

Development of a Design Process for an Oxygen Mask based on 3D Face Scanning

Wonsup Lee¹, Jeongrim Jeong¹, Eunjin Jeon¹, Donghoon Son², Seikwon Park²,
Daehan Jung², Hee-Eun Kim³, and Heecheon You¹

¹Department of Industrial Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Gyeongbuk, 790-784

²Department of Industrial Engineering, Air Force Academy, Cheongwon, Chungbuk, 363-849

³Department of Clothing & Textiles, Kyungpook National University, Daegu, 702-701

ABSTRACT

Objective: The present study developed the oxygen mask design method based on 3D face scanning and applied the proposed method to improve the current MBU-20/P oxygen mask design for better fit to Korean pilots. **Background:** A design method based on 3D scanning data is needed to develop an ergonomic oxygen mask design. **Method:** The present study developed a 5-step oxygen mask design process based on 3D face scanning: (1) scanning of 3D faces, (2) analysis of mask wearing characteristics, (3) virtual fit testing for the existing mask design, (4) determination of mask design directions, and (5) development of an improved oxygen mask design. **Results:** The effectiveness of the proposed mask design method was evaluated by a virtual fit test in terms of allowance (1 ~ 8 mm additional allowances), pressure (pressure angle: $\leq 25^\circ$, pressure distance: 4 ~ 6 mm), and fit (fit angle: $\leq 20^\circ$; fit distance: 6 ~ 10 mm). **Conclusion:** The proposed mask design method proposed in the study was found effective to produce an ergonomic oxygen mask design. **Application:** The mask design method based on 3D face scanning can be applied to various masks or face-wear products used in the industry and our daily life.

Keywords: Oxygen mask, 3D scanning, Design method, Virtual fit evaluation, Korean pilots

1. Introduction

인체에 착용되는 제품(예: 산소 마스크, 의복, 장갑)은 제품 사용 집단의 인체 특성(예: 크기, 형상)에 적합하게 설계될 필요가 있다. 인체크기 및 형상에 적합하게 설계된 의복은 착용 편의성(예: 맞춤새, 여유성, 동작 용이성)과 착용 만족도 측면에서 선호된다(조자영 외, 2007; 2008). 인체 특성에 적합한 의복 설계와 관련해서 전은진 외(2009a, 2009b, 2010)는 한국인 공군 조종사의 인체 측정치를 사용하여 한국인 조종사에 적합한 비행복 치수체계를 개발하고 23가지 치수의 비행복을 제작 및 평가하였다. Han et al.(2004)은 한국인 600명을 대상으로 얼굴 치수를 측정하여 치수체계를 구분하고 3차원 scanning을 통해 한국인의 얼굴 체형에 적합한 산업용 반면형 마스크를 개발하고자 하였다.

인체 크기 및 형상에 적합한 인간공학적 제품 설계를 위해 3차원 scanning 기반의 설계 방법이 연구되고 있으나 산소 마스크 설계로의 적용성 측면에서 한계가 있다. 3차원

scanning 기반 설계에 대해 Lee et al. (2004), Lee and Hong(2007), 그리고 Zheng et al.(2007)은 여성 상체의 3차원 scan data의 치수 및 형상 분석을 토대로 착용감이 향상된 여성 내의를 설계하는 방법을 제안하였다. Liu et al.(2008)은 머리의 3차원 scan data를 기반으로 안전모를 설계하는 일련의 방법을 개발하고 효율적인 설계를 위한 안전모 설계 시스템을 구축하였다. Lochner(2009)와 Rout(2010)는 3차원 발 scan data를 기반으로 발 치수 및 형상을 추출하여 신발 제작에 필요한 shoe last를 설계하는 일련의 과정을 개발하고 시스템화하였다. 한편, 기존 연구 방법 및 시스템들은 각 신체 부위(예: 상체, 머리, 발)의 3차원 scan data에 특화된 설계 방법을 제안하고 있으며, 산소 마스크 설계에 직접적인 적용은 어렵다. 또한 3차원 안면부 scanning 기반의 마스크 설계에 대해서는 연구가 미흡하거나 세부적인 형상 설계 방법이 제시되지 않고 있다. 따라서 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설계에 적합한 체계적인 설계 방법이 개발될 필요가 있다.

본 연구는 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설

계 방법을 개발하고, 한국인 조종사에 적용하였다. 3차원 scanning을 통해 3차원 안면부 형상 data를 입수하고, 마스크 착용 사진 분석을 통해 산소 마스크 착용 특성을 파악하였다. 가상 착의(virtual fit) 평가를 통해 여유공간, 압박도, 그리고 밀착도 측면에서 기존 마스크의 설계 개선 방향을 파악하고 설계를 개선하였다. 본 연구에서 개발된 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설계 방법은 한국인 공군 조종사들이 사용하는 MBU-20P 산소 마스크 설계 개선에 적용되었으며, 개선된 산소 마스크의 개선 효과는 가상 착의 평가를 통해 기존 마스크와 비교되었다.

2. Oxygen Mask Design Method based on 3D Face Scanning

본 연구는 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설계를 위해 산소 마스크의 설계 방법으로 그림 1과 같이 5단계 설계 과정(3차원 안면부 scan, 산소 마스크 착용 특성 분석, 현행 산소 마스크 설계의 가상 착의 평가, 설계 개선 항목별 설계 방향 파악, 산소 마스크 형상 설계)을 제안하였다.

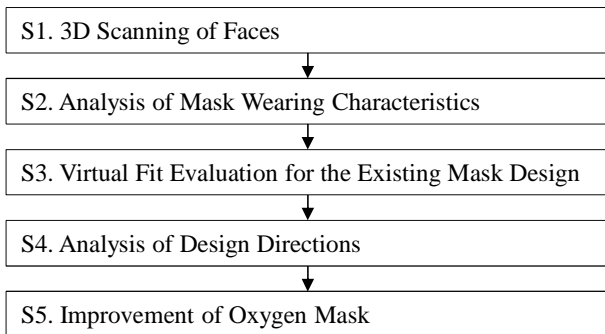
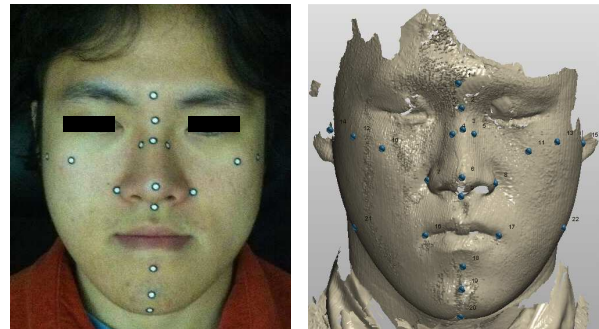


Figure 1. Oxygen mask design process

2.1 3D Scanning of Faces

안면부 3차원 data는 측정 참조점(landmark)이 표시된 안면부의 3차원 scan을 통해 생성된다. 안면부 3차원 scan과 함께 안면부 치수(예: 얼굴 길이, 코 높이, 입 너비 등)를 측정하기 위해서는 안면부에 측정 참조점을 표시한 후 3차원 scan하는 방법이 사용될 수 있다(그림 2.a 참조). 안면부에 표시된 측정 참조점들은 3차원 scan 시 자동으로 인식되며, 안면부 치수들은 본 연구에서 MATLAB™(The MathWorks, Inc., USA)으로 구현한 program을 사용하여 자동 측정된다. 그림 2.b와 같이 3차원 scan을 통해 파악된 안면부의 3차원 형상 data와 치수들은 마스크 착용 특성 및 마

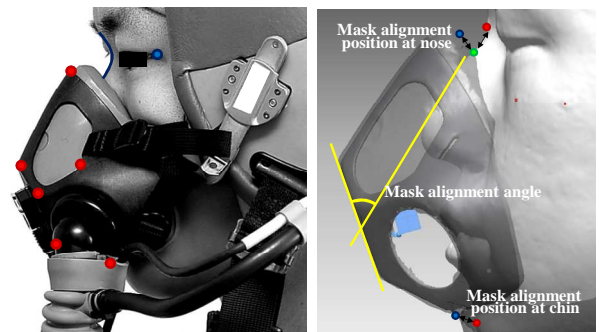
스크 설계 방향 분석에 활용된다.



(a) face landmarks (b) 3D face scan
Figure 2. 3D face scan (illustrated)

2.2 Analysis of Mask Wearing Characteristics

산소 마스크 착용 특성(착용 각도, 착용 위치)은 마스크 착용 사진을 3차원 scan data와 비교함으로써 분석된다. 마스크 착용 특성 분석은 그림 3.a와 같이 측면에서 촬영된 마스크 착용 사진과 일치하도록 3차원 안면부 data에 3차원 마스크 data를 alignment하는 방법으로 이루어진다. 3차원 상에서 사진과 일치하도록 align된 마스크는 착용 각도와 코 및 턱 부위의 마스크 착용 위치 측면에서 분석된다. 그림 3.b에 예시된 것과 같이 산소 마스크 착용 각도는 마스크 전면부와 콧대의 각도를 의미한다. 턱 부위의 마스크 착용 위치는 앞턱끝점(anterior chin projection)과 마스크의 턱 부위 정점(P2) 간의 거리로 파악될 수 있다(그림 4 참조).



(a) wearing a mask (b) measures
Figure 3. Analysis of mask wearing characteristics

2.3 Virtual Fit Evaluation for the Existing Mask Design

현행 산소 마스크 설계의 가상 착의 평가는 여유공간과 코 부위의 압박도 및 밀착도 측면에서 마스크 착용 특성을 기반으로 착용된 안면부의 3차원 scan data를 대상으로 수행된다. 가상 착의는 파악된 마스크 착용 특성에 따라 3차원 안면부 data에 3차원 마스크 data(예: 마스크 scan data, CAD

data)를 착용하는 방법으로 진행된다. 예를 들어, 본 연구는 마스크 착용 각도는 평균 52° (범위: $47 \sim 57^\circ$)이고 턱 부위 착용 위치는 평균 12 mm (범위: 9 ~ 14 mm)가 되도록 가상으로 착의하였다. 수작업으로 진행되는 가상 착의는 반복성 (inter-, intra-measurer reliability) 측면에서 반복에 따른 오차가 2 mm 이내(Weinberg et al., 2005)로 나타났다. 여유공간은 안면부와 마스크 형상에 정의된 특정점들 간의 간격 측정을 통해 파악된다. 안면부의 특정점은 3차원 측정 시 얼굴에 부착된 측정 참조점 중, 코 부위와 턱 부위의 측정 참조점들(예: 코뿌리점, 코돌출뼈점, 코끝점, 입술밀합물점)이 사용된다(그림 4 참조). 마스크에는 코 및 턱부위의 설계 참조점(P1~P4)이 사용될 수 있다.

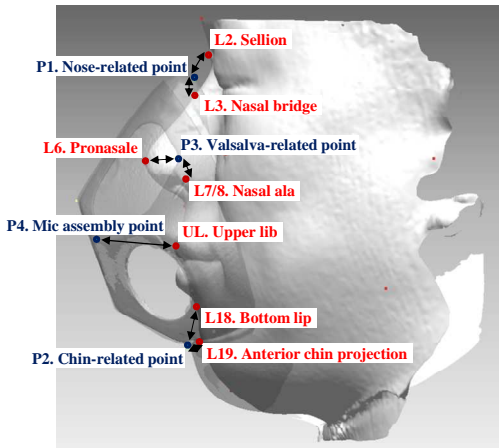


Figure 4. Face and mask landmarks

압박도와 밀착도는 가상 착의된 3차원 data의 코 부위에 2 mm 간격으로 단면을 생성하여 산소 마스크가 코에 착용되는 각도 및 마스크와 얼굴면 간의 간격 분석을 통해 파악된다. 코 부위 압박도와 밀착도 분석을 위해 그림 5.a에 예시된 것과 같이 가상 착의 후 코 부위에 해당되는 얼굴과 마스크에 단층 곡선들을 생성한다. 생성된 곡선들은 그림 5.b에서 설명되는 것과 같이 마스크-코 각도와 마스크-코 간격 분석을 위해 사용되었다. 마스크-코 각도 분석으로 코 부위의 압박과 밀착 관련 마스크의 형상 특성이 파악되었는데, 마스크-코 각도가 0° 에 가까울수록 마스크와 코 형상이 유사하므로 압박도가 낮아지고 밀착도가 높아진다고 할 수 있다. 한편, 마스크-코 부위 간격 분석으로는 마스크의 코 부위 밀착 정도가 파악될 수 있는데, 간격이 좁으면 피부 압박 정도가 증가하여 조종사에게 압박감을 야기할 수 있고, 간격이 넓으면 밀착도 감소로 산소가 누설될 가능성이 있다.

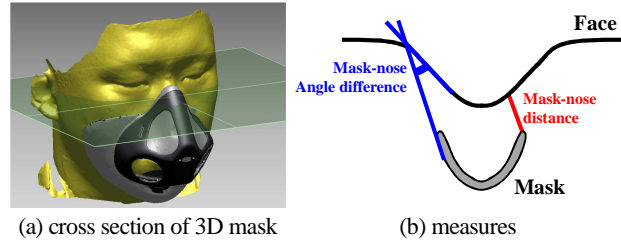


Figure 5. Pressure and fit analysis (illustrated)

2.4 Analysis of Design Directions

설계 개선 방향은 가상 착의 평가에서 파악된 적정 여유공간, 압박도, 그리고 밀착도 정보와 설계 대상 인체크기 선정으로 통해 수립된다. 예를 들어, 입술 부위의 여유공간의 설계 방향은 입이 돌출된 사람에게도 여유공간이 평균치 이상 확보되도록 설계치가 결정된다. 마스크의 형상은 안면부 크기가 상이한 사람들 전반에 적합할 수 있도록 평균 크기의 사람(예: 대표 인체 모델)을 대상으로 설계 방향이 결정된다. 설계 개선 항목(예: 마스크 밀착면 형상, 코 부위 여유공간, 코 부위 마스크 밀착 형상)은 연구진들의 협의나 추가적인 분석(예: 안면부 치수 특성 분석, 마스크 착용 불편도 분석)을 통해 파악될 수 있다.

2.5 Improvement of Oxygen Mask

산소 마스크의 설계 개선은 3차원 scan된 기존 산소 마스크의 형상을 기본으로 하여 설계 개선 항목들에 대한 수치 및 형상을 변경하는 방법으로 진행된다. 기존 산소 마스크 형상은 3차원 scanning data를 기반으로 CAD화되며, 설계 개선은 기존 산소 마스크의 CAD를 개선 방향이 반영되도록 수정하는 방법으로 진행된다. 예를 들어, 마스크의 코 부위의 크기와 형상은 코 부위 여유공간 개선 항목들의 설계 개선 방향에 따라 수정된다.

3. Case Study: Korean Pilots' Oxygen Mask

3.1 Method

본 연구에서 제안한 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설계 방법은 한국인 조종사를 위한 산소 마스크(기종: MBU-20/P) 설계 개선에 적용되었다. 3차원 scanning은 한국인 공군 조종사 284명과 공군사관학교 여생도 52명에 대해 이루어졌다. 본 연구는 medium narrow size를 착용하는

Table 1. Design elements and design directions for an oxygen mask design improvement (illustrated)

No.	Design component		Result of virtual fit evaluation			Design improvement direction	
			Min	Average	Max	Design target	Value
1	Mask-face contact shape		-			Fit to representative human model	
2	Allowance	Mask-lib (mm)	30	36	41	minimum nose height	≥ 36
3	Pressure	Mask-nose angle difference ($^{\circ}$)	16	23	37	average	≤ 25
4		Hardshell-nose distance (mm)	2	5	8	average	5 ~ 8
5	Fit	Mask-nose angle difference ($^{\circ}$)	2	17	30	average	≤ 20
6		Hardshell-nose distance (mm)	1	5	8	average	3 ~ 6

조중사를 대상으로 마스크 착용 특성 분석(5명)과 가상 착의 평가(30명)를 수행하였다. 3차원 scan은 Rexcan 560(Solutionix Corp., 한국)과 3차원 scan software인 ezScan(Solutionix Corp., 한국)을 활용하여 수행되었다. 설계 개선 항목과 개선 방향은 본 연구에서 사전 수행된 안면부 치수 특성 분석과 마스크 착용 불편도 분석을 통해 표 1에 예시된 것과 같이 여유공간(allowance), 압박도(pressure), 그리고 밀착도(fit) 측면에서 파악되었다. 설계 개선은 기존의 MBU-20/P mask(size: medium narrow)의 hardshell과 facepiece(그림 6 참조)의 3차원 scan data를 기반으로 설계 개선 항목들의 치수를 설계 방향에 맞게 수정하는 방법으로 진행되었다. CAD software는 Rhino 3D 4.0(McNeel North America, USA)가 사용되었다. 설계 개선된 산소 마스크는 가상 착의 평가를 통해 여유공간, 압박도, 그리고 밀착도 측면에서 기존 마스크와 비교되었다.

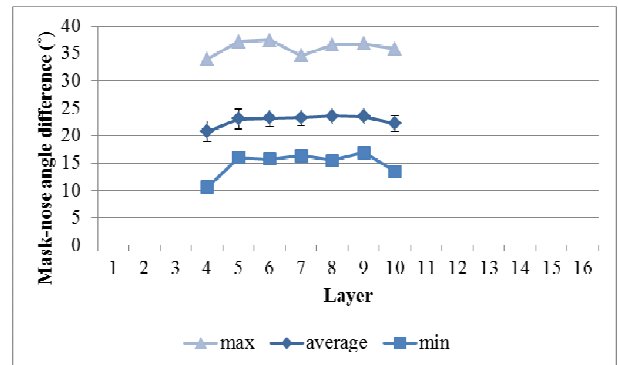


Figure 6. Design components of MBU-20/P oxygen mask

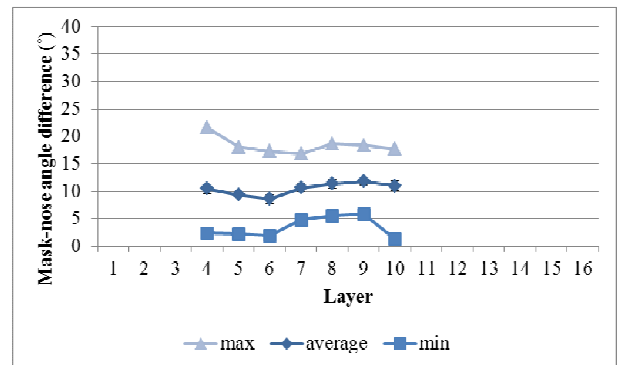
3.2 Result

본 연구에서 설계 개선된 산소 마스크는 기존 마스크에 비해 여유공간, 압박도, 그리고 밀착도 측면에서 설계 기준을 만족하여 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 예를 들어,

여유공간(예: 입술 여유공간, 코 여유공간)은 설계 기준치보다 1 ~ 8 mm 추가 확보되었다. 콧등 부위의 압박도는 그림 7에 예시된 것과 같이 마스크 압박 각도 측면에서 설계 기준($\leq 25^{\circ}$)을 만족하는 것으로 나타났다. 코 옆 부위의 밀착도는 그림 8에 예시된 것과 같이 마스크(hardshell)의 밀착 간격 측면에서 설계 기준(밀착 간격: ≥ 3 mm)을 만족하였다.

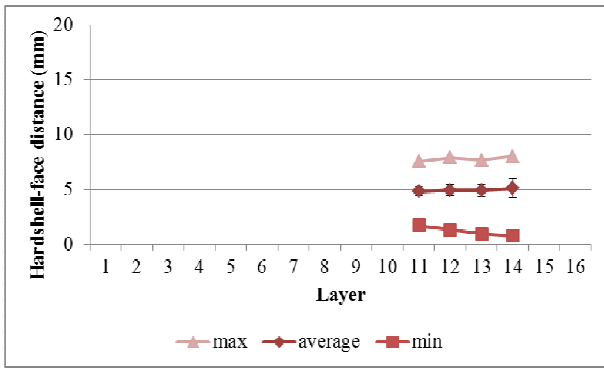


(a) existing mask

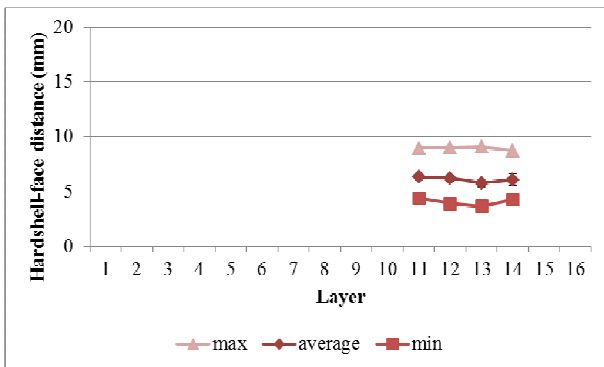


(b) improved mask

Figure 7. Pressure evaluation: mask-nose angle difference



(a) existing mask



(b) improved mask

Figure 8. Fit evaluation: hardshell-nose distance

4. Discussion

본 연구는 3차원 scan data 기반의 인간공학적 산소 마스크 설계 절차를 개발하고 한국인 조종사에 적용하여 개선 효과가 있음을 파악하였다. 본 연구는 3차원 scan data를 토대로 마스크 착용 특성 분석 및 가상 착의 평가를 수행하여 설계 방향을 파악하는 일련의 산소 마스크 설계 방법을 수립하였다. 본 연구는 개발된 마스크 설계 방법을 한국인 조종사가 착용하는 MBU-20/P 산소 마스크 설계 개선에 적용하였다. MBU-20/P 산소 마스크는 미국인의 얼굴 측정 data를 기반으로 설계되었으며, 본 연구의 사전 단계에서 한국인 조종사를 대상으로 수행된 사용자 설문 조사를 통해 코 및 입술 부위의 여유공간과 코 부위의 압박도 및 밀착도 측면에서 한국인의 얼굴에 적합하게 개선될 필요가 있음이 파악되었다. 본 연구는 제안된 산소 마스크 설계 방법을 통해 한국인 조종사의 얼굴 크기 및 형상에 적합하도록 설계 개선을 수행하였으며, 개선 마스크에 대한 가상 착의 평가를 통해 개선 효과를 검증하였다.

본 연구는 산소 마스크 착용 사진에 3차원 scan data를 일치시키는 방법을 사용하여 가상 환경에서 산소 마스크 착용 특성을 파악할 수 있었다. 산소 마스크 착용이 이루어진 상태에서는 마스크 내부에서의 착용 특성을 파악하기 어렵기 때문에 세부적인 착용 특성 분석에는 3차원 scan data가 요긴하게 사용될 수 있다. 본 연구는 동일한 사람의 마스크 착용 사진과 3차원 scan data(안면부, 마스크)를 일치시키는 방법으로 3차원의 마스크 착용 특성(예: 여유공간 크기, 밀착 각도, 밀착 형상)을 분석하였다. 착용 사진과 3차원 scan data를 일치시키는 과정은 시각적인 분석 방법으로 이루어지기 때문에 본 연구는 인간공학 전문가 3명의 반복평가를 통해 신뢰도(reliability)를 분석하였다. 신뢰도에 대해서는 평가자 내 변동(intra-measurer variability)과 평가자 간 변동(inter-measurer variability)이 Weinberg et al.(2005)이 제안한 2 mm 미만으로 나타나 본 연구에서 사용된 사진과 3차원 scan data의 일치 작업에 대한 신뢰도가 높은 것으로 파악되었다.

본 연구는 가상 착의 평가를 통해 여유공간, 압박도, 그리고 밀착도 측면에서 기존 마스크의 설계 개선 방향 및 개선된 효과를 정량적으로 파악하고 기존 마스크와 비교하였다. 본 연구는 3차원 상에서 안면부 scan data에 마스크 CAD를 가상으로 착의하고 착용 부위에 대해 2 mm의 등간격 단면을 추출하여 마스크의 압박도 및 밀착도를 정량적으로 분석하는 방법을 제안하였다. 3차원 안면부에 마스크를 가상 착의하는 과정은 시각적인 분석 방법으로 이루어지기 때문에 본 연구는 인간공학 전문가 3명의 반복평가를 통해 신뢰도를 분석하였다. 분석 결과, 평가자 내 및 평가자 간 변동이 2 mm 미만으로 가상 착의에 대한 신뢰도가 높은 것으로 파악되었다. 또한 동일한 가상 착의 평가 protocol을 통해 기존 마스크에 대비하여 설계 개선된 마스크의 개선 효과를 정량적으로 분석할 수 있었다.

본 연구에서 제안된 산소 마스크 개선안에 대해 시제품 설계를 위한 지속적인 연구 및 세부적인 설계 보완 필요하다. 설계 개선된 CAD는 시제품과 동일한 소재의 prototype으로 제작될 예정이다. 본 연구는 가상 착의 평가에서 분석되지 못할 수 있는 세부적인 설계 문제를 파악하기 위해 prototype과 밀착도 및 산소 누설 측정 장비를 사용한 인간공학 마스크 착용성 평가 실험을 계획 중에 있다. 또한 현재까지 설계 개선된 마스크 설계 개선안은 마스크 착용성 실험 결과가 반영된 세부적인 수정 과정을 반복하며 지속적으로 보완될 것이다. 마지막으로, 본 연구는 3차원 안면부 scanning 기반의 산소 마스크 설계 방법의 효율적이고 간편한 활용을 위해 가상 착의 평가 및 설계 방향 분석 과정을 시스템화할 예정이다.

Acknowledgements

본 논문은 공군 항공기술연구소 위탁연구과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

- Cho, J., Jeong, J., Yeon, S., You, H., and Kim, H., Development and application of an ergonomic evaluation system for functional clothing: Evaluation of flame-proof clothing and identification of design problem, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(2), 1-13, 2007.
- Cho, J., Jeong, J., Yeon, S., Chang, J., You, H., and Kim, H., Cost-effectiveness analysis for clothing design improvement using ergonomic methods: Evaluation of flame-proof clothing and design optimization, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 27(4), 45-58, 2008.
- Han, D.-H., Rhi, J., and Lee, J., Development of prototypes of half-mask facepieces for Koreans using the 3D digitizing design method: A pilot study, *Annals of Occupational Hygiene*, 48(8), 707-714, 2004.
- Jeon, E., Park, J., Jeong, J., Park, S., Park, J., You, H., and Kim, H., Pattern analysis and determination of body dimension for flight suit design, *Journal of the Korean Society for the Clothing Industry*, 11(2), 286-292, 2009.
- Jeon, E., Park, S., You, H., and Kim, H., An evaluation of wearing characteristic for improving flight suit design, *Journal of the Korean Society for the Clothing Industry*, 11(2), 301-307, 2009.
- Jeon, E., Park, S., You, H., and Kim, H., The improvement and evaluation of the flight suit pattern to enhance movement, *Journal of the Korean Society for the Clothing Industry*, 12(5), 633-641, 2010.
- Lee, H. -Y. and Hong, K., Optimal brassiere wire based on the 3D anthropometric measurements of under breast curve, *Applied Ergonomics*, 38(3), 377-384, 2007.
- Lee, H. -Y., Hong, K., and Kim, E. A., Measurement protocol of women's nude breasts using a 3D scanning technique, *Applied Ergonomics*, 35(4), 353-359, 2004.
- Lochner, S. J., Automation of Shoe Last Modification and Tool Path Planning, Waterloo, Ontario, Canada, 2009.
- Lui, H., Li, Z., and Zheng, L., Rapid preliminary helmet shell design based on three-dimensional anthropometric head data, *Journal of Engineering Design*, 19(1), 45-54, 2008.
- Rout, N., Zhang, Y. F., Khandual, A., and Luximon A., 3D foot scan to custom shoe last, *Special Issue of International Journal of Computer and Communication Technology*, 1(2-4), 14-18, 2010.
- Weinberg, S. M., Scott, N. M., Neiswanger, K., and Marazita, M. L., Intraobserver error associated with measurements of the hand, *American Journal of Human Biology*, 17(3), 368-371, 2005.
- Zheng, R., Yu, W., and Fan, J., Development of a new Chinese bra sizing system based on breast anthropometric measurements, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(8), 697-705, 2007.

Author listings

Wonsup Lee: mcurry@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Industrial and Media Design, Handong University

Position title: PhD student, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic product design, Product shape design based on 3D scanning, 3D human modeling, Engineering design

Jeongrim Jeong: limi2101@lycos.co.kr

Highest degree: PhD, Department of Clothing & Textiles, Kyungpook National University

Position title: Post Doc., Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Clothing physiology, Clothing ergonomics

Eunjin Jeon: slowjeon@hanmail.net

Highest degree: PhD, Clothing & Textile, Kyungpook National University

Position title: Post Doc, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic pattern design, Pattern grading, User interface design & evaluation

Donghoon Son: dhson2@gmail.com

Highest degree: M.S., Mechanical Engineering, Seoul National University

Position title: Full-time instructor, Department of Aerospace and Mechanical Engineering, Korea Air Force Academy

Areas of interest: Robotics, Mechanical design

Seikwon Park: parksk@afa.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial Engineering, Pennsylvania State University

Position title: Professor, Department of Systems Engineering, Korea Air Force Academy

Areas of interest: Human factors in aviation and aerospace, Fatigue/Stress modeling & assessment, Human performance & workload assessment, Bio-signal measurement and analysis techniques, Biofeedback training

Daehan Jung: daehanj@afa.ac.kr

Highest degree: PhD, Mechanical Engineering, State University of New York at Buffalo

Position title: Associate Professor, Department of Aerospace and Mechanical Engineering, Korea Air Force Academy

Areas of interest: Fluid dynamics, Turbulence, Computer fluid dynamics

Hee-Eun Kim: hekim@knu.ac.kr

Highest degree: PhD, Clothing physiology, Nara Women's University, Japan

Position title: Professor, Department of Clothing & Science, Kyungpook National University

Areas of interest: Clothing environment, Clothing pattern & construction,

Clothing comfort

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial Engineering, Pennsylvania State University

Position title: Associate Professor, Department of Industrial & Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Ergonomic product design & development, User interface design & evaluation, Digital human modeling & simulation, Human performance & workload assessment, Work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) prevention, Usability testing