

햅틱 보조 설계 기법에 기반한 의자의 등판 및 좌판의 설계

김영걸* · 이상덕* · 송재복*†

* 고려대학교 기계공학부

Design of Backrest and Seat Pan of Chairs on the Basis of Haptics-Aided Design Method

Yongjie Jin*, Sang-duck Lee* and Jae-Bok Song*†

* School of Mechanical Engineering, Korea Univ.

(Received July 31, 2009 ; Revised March 5, 2010 ; Accepted March 9, 2010)

Key Words : Haptics-Aided Design (햅틱 보조 설계), Haptic profile (햅틱 프로파일), Haptic simulation (햅틱 시뮬레이션), Chair design(의자 설계)

초록: 인간 중심 제품의 개발을 위해서는 사용자가 제품을 사용하며 느끼는 사용감이 중요하다. 기존의 제품 개발 방법은 제품의 사용감을 평가하기 위해서 반드시 시제품을 제작하여야 하는 불편함이 있었다. 이러한 제품 개발 과정은 시제품을 햅틱 시뮬레이터로 대체함으로써 단순화할 수 있으며, 이러한 제품개발 방법을 햅틱보조설계 기법(Haptic-Aided Design, HAD)라고 한다. 본 논문은 맞춤형 의자의 제작에 효율적으로 사용될 수 있는 새로운 HAD 기법을 제안하였다. 햅틱의자와 직관적인 유저 인터페이스로 구성된 햅틱 시뮬레이터를 개발하였으며, 이를 이용하여 실시간으로 의자의 등판과 좌판의 임피던스를 조절하였다. 시제품을 대신하여 햅틱의자를 사용하여, 설계 초기에 설정된 의자의 등판과 좌판의 강성과 감쇠에 대한 안락감 평가를 실시하였다. 이를 통하여, 제안된 HAD 기법이 맞춤형 의자의 개발에 효율적으로 적용될 수 있고, 다른 제품의 개발에도 확장될 수 있다는 것을 보였다.

Abstract: The feeling that is evoked when products are handled has become increasingly important in the design of products primarily used by humans. In the traditional product design process, prototypes are built several times in order to evaluate the feeling evoked during use. However, these design processes can be optimized by adopting a haptic simulator that can serve as a prototype. The design method based on the use of the haptic simulator is called haptics-aided design (HAD), which is the main subject of this paper. Here, a new HAD method that can be effectively used to design a custom-made chair is proposed. A haptic simulator, which is composed of a haptic chair and an intuitive graphical user interface, was developed. The simulator can adjust the impedance of the backrest and seat pan of a chair in real time. The haptic chair was used instead of real prototypes in order to evaluate the comfort of the initially designed seat pan and backrest on the basis of their stiffness and damping values. It was shown that the HAD method can be effectively used to design a custom-made chair and can be extended to other product design processes.

- 기호설명 -

F : 사용자가 의자의 등판에 가하는 힘
 θ : 햅틱의자 등판의 기울임 각도
 r : 햅틱의자 등판의 회전축과 힘 F 의 작용점 사이의 거리
 τ : 모터 토크
 k : 햅틱의자 등판의 틸트 메커니즘과 관련된 스프링 상수

a : 스프링의 중심축에서 등판의 회전축까지의 거리
 h : 예압 조절을 위한 스프링의 압축길이

1. 서론

사람과 접촉이 많은 제품을 설계할 경우, 제품이 인간 친화적인지를 평가하고, 동시에 사용자의 감성적인 평가를 설계에 반영하는 것이 매우 중요하다. 기존의 CAD 시스템은 강력한 제품 개발 도

† Corresponding Author, jbsong@korea.ac.kr

구로 많이 사용되어 왔으나, 이와 같은 기능을 제공하는 데는 한계가 있다. 특히, 사용자가 느끼는 안락감 등을 평가하기 위하여 시제품을 여러 차례에 걸쳐 제작해야 하는데, 이로 인해 제품개발 비용 및 시간을 증가한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 제품설계 과정에서 햅틱장치를 제품 평가에 활용하는 연구가 진행되었으며, 이와 같은 설계 기법을 haptics-aided design(HAD)이라고 한다.⁽¹⁾ 햅틱장치는 사람의 오감 중 촉감(또는 역감)을 제시할 수 있는 장치로서, 가상현실에 있는 가상물체를 실제로 사용하는 것과 같은 느낌을 사용자에게 제공할 수 있다. 따라서 햅틱장치로 시제품을 대신할 경우, 시제품 제작과정을 생략할 수 있어 제품설계를 보다 효율적으로 진행할 수 있다.

제품개발에 햅틱을 이용하기 위해서는 몰입감보다 실제 제품을 사용하는 느낌을 세밀하게 표현할 수 있어야 한다. 하지만 지금까지 햅틱스 기술을 이용한 가상환경 기술은 주로 사용자에게 몰입감을 제공하는 데에 중점을 두었으므로, 제품개발에 필요한 기능을 제공하는 데는 한계가 있다.⁽²⁾ 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 제품에 발생하는 힘을 사실적으로 모델링하는 연구가 증가하고 있다. 사실적인 힘 모델링을 위하여 실제 제품을 조작할 때 발생하는 힘과 위치, 속도 및 가속도 등을 측정하고, 측정된 데이터는 힘 피드백 제어를 위하여 사용한다. 그 예로 Tideman은 자동차의 기어레버를 작동할 때, 사람이 기어레버에 가한 힘과 기어레버의 위치를 동시에 측정하였으며, 이를 햅틱장치의 제어하는 데 사용하였다. 이로부터 실제 기어레버를 작동하는 것과 같은 느낌을 사용자에게 제공하였다.⁽³⁾

햅틱장치를 시제품 대신에 사용하는 장점은 햅틱장치를 이용하여 사용자에게 전달하는 힘을 임의로 조절하고, 실시간으로 느끼며, 사용감을 평가할 수 있다는 점이다. 햅틱스를 이용한 감성적인 평가 결과를 설계에 반영하기 위해서는 역감을 표현하기 위한 제어변수와 실제 제품의 설계변수 사이의 관계를 알아야 하지만, 이에 관한 연구는 미미한 형편이다. 또한, 햅틱장치의 제어변수와 제품의 설계변수 사이의 관계는 일반적으로 복잡하여 HAD의 설계에의 적용을 어렵게 한다.

본 연구에서는 햅틱스 기술을 이용하여 인체친화적인 제품을 설계하는 방법을 제시하고자, 사무용 의자의 설계에 HAD를 적용하였다. 이를 위하여 의자 설계에 특화된 햅틱의자 시스템을 개발하였다. 햅틱의자 시스템은 햅틱의자, 제어기 그리고

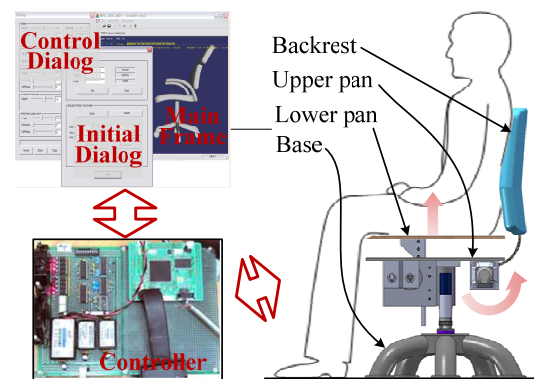


Fig. 1 Haptic chair controller and GUI

GUI로 구성되어 있다. 햅틱의자를 이용하여 좌판의 쿠션 및 등판의 강성 등을 다양하게 시뮬레이션 할 수 있으며, GUI는 사용자가 다양한 시뮬레이션을 쉽게 구현할 수 있도록 도와 준다. 본 연구에서는 햅틱의자의 제어변수와 실제 의자의 설계변수 사이의 관계를 정의하고, 이를 바탕으로 사용자에게 안락감을 제공할 수 있도록 실제 의자 좌판 및 등판을 설계하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 햅틱의자 시스템에 대해서 설명하고, 3장과 4장에서는 각각 햅틱의자를 이용한 의자 등판과 좌판의 설계에 대해서 상세히 다룬다. 그리고 5장에서는 HAD를 이용한 제품설계 방법에 대하여 설명하며, 6장에서는 결론을 도출한다.

2. 햅틱의자 시스템 개발

본 연구에서 의자설계를 위해 개발한 햅틱의자 시스템은 Fig. 1과 같이 햅틱의자, 제어기와 graphical user interface(GUI)로 구성되어 있다. 햅틱의자는 실제 의자와 비슷한 형상을 가지고 있다. 좌판은 상판(upper pan)과 하판(lower pan)으로 구성되어 있는데, 하판은 베이스와 같이 고정되어 움직이지 않고, 상판은 상하로 움직일 수 있어 사용자에게 폼(foam) 위에 앉은 것과 같은 느낌을 전달해 준다. 등판은 좌판의 뒷부분에 있는 회전축을 중심으로 회전할 수 있으며, 사람이 등판에 기대 때 반발력을 전달한다. 그리고 좌판 전체의 높이를 조절할 수 있다.

이와 같은 햅틱의자를 통해 사람에게 안정하고 사실성 있는 힘피드백을 전달하려면, 무엇보다 빠른 제어주기를 보장하는 것이 가장 중요하다. 촉각은 아주 섬세한 감각이므로 320Hz까지의 빠른

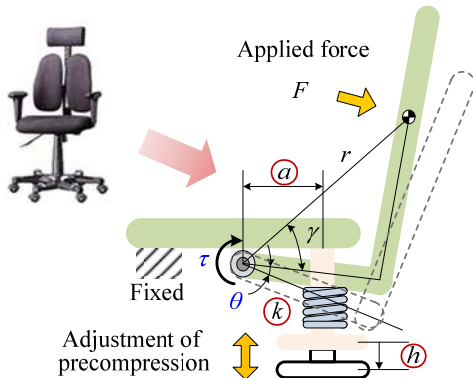


Fig. 2 Model of the chair.

자극을 구별할 수 있다. 따라서 햅틱장치의 모터 제어주기는 최소한 320Hz보다 커야 한다.⁽⁴⁾ 본 연구에서는 DSP(TMS320F2812)를 이용한 제어기를 개발하였으며, 제어주기는 1kHz이다. 그리고 좌판과 등판의 강성, 감쇠, 변위를 조절하기 위하여 임피던스 제어를 적용하였다.

햅틱의자와 DSP 기반의 제어기로 이루어진 햅틱의자 시스템으로도 충분히 의자의 설계에 사용할 수 있지만, 보다 더 간편하고 직관적인 사용을 위하여 OpenScenGraph와 MFC에 기반한 GUI를 개발하였다. GUI는 햅틱의자의 움직임을 시각적으로 보여주는 main frame과 햅틱의자의 힘 피드백을 조절할 수 있는 control dialog, 그리고 모터를 초기화하는 initial dialog로 구성되어 있다.

3. HAD 에 기반한 의자 등판의 설계

3.1 일반적인 방법을 이용한 등판의 설계

의자에서 등판의 강성을 결정하는 틸트 시스템은 사람의 안락감에 많은 영향을 준다.⁽⁵⁾ 의자의 틸트 기능은 구현 방법이 다양하며, 그 중에서 Fig. 2의 등판 틸트 방식이 대표적이다. 등판 틸트 방식은 사용자가 등판에 기대면 좌판은 고정된 상태에서 등판이 회전축을 중심으로 회전한다. 이와 같은 방식은 구조가 단순하여, 시중에서 판매하는 대부분의 의자에 채택되고 있다.

사람이 등판에 기대면, 등판과 좌판 사이에 설치되어 있는 스프링에 의해서 등판에 반발력이 발생하며, 반발력과 등판 기울기 사이의 관계는 다음과 같다.

$$\tau = r \times F = ka^2 \tan(\theta) + kah \quad (1)$$

여기서 F 는 사용자가 등판에 가하는 힘이고, r 은

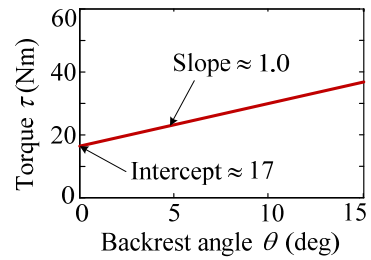


Fig. 3 Relationship of torque-backrest angle.

작용점에서 회전축까지의 거리이며, τ 는 힘 F 에 의해서 발생하는 토크이다. a 는 스프링의 중심축으로부터 등판 회전축까지의 수평거리, h 는 스프링의 예압 길이, k 는 스프링 상수이다. 여기서 a, h, k 는 등판 틸트 시스템의 설계변수가 된다.

사람이 의자에 앉았을 때 편안하게 느끼는 등판 기울임 각도는 $0 \sim 10^\circ$ 이다. 그리고 시중에 판매되고 있는 의자들의 등판 기울임 강성은 대부분 0.3Nm/deg 에서 1.4Nm/deg 사이이며, 등판의 초기 기울임 예압은 $0\text{Nm} \sim 40\text{Nm}$ 이다.⁽⁵⁾ 여기서 기울임 예압은 등판을 기울이기 위한 최소한의 토크를 의미한다. 본 논문에서는 인간공학적 의자설계에 관한 논문을 참고하여 의자 등판의 기울임 강성은 1.0Nm/deg , 등판의 초기 기울임 예압은 17Nm 라고 가정하였다. 이를 만족하기 위하여 $a = 6.5\text{cm}$, $k = 13\text{kN/m}$, $h = 2\text{cm}$ 으로 설계하였다. 따라서 식 (1)로부터 등판의 각도와 반발력 사이의 프로파일은 Fig. 3와 같이 생성할 수 있다. 그래프에서 절편은 예압을 의미하여, 기울기는 강성을 의미한다.

3.2 햅틱의자를 이용한 시뮬레이션

햅틱의자를 이용하여 실제 제품을 사용하는 느낌을 구현하기 위해서 haptic profile(HP)를 사용한다. HP란 제품의 특성을 물리적인 변수의 상관관계로 나타낸 것으로, 사람이 제품을 사용할 때의 힘, 위치, 그리고 속도 사이의 관계를 의미한다. 또한, HP는 제품 기능의 고유한 특성을 포함하며, 사용자가 느끼는 만족도는 HP와 밀접한 관계가 있다. 따라서 인체공학적인 설계를 위해서는 최적의 HP를 찾는 것이 중요하다. 의자 등판의 경우, 감쇠효과는 미미하므로, 본 연구에서는 등판의 강성 효과만을 고려한다. 따라서 의자 등판설계를 위해서 힘-각도의 상관관계를 나타내는 강성 HP를 고려한다.

사용자에게 안락감을 제공하는 등판의 강성은 사용자마다 차이가 있을 수 있지만, 일반적으로 인

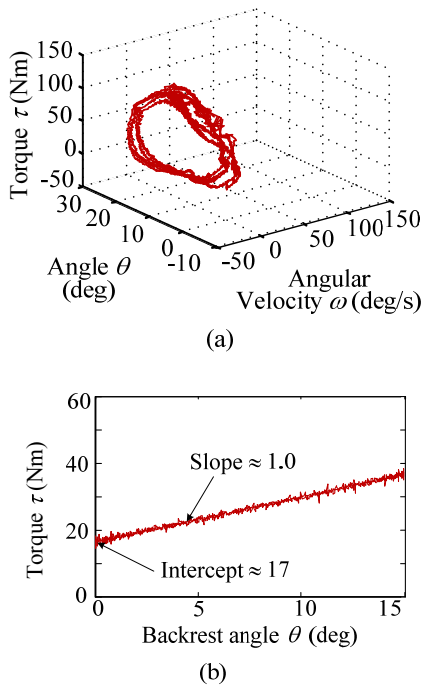


Fig. 4 Plot of HP: (a) torque-angle-velocity relationship, and (b) torque-angle relationship

체공학에서 권장하는 강성에서 크게 벗어나지 않는다. 그러므로 초기 HP는 인체공학적으로 권장하는 강성으로 설정하여 햅틱의자 제어에 적용하였다. 그리고 사용자가 실제로 햅틱의자에 여러 번 앉았다가 일어날 때 등판의 각도, 속도 그리고 등판이 사람에게 가하는 힘을 측정하였으며, 이들의 상관관계는 Fig. 4(a)와 같다. Fig. 4(b)는 강성 HP인 힘-각도 사이의 관계를 보여주는데, 그래프에서 절편은 17이고, 기울기는 1.0이다. 이는 초기에 설정한 HP와 같으므로 햅틱의자를 통한 시뮬레이션이 정확히 진행되었다고 판단할 수 있다.

이와 같이 초기 HP를 적용한 후 안락감 평가를 수행하였다. 먼저 등판에 살짝 기대는 상태에서 작업을 수행하는 업무상태의 자세(upright posture)를 취하였다. 이 때, 등판은 사용자의 요추를 적당히 지지해주지 못하고 밀려났으며, 이로부터 사용자는 불편함을 느꼈다. 다음으로 등판에 몸을 기대는 채 휴식을 하는 자세를 취하였다. 이 때도 마찬가지로 등판은 사용자의 체중을 이기지 못하고 많이 회전하였으며, 이로부터 사용자는 불편함을 느꼈다. 이와 같은 불편함을 줄이기 위해서는 의자의 기울임 강성과 기울임 예압을 모두 높일 수 있도록 설계를 수정하여야 한다.

3.3 편안한 느낌을 주는 HP의 도출

앞에서 설계한 의자의 지지력 부족으로 인한 불

Table 1 Variables and related HP's characteristics.

Variable	Related HP's characteristics
a	Slope & intercept
k	Slope & intercept
h	Slope

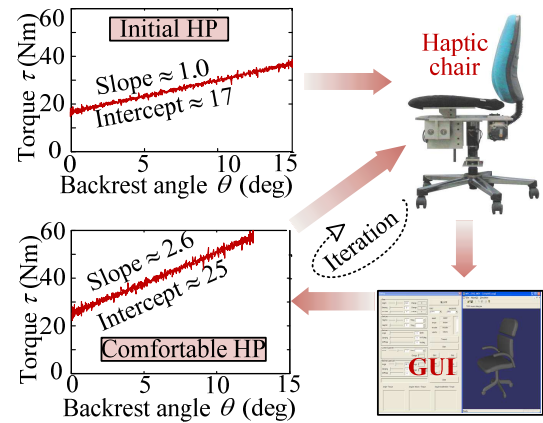


Fig. 5 Adjustment of HP's characteristics

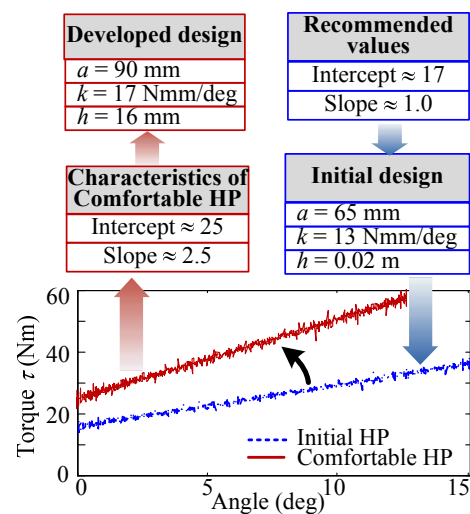


Fig. 6 Determination of variables

편함을 줄이기 위하여 등판의 강성과 예압을 증가시켜야 한다. GUI를 이용한 HP의 실시간 조절과 햅틱의자를 통한 안락감 평가의 반복을 통해 편안한 등판의 HP를 찾아 내었으며, Fig. 5에서는 이런 과정을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 편안한 등판 HP는 절편이 약 25이고, 강성은 약 2.6이다. 따라서 편안한 의자 등판의 예압은 25Nm이 되고, 강성은 2.6Nm/deg이 된다.

3.4 설계변수의 추출

햅틱의자를 이용한 안락감 평가를 통해 편안한

Table 2 Indexes describing force-deflection curve of foam

Items		Definitions
A	Initial hardness factor (IHF)	25%IFD / 5%IFD
B	Indentation modulus (IM)	(40%IFD - 20%IFD / 20%IFD)
C	Support factor (SF)	65%IFD / 25%IFD
D	Modulus irregularity factor (MIF)	2*20%IFD-40%IFD

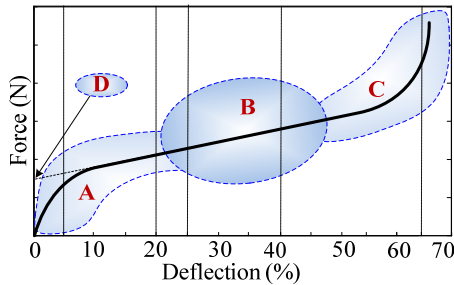


Fig. 7 Measured indentation force deflection (IFD)

등판은 25Nm의 예압과 2.6Nm/deg의 강성을 가져야 한다는 것을 확인하였다. 등판 각도는 약 10° 정도 변하므로, 식 (1)의 $\tan\theta$ 는 θ 로 근사화할 수 있다. 따라서 식 (1)에서 $ka^2 = 25$, $kah = 2.6$ 이 되도록 a , k , h 를 다시 결정하여야 한다. 이 때, 설계변수 a , k , h 가 HP의 강성에 주는 영향은 Table 1과 같다. 이와 같은 조건을 만족하는 설계변수들의 값의 조합은 많지만, 본 연구에서는 a , k , h 의 값을 각각 90mm, 17Nmm/deg와 16mm으로 결정하였다. Fig. 6에서는 이와 같은 설계변수의 추출과정을 보여주고 있다.

4. HAD 에 기반한 의자 좌판의 설계

햅틱의자를 이용하여 좌판을 설계하는 과정은 기본적으로 등판을 설계하는 과정과 동일하다. 하지만 등판의 경우에는 기구 설계의 문제이지만, 좌판은 소재의 형상을 설계해야 하므로, 좌판의 HP는 등판의 HP와는 다르다. 본 장에서는 햅틱의자를 이용한 좌판의 설계 과정에 대해서 살펴본다.

4.1 Intended Force Deflection

좌판의 강성은 좌판에 사용되는 폼에 대한 indentation force deflection(IFD) 측정을 통해 확인할 수 있다. 여기서 IFD는 폼을 천천히 압축시킬 때 힘-변위

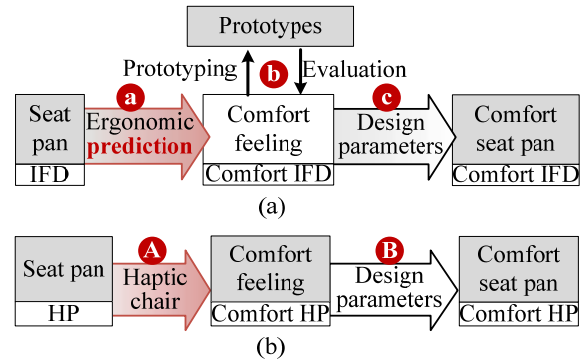


Fig. 8 Seat pan design: (a) traditional process, and (b) HAD process

관계를 의미한다.⁽⁶⁾ 이와 같은 IFD는 좌판이 사람에게 전달하는 감각과 밀접한 관계가 있으므로, 좌판의 IFD를 햅틱의자의 HP로 사용한다.

실제 폼의 IFD는 측정을 통하여 얻을 수 있으며, IFD 그래프로부터 Table 2에 나타나 있는 다양한 지수를 얻을 수 있다.⁽⁷⁾ Fig. 7의 A영역에서는 초기 경도를 의미하는 IHF를 얻을 수 있으며, B영역에서는 강성을 나타내는 IM을 얻을 수 있다. 그리고 C 영역에서는 안락감과 밀접하게 관련이 있는 SF를 얻을 수 있고, B 영역의 연장선과 힘축이 교차하는 점 D로부터 MIF를 얻을 수 있다.

4.2 좌판 설계

인체공학적 의자를 설계하기 위해 먼저 편안한 느낌을 표현하는 IFD 특성을 알아야 한다. 지금까지 좌판을 설계하기 위해서는 Fig. 8(a)의 a와 같이 인간공학에서 권장하는 사항들을 참조하여 편안한 느낌을 주는 IFD의 특성을 예측하였다. 이를 바탕으로 b와 같이 시제품을 제작하고, 다양한 실험을 통하여 초기에 예측한 IFD가 적절한지 검증한다. 그리고 IFD가 적절하지 않을 경우, 실험 결과를 바탕으로 IFD를 수정하게 되고, 최적의 IFD를 찾을 때까지 이 과정을 반복한다. 최적의 IFD를 얻은 후에는 c와 같이 IFD를 구현할 수 있도록 설계변수들을 결정하고, 이를 이용하여 의자 좌판을 제작한다.

한편, 햅틱의자 시스템을 이용하여 좌판을 설계할 경우, Fig. 8(b)와 같이 시제품 제작 과정을 생략할 수 있다. A와 같이 편안한 IFD 특성을 찾아내기 위하여 실제 햅틱의자를 시제품 대신 이용하여 안락감 평가를 수행하며, IFD를 실시간으로 조절하여 IFD가 사람에게 미치는 효과를 즉시 확인할 수 있다. 이와 같이 햅틱의자 시스템을 이용하여 최적의 IFD를 찾게 되며, 이를 바탕으로 좌판의

Table 3 Characteristics of comfortable seat pan

Items	Values
Initial hardness factor (IHF)	≈ 1.43
Modulus irregularity factor (MIF)	≈ 150
Support factor (SF)	≈ 3.00
Indentation modulus (IM)	≈ 0.43

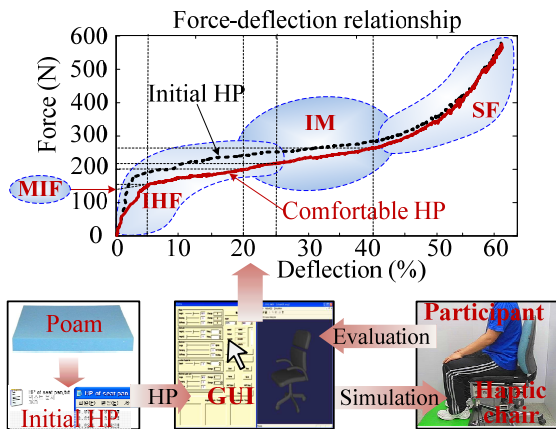


Fig. 9 Process for find a comfortable HP

설계변수를 결정할 수 있다.

4.3 HAD 를 이용한 좌판의 설계

햅틱의자를 통해 실제 좌판에 위에 앉는 것과 같은 느낌을 재현하기 위하여 Fig. 9와 같이 좌판에 사용되는 폼의 IFD를 측정하였으며, 구체적인 측정 방법은 미국재료측정협회의 규정(ASTM D3574)을 참조하였다.⁽⁷⁾ 측정된 IFD는 햅틱의자의 초기 HP로 사용한다. Fig. 9에서 볼 수 있듯이 GUI를 이용하여 실시간으로 HP를 조절할 수 있다. 조절된 HP는 햅틱의자에 즉시 반영된다. 사용자는 HP의 조절과 안락감 평가를 반복 진행하였으며, 이로부터 편안한 HP를 찾아 내었다.

편안한 HP의 그래프(실선)는 측정된 HP의 그래프(점선)에 비해 초기 경도가 낮으며 기울기가 더 크지만, 50% IFD 이상은 거의 비슷하다는 것을 알 수 있다. 또한, 편안한 HP의 그래프로부터 여러 지수의 값을 Table 3과 같이 결정할 수 있었다.

같은 특성을 가진 좌판이라도 사람마다 다른 느낌을 가지며, 편안하게 느끼는 여러 지수들의 값도 다르게 된다. 따라서 본 연구에서 제시한 값들은 본 연구에서 피실험자로 좌판 안락감 평가에 참여한 자에게 맞는 값이며, 인간공학적 연구에

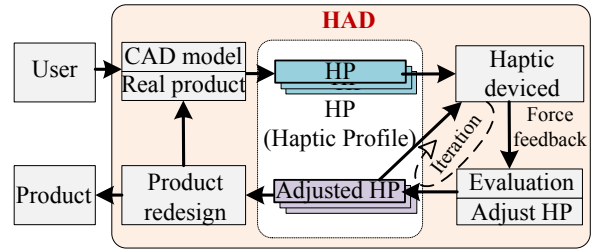


Fig. 10 A HAD scheme for improve product design efficient

의한 결과가 아니다. 즉, 피실험자가 주관적으로 편안하다고 판단한 의자가 인간공학적 측면에서 보았을 때 최적일 아닐 수도 있다.

5. HAD 를 이용한 제품설계 방법의 도출

본 연구에서는 햅틱의자 시스템을 이용하여 의자 등판과 좌판을 설계하였으며, 이를 바탕으로 Fig. 10과 같은 HAD기법을 제시한다. 구체적인 설계 과정은 다음과 같다.

- 1) 일반적인 방법을 이용하여 제품을 설계한다.
- 2) 컴퓨터 시뮬레이션 또는 실제 제품에 대한 측정을 통하여 HP를 생성하며, HP를 통해 물리적 특성(강성, 감쇠 등)을 분석한다.
- 3) 생성한 HP를 햅틱의자에 적용하여 제품의 물리적 특성을 정확히 사용자에게 전달한다.
- 4) 사용자는 햅틱장치를 이용하여 사용만족도와 안락감을 평가한다.
- 5) HP조절과 안락감 평가를 반복 진행함으로써 최적의 HP를 찾아 낸다.
- 6) 초기 HP와 최적의 HP를 비교하여 설계변수를 수정한다.

본 연구에서는 편안한 의자를 설계하기 위해 강성을 고려하였지만, 설계 대상에 따라 고려해야 하는 물리적 특성이 다르다. 예를 들어, 회전 스위치를 설계할 때는 강성이 아닌 마찰력이 가장 중요한 설계요소가 될 수 있다. 따라서 GUI는 다양한 물리적 특성을 쉽게 표현할 수 있도록 HP를 조절할 수 있어야 한다. 또한, 편안한 HP를 통해 설계변수의 값을 추출하여야 하므로 HP와 설계변수 사이의 관계에 대한 분석이 필요하다.

그리고 4.3절에서 설명하였듯이 본 연구에서 제시한 방법으로 설계한 제품의 안락감은 사람의 주관적인 판단에 의해 결정된다. 그러므로 HAD를 이용하여 설계한 제품을 인간공학적인 측면에서 검증하면 보다 더 인체친화적인 제품의 설계가 이

루어질 수 있다. 이를 위해, 제품의 사용에 따른 사용자의 신체변화를 관찰함으로써 안락감을 인간 공학적으로 검증하고, 관찰된 신체변화를 바탕으로 제품의 안락감을 평가하여 설계에 반영하는 개선된 설계 방법론에 대한 연구가 진행 중이다.

6. 결 론

본 연구에서는 인체친화적인 제품의 설계를 효율적으로 하기 위하여, 실제 의자의 설계에 HAD 기법을 적용하였다. 등판과 좌판의 설계를 통하여 HAD 기법의 효용성을 보여 주었으며, 나아가서 더 일반적인 HAD 기법에 대한 논의를 하였다. HAD를 이용한 실제 의자의 설계를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) HP를 햅틱장치의 제어에 적용하여 실제 제품을 조작하는 것과 같은 느낌을 재현할 수 있으며, 편안한 느낌을 주는 HP를 찾을 쉽게 찾아낼 수 있다.

(2) 초기 HP와 햅틱장치를 통해 찾아낸 편안한 HP그래프의 비교를 통해 설계변수를 보다 쉽게 추출해낼 수 있다.

(3) 시제품 대신 햅틱장치를 사용하여 안락감 평가를 할 수 있으며, 이는 인간 친화적인 제품의 설계 효율을 향상시킬 수 있다.

후 기

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국과학

재단의 지원(No. R2010-0006147)과 지식경제부/한국산업기술진흥원의 융복합형 로봇전문인력 양성 사업의 지원으로 자율지능형 머니플레이션 연구센터를 통해서 수행되었임.

참고문헌

- (1) Jin Y. and Song, J.-B., 2009, "Design of Chair's Tilt System Using Haptic Chair," *Proc. of KSPE Spring Conference*, pp. 285~286.
- (2) Otaduy, M. A. and Lin, M. C., 2005, "Introduction to Haptic Rendering," *Int. Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques archive ACM SIGGRAPH 2005 Courses*, pp. A45 - A71.
- (3) Tideman, M., van der Voort, M.C. and van Houten, F. J.A.M., 2004, "Design and Evaluation of a Virtual Gearshift Application," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 465~470.
- (4) Burdea, G. C., 1996, *Force and Touch Feedback for Virtual Reality*, Wiley-Interscience, pp. 35~39.
- (5) Faiks, F. S., Allie, P. and Reinecke, S. M., 1999, "Supporting the Torso Through Seated Articulation," *43rd Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*, pp. 574~578.
- (6) Mills, N., 2007, "Polymer Foams Handbook - Engineering and Biomechanics Applications and Design Guide," *Butterworth Heinemann*, pp. 205~233.
- (7) ASTM D3574-08, 2008, "Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials - Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams," *ASTM international*.