

촉각인지를 위한 가상질감의 표현

Display of Virtual-textures on the Surface for the Haptic Perception

송복희, 윤한경
한국기술교육대학교 산업디자인공학과
한국기술교육대학교 정보통신공학과

BokHee Song, HanKyung Yun
KUT Dept. of Industrial Design Eng., bhsong@kut.ac.kr
KUT Dept. of Infor. & Comm. Eng., hkyun@kut.ac.kr

● Keywords: virtual reality, texture display, HCI

1. 서론

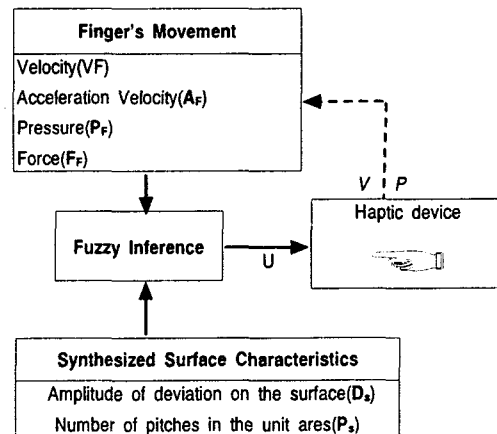
인간은 주변환경으로부터 정보를 수집하기 위하여 청각, 시각, 촉각 또는 후각 등을 사용하는 반면에 기존의 가상현실에 관한 연구들은 주로 시각과 청각을 이용하여 현실감을 감지하도록 하는 것들이 대부분이었다. 최근에 향을 이용하여 현실감을 증대시키기 위한 시도가 국내에서 이루어지고 있으나 후각은 기본적으로 화학물질에 의한 생체의 자극이므로 가상현실에서의 다양한 응용은 제한적일 수밖에 없으며 생체의 위해 여부에 대하여 논란의 소지가 있다. 외국에서의 근간의 연구들은 자연스러운 가상환경을 조성하기 위하여 force feedback을 이용한 haptic display에 관한 것들이 있으며, force feedback은 본래 원자로 등의 위험환경이나 대기권 밖과 같은 혹독환경에서 작업하는 로봇의 원격제어에서 로봇시스템의 안전과 효율적 제어를 위하여 로봇의 부하를 조종자가 감지 가능하도록 하는 것이다. 가상현실에서 haptic display는 사용자의 동작을 컴퓨터가 감지하고 동작에 대한 적절한 반작용을 물리적 기구를 통하여 사용자가 감지하도록 하는 것이다. 따라서 haptic display장치는 컴퓨터 소프트웨어와 물리적 기구와 인터페이스하기 위한 하드웨어 및 기계장치들로 구성된다. 가상환경에서 haptic display의 응용은 가상 체험교육이나 가상실험 및 실습, 게임 등이 있으며 제한적이긴 하지만 상품화되기도 하였다.

가상현실은 실제의 물리적인 현상이나 물체를 가상환경 하에서 가상적으로 표현하는 것이라 할 수 있으며, 물체의 질감은 시각적 질감과 촉각적 질감으로 구성된다. 시각적 질감의 표현은 고가이기는 하지만 컴퓨터의 발달과 다양한 그래픽 알고리즘의 개발로 인간의 시각적 욕구를 충족시킬 수 있으나 촉감을 만족시키기 위해서는 많은 연구가 행하여져야 한다. 본 연구는 물체의 표면의 질감을 표현하는 기법에 관한 연구로 퍼지추론을 이용하여 물리적 자극을 유발시키는 기법으로 시스템의 모델을 이용하는 기존의 force feedback에서 사용하던 방법에 비하여 계산량이 작아 별도의 고속 연산용 하드웨어가 필요치 않으므로 저비용으로 실시간 동작이 가능하다. 또한 질감의 표현을 위하여 합성된 질감을 물체의 표면에 중첩 투사시키므로 기존에 있는 물체의 정보에다 표면의 질감표현을 위한 정보를 첨가하기만 하면 되므로 가상물체의 질감은 간단히 표현되는 장점이 있다.

촉감은 물체의 질감과 사용자의 상호작용으로 인하여 인지가 가능하고 사용자의 동작이나 수행과정에 따라 질감은 다르게 인지되므로 제안된 기법은 합성된 물체의 질감과 사용자의 동작특성을 퍼지이론에 적용하여 추론한다. 따라서 정지질감이 인간의 동작특성에 적용하여 자연스럽게 현실감이 있는 운동질감으로 표현되며, 이 운동질감에 의해 물리적 기구장치가 구동되고 기구장치는 사용자의 동작 속도, 가속도, 압력 힘 등의 특성을 감지하여 feedback 된다.

2. 표면의 질감표현을 위한 퍼지 모델

Haptic interface를 통하여 인간은 가상환경과 물리적으로 상호작용이 가능하므로 촉감의 인지를 위한 촉각의 자극유발이 가능하다. 자극의 유발은 물리적 기구인 haptic device에 의해 생성이 된다. 이 기구는 인간이 가상환경에서 느낄 수 있는 순수한 자극 외에 기구가 갖는 특성에 의해 판성, 마찰 등으로 실지와는 다르게 동작을 하지만, 표면의 가상적 질감을 표현하기 위하여 시각적 질감의 현실감을 높이는 기술인 texture mapping과 유사한 방법을 통하여 가상환경 내에서 인간의 촉감에 관한 감성적 욕구를 만족시킬 수 있다. 우리가 제안하는 촉감을 유발하기 위한 경제적인 퍼지모델(그림 1)은 추론된 표면의 질감이 임의의 가상물체에 투사된다. 따라서 표면상의 질감을 표현하기 위하여 vibrotactil feedback 기술을 사용한다. 이 기술은 표면의 경계에서 촉각자극을 위한 미세진동을 유발하는데 사용된다. 미세진동은 설계된 가상정지질감과 사용자의 운동특성을 분석하여 퍼지추론된 결과이다. 따라서 사용자가 설계된 가상질감에 관한 정보를 갖고 있지 않으므로 haptic device의 고유 동특성에 영향을 상대적으로 작아진다. 또한 다양한 촉각자극에 비하여 감성적 인지의 표현은 단순하고 촉각에 대한 인간의 적응력이 큰 것을 고려하면 우수한 감성 지향적인 질감의 표현이 될 수 있다.

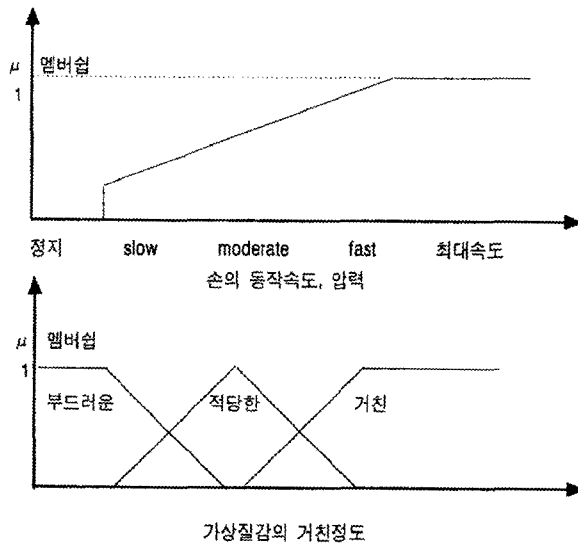


[그림 1] 촉각 디스플레이를 위한 퍼지 모델

퍼지추론을 위한 합성된 가상질감의 표면특성에 관한 정보는 표면의 단위면적 당 dot의 개수와 dot의 높이로 표현되므로, 사포와 같이 거친표면의 가상정지 질감은 dot들의 높이는 주어진 정보를 기준으로 볼츠만분포를 갖고 그들의 위치는 해당표면 내에서 랜덤하게 배열된다. 또 줄과 같이 무늬가 고른 거친 특성은 dot의 높이가 일정하고 규칙적으로 배열된다.

3. 실험 및 결론

퍼지모델의 타당성을 입증하기 위하여 손끝의 촉각을 유발시키는 가상표면을 만들어 손의 동작속도와 가상표면의 거칠기를 퍼지변수로 하여 membership function은 그림 2에 보였으며, 표 1에 보인 퍼지추론 법칙을 적용하여 표현된 결과를 그림 3에 보였다. 실험결과를 분석하면 표면의 질감이 손동작과 상호작용하여 속도에 따라 거친느낌이 다르게 촉각을 자극하는 것으로 나타났다. 따라서 촉감의 인지를 위하여 촉각을 자극하는 질감표현은 제시된 퍼지모델로 가능한 것이 입증되었다.



[그림 2] 퍼지변수의 membership function

[표 1] 퍼지추론 법칙

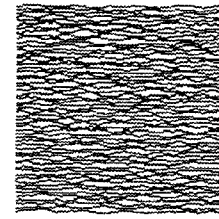
in the i'th fuzzy control rule
IF v is v_i , **AND** p is p_i **Then** μ is c_i
 Let v_i is x and p_i is y

$$w_i = h_{v_i}(x) \wedge h_{p_i}(y) \quad \text{and}$$

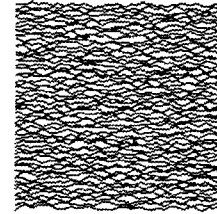
$$h(z) = \max(w_i \cdot h_{c_i}(z))$$

$$\mu_i = (\int h(z) \cdot z \, dz) / (\int h(z) \, dz)$$

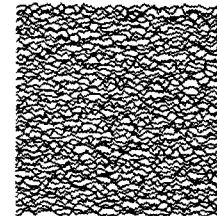
where v and p are input variables
 μ is output variable
 v_i, p_i and c_i are fuzzy variables
 x, y are measured values
 w_i is the fitness for the i'th rule
 $h(z)$ is membership function
 for the controlled output
 μ_i is the operation value.



(a) with slow movement(20mmx20mm)



(b) with moderate movement(20mmx20mm)



(c) with fast movement(20mmx20mm)

[그림 3] 퍼지추론 된 동작속도 증속 표면질감

4. 연구방향

이제까지의 선행된 연구결과에 의하면 퍼지모델을 사용한 vibrotactile motion은 가상물체의 합성된 질감을 인간의 동작특성에 적용하여 자연스럽게 촉각의 자극하여 가상현실 하에서 현실감을 증대시킬 수 있다는 결론을 얻었다. 본 연구의 결과로 가상현실에 응용하기 위하여 표면의 질감이 디자인 요구에 충족되는 정지합성질감의 데이터베이스의 구축을 목표로 연구중이며 이 데이터베이스는 인간의 촉감에 관한 감성표현인 감성형용사의 대응에 되도록 하여야 한다. 또한 향후 과제로는 인간의 동작특성에 분석을 행하여 동작속도와 압력에 따른 촉감의 변화에 관하여 연구와 촉감의 면역성에 관한 연구가 진행되어 퍼지변수의 membership function을 인간의 인지특성을 고려하여 변형하면 가상환경의 현실감이 더욱 증대되어 인간의 감성적 욕구를 만족시킬 수 있다.

5. 참고문헌

- 1) Luecke, Greg R., Chai, Young-Ho (1997). Contact Sensation in the Synthetic Environment Using the ISU Force Reflecting Exoskeleton, IEEE Virtual Reality Annual Symposium (VRIAS '97), 192-198.1)
- 2) Howe, Robert D., Dennerlein, Jack T., Okamura, Allison M. (1998). Vibration Feedback Models for Virtual Environments (1998). '98 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1-6
- 3) 일본계측자동제어학회 편, 뉴로, 퍼자, 인공지능 핸드북, 1998.