계스펙으로 통제하였다. 이후, 총 18개의 프로토타입이 설계되었다. 이때 Hook 관련 설계 변수의 반영은 1차 실험의 대안 작성과 동일하다(Figure 6).

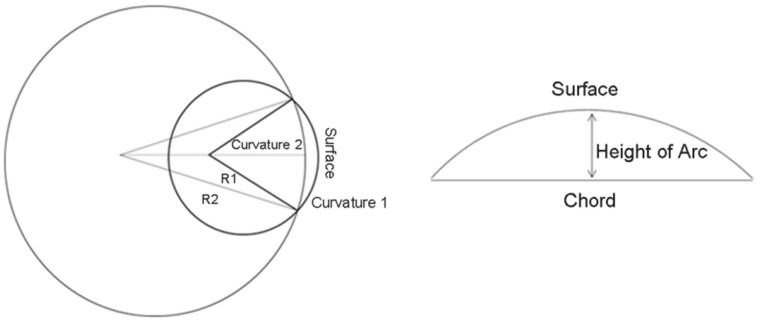

Figure 4. R value description

Figure 5. 2nd test PUI variables

Table 3. Experimental alternatives

Level	Width (mm)	Upperlength (mm)	R
Low	23.0	28.0	3.00
Middle	28.0	34.0	
High	33.0	40.0	7.00

Figure 6. 2nd experimental prototypes

2차 실험에 참가한 피실험자는 20~30대 총 29명이였다. 평균 연령은 25.9세(SD = 2.9)이며 성별로 남자는 15명, 여자는 14명으로 성비의 균형을 맞추었다. 대상자의 선정은 신체상의 문제가 없고, 촉각적 감각 및 평가를 위한 인지적 문제가 없는 사람을 기준으로 하였다. 또한 1차 실험에 참가한 피실험자는 다시 참가하도록 하여 실험의 정확도를 높였다.

3.2 2nd test result

Spss 23을 이용하여 분산분석과 구체적인 설계 수치 파악을 위해 생성 대안 간 일원배치 분산분석 SNK 사후분석을 거쳤다. 분산분석 결과, 유의수준 0.05에서 Width, Upperlength 그리고 R 주효과, Width와 Upperlength, Upperlength와 R의 2차 교호작용, Width, Upperlength, R 변수들의 3차 교호작용이 유의수준 0.05에서 귀걸이 형 웨어러블 디바이스 불편도(Discomfort)에 3가지 변수 모두 착용 불편도(Discomfort)에 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 4). 각 변수에 대한 착용감 점수와 2차 교호작용이 존재하였던 Width와 Upperlength, Upperlength의 교호작용 도표는 Figure 7에 나타내었다. 또한 Width는 28mm, Upperlength는 34mm, R은 7인 프로토타입이 가장 낮은 불편도 점수를 얻었다.

Table 4. Summary of anova result of discomfort

Source	SS	DF	MS	*F*	*p*
Width	120.856	2.000	60.428	23.657	0.000***
Upperlength	155.937	2.000	77.969	13.963	0.000***
R	12.022	1.000	12.022	5.145	0.032*
Width*Upperlength	27.454	4.000	6.863	3.693	0.007**
Width*R	0.737	2.000	0.368	0.348	0.708

Table 4. Summary of anova result of discomfort (Continued)

Source	SS	DF	MS	*F*	*p*
Upperlength*R	6.857	2.000	3.429	3.263	0.046*
Width*Upperlength*R	14.828	4.000	3.707	3.278	0.014*

*p<0.05, **p<0.001, ***p<0.001

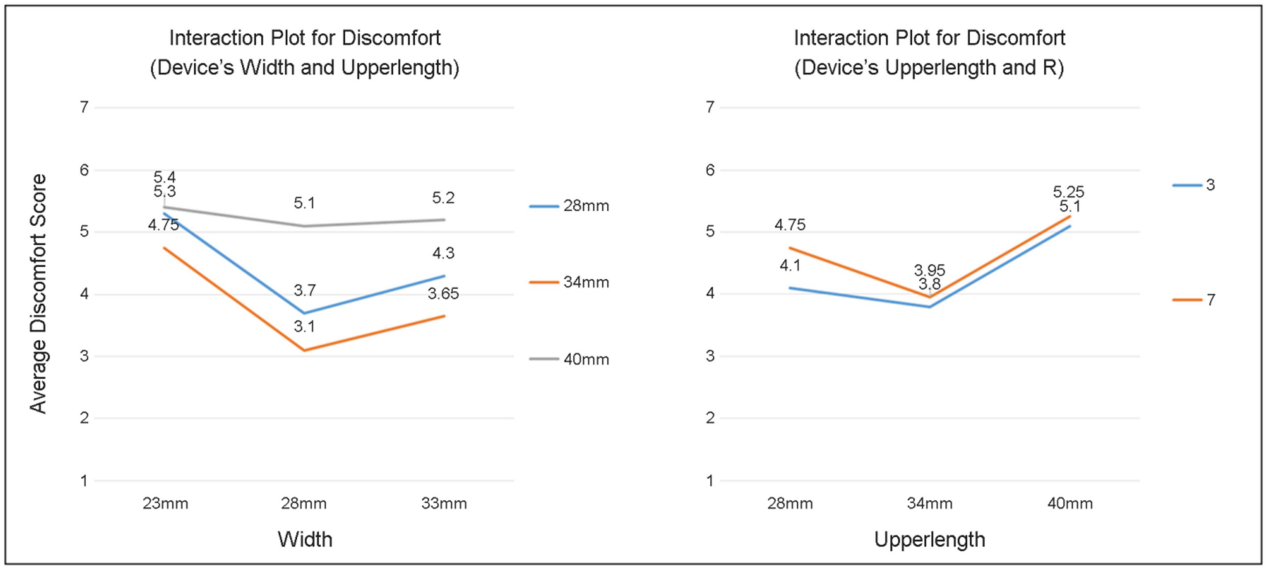

Figure 7. Interaction plot for discomfort of the device's Width and Upperlength, Uppelength and R

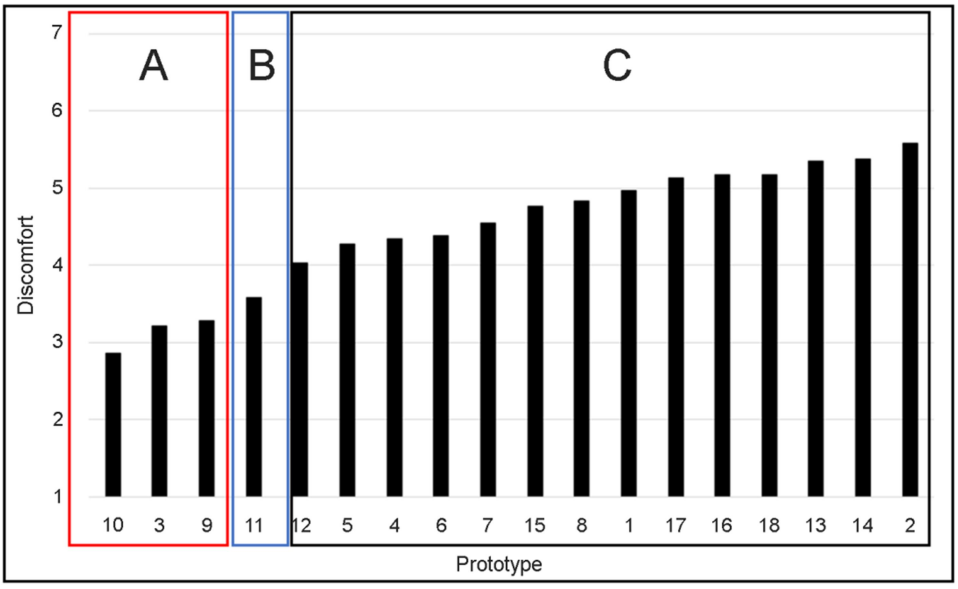

Figure 8. Post hoc analysis of prototypes' discomfort

대안 간 불편도 일원배치 분산분석s의 결과는 Figure 8과 같은 순서로 나타났다. S-N-K 사후분석 결과는 10번, 3번, 9번 대안이 A그룹, 11번 대안이 B그룹으로 나뉘었다(Figure 7). 대안 간 불편도 일원배치 분산분석 결과는 Table 5에 표현하였다. 같은 그룹에 해당하는 대안들의 각 변수 값은 Table 6에 표현되었다.

Table 5. Summary of anova result of prototypes' discomfort

	SS	DF	MS	*F*	*p*
Between groups	330	17	19	6	0.000***
Within groups	1551	504	3		
Total	1880.469	521			

***$p < 0.001$

Table 6. Main variables of A group prototypes

Variables \ Prototype	10	3	9
Width (mm)	28.0	28.0	28.0
Upperlength (mm)	34.0	28.0	34.0
R	7.0	3.0	3.0

4. Discussion and Conclusion

웨어러블 디바이스의 수요가 증가하는 상황에서 다양한 폼팩터를 가진 기기에 대한 연구들이 수행되었다. 그 중, 귀걸이 형 디바이스의 경우 동적 환경에서 다른 형태의 디바이스 보다 밀착력이 강한 특징에도 관련된 연구가 부족하였다. 이에 따라 1차 실험에서 귀걸이 형 웨어러블 디바이스 설계에 있어서 설계에 활용할 수 있도록 수치화 하였으며, 직접 제작한 프로토타입으로 착용평가를 진행하여 동적 태스크(Dynamic Task) 시 불편도(Discomfort)를 최소화 하는 최적 형태를 제시하였다. 이 장에서는 연구를 통해 알아본 결과들을 요약하며, 이를 통해 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 설계 시 고려해야 하는 중요한 사항을 논하고 결론을 도출하고자 한다.

먼저 기존 연구에서는 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 착용감성과 설계변수 인과관계를 파악하고 착용만족도에 영향을 주는 설계변수의 중요성을 도출하였다. 기존 연구에서는 설계변수가 착용만족도에 영향을 미치는 상대적 영향력은 무게, Paddepth, Upperlength, Padwidth, Width, Hook의 두께 순으로 나타났다. 그러나, 이번 연구에서 도출한 상대적 영향력의 경우 Paddepth, Outerwidth, Innerwidth, Upperlength, Lowerwidth, Lowerlength 순으로 나타났다(Choi, 2015). 기존 연구와 비교하여 현재 연구에서의 상대적 영향력의 우선 순위가 바뀐 이유는 기술의 발전으로 인해 이어폰의 무게에 대한 제약이 사라졌고, 무거운 이어폰의 무게로 인하여 무게 중심을 잡아주었던 Upperlength의 수치보다 귀의 형태를 잡아주는 Width가 더 중요한 것으로 해석될 수 있다. 2차 실험 결과 Width, Upperlength, *R*값의 세 가지 변수가 모두 유의했다. 분산분석 결과에서 나타난 세 가지 변수의 *F*값은 각각 23.657, 13.963, 5.145로 1차 실험 결과에서 보였던 영향력의 순서와 동일하게 비교되었다.

연구 결과, Width는 28mm, Upperlength는 34mm, R은 3인 프로토타입이 가장 낮은 불편도 점수를 얻었다. 또한 Width와 Upperlength의 교호작용을 살펴보면, Width가 23mm인 경우 모든 Upperlength의 수준이 불편한 것으로 보였다. 이에 반해, 불편하다 느끼는 4점을 기준으로 Width가 28mm인 경우 Upperlength의 1, 2의 수준 조합이 불편도 점수가 낮은 것으로 나타났고, Width가 33mm인 경우 Upperlength의 2수준 조합이 불편도 점수가 낮은 것으로 나타났다. 이는 주관적 인터뷰 결과와 같이 해석될 수 있었다. 실험자들은

Width의 수준이 1인 경우엔 이어폰 자체가 여유 공간 없이 밀착되어 불편하다고 답하였고, 반대로 Width가 3수준일 때, Upperlength가 3 수준일 경우 헐겁다는 인터뷰 내용이 있었다. 또한 Width가 3수준이고 Upperlength가 1수준일 경우, 위아래로 길어진 형태적 특성으로 인하여 동적 태스크 시 디바이스가 사용 시 신체를 잘 지지해 주지 못한다는 주관적 인터뷰 내용이 존재하였다. 대안 간의 사후분석 결과 A그룹으로 묶였던 10번, 3번, 9번 대안들의 변수를 살펴보면 Width는 모두 28mm였으며, Depth는 10번, 9번 대안의 Upperlength는 34mm로 1차, 2차 실험 결과에서 보였던 상대적 영향력과 유사하게 나타났다. 이를 토대로 귀걸이 형 웨어러블 디바이스를 설계할 때 우선 순위를 두고 설계한다면 Width를 28mm로 우선적으로 고려해야 하며, 그 다음 Upperlength는 34mm으로 고려하고, 마지막으로 *R*값은 3으로 고려해야 할 것으로 보인다.

하지만 촉각적 감각을 통해 착용 불편도(Discomfort)를 야기할 수 있는 재질과 다양한 설계변수를 고려하지 못한 점이 본 연구의 한계이다. 또한, 본 연구에서는 귀걸이 형 웨어러블 디바이스의 주 사용자로 예상되는 20~30대를 대상으로 진행하였지만, 연령대의 증가와 함께 인체변수가 변동됨에 따라(Stoudt, 1981; Heathcote, 1995; Jung, 2000) 착용 불편도(Discomfort)가 달라질 수 있으므로 다양한 연령대를 고려한 추가 연구가 가능할 것이다.

References

Chiu, H., Chiang, H.Y., Liu, C.H., Wang, M.H. and Chiu, W.K., Surveying the comfort perception of the ergonomic design of Bluetooth earphones, Work: A Jornal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 49(2), 235-342, 2014.

Choi, K., A framework of Affective quality to improve perceived comfort of wireless headset, *Master's thesis of Korea University*, 2015.

Heathcote, J.A., Why Do Old Man Have Big Ears?, *British Medicine Journal*, 311(7021), 1668-1681, 1995.

Jeong, Y.D., Hwang, S.H. and Lee, M.H., The Effects of Molding Conditions on the Surface Gloss of ABS Molding. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 16(4), 110-115, 1999.

Jung, H., Analyzing the Size and the Characteristics of Korean Ear for the Ergonomic Design of Ear Related Products, *IE Interfaces*, 2000.

Jung, S., A Study on the Implementation of Healthcare Technology Using 5th Generation Mobile Communication Technology and Wearable Devices in Hyper-Connectivity Era, *Master's thesis of Dankuk University*, 2015.

Kang, D., (A) Study on Form Factor of Heart Rate Measurement Wearable Fitness Tracker in Human Factor Perspective, *Master's thesis of Kookmin University*, 2015.

Kim, K., A Study on Visual and User Satisfaction for Bluetooth Earphone-Focused on 20's Women-, *Master thesis of Kookmin University*, 2015.

Kim, T., Hwang, M. and Jung, H., Present and Future Issues of Next Wearable Devices, *KISTI*, 2014, http://inscite.kisti.re.kr/publications/files/DOMESTIC_JOURNAL/DJ-067.pdf, (Retrieved June 8, 2017).

Knight, J.F. and Baber, C., A Tool to Assess the Comfort of Wearable Computers, *Human Factors*, 47(1), pp. 77-91, Spring, 2005.

Knight, J.F., Willams, D.W. and Arvanitis, T.N., Assessing the Wearability of Wearable Computers, *10th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, 2006.

Lee, S.J. and Sohn, S.Y., Patent network based conjoint analysis for wearable device, *Technology Forecasting & Social Change*, 101, 338-346, 2015.

Lee, W., Jung, H., Bok, I., Kim, C., Kwon, O., Choi, T. and You, H., Measurement and Application of 3d Images for Earphone Design, *Proceeding of Human Factors and Ergonomics Society 2016 Annual Meeting*, 2016.

Moon, Y., Anthropometry of the normal human auricle: A study if adult Korean, *Master thesis of Soonchunhyang University Asan*, 2009.

Motti, G.V. and Caine, K., Human Factors Considerations in the Design of Wearable Devices, Proceeding of the Human Factors and Ergonomics Society 58th Annual Meeting, 2014.

Panetta, K., Top Trends in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, *Gartner*, https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017, 2017 Retrieved August 28, 2017).

Son, Y., Kim, J. and Cho, I., Trends on Wearable Computer Technology and Market, *Electronics and Telecommunications Trends*, 23, 2008.

Stoudt, H.W., the Anthropometry of the Elderly, *Human Factors*, 23(1), 29-37, 1981.

Strey, R., Microemulsion microstructure and interfacial curvature. Colloid and Polymer Science, 272(8), 1005-1019, 1994.

Takagi, Y., Harada, H., Maeda, T. and Sato, M., Physiological Anthropology Design: A Comparative Study between Germany and Japan, *Journal of Physiological Anthropology*, 2005.

Author listings

Jinyoung Kim: jykim1022@korea.ac.kr
Highest degree: BA, Computer Science, Soongsil University
Position title: Master's Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development and UX Design

Kimin Ban: kmban@korea.ac.kr
Highest degree: MA, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Position title: Doctoral Student, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development and UX Design

Youngjae Im: ergoim@kida.re.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Korea University
Position title: Associate Research Fellow, Center for Defense Management, Korea Institute for Defense Analyses
Areas of interest: Product Development

Eui S. Jung: ejung@korea.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Pennsylvania State University
Position title: Professor, Department of Industrial Management Engineering, Korea University
Areas of interest: Product Development