Journal of Knowledge Information Technology and Systems

ISSN 1975-7700

http://www.kkits.or.kr

A Design and Implementation of a Kayak Simulator with Motion-Haptic Feedback

Jae-Yong Seo[1], Won-Hyeong Park[2], In-Ho Yun[2], Jongmin Choi[2], Sang-Youn Kim[2], Goo-Cheol Jeong[*3]

[1]*S-Core Tech*

[2]*Interaction Lab., Advanced Technology Research Center, Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education*

[3]*Department of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education*

ABSTRACT

The one of the most important factors in virtual simulating systems is to convey an appropriate motion-haptic signal to users according to the virtual environment's condition. However, most of conventional virtual simulating systems can hardly provide immersive sensation to users because they do not create motion-haptic signal. Therefore, in this paper, we design and implement a kayak simulator system which allows a user to naturally manipulate and to immersively control a virtual kayak through motion haptic feedback. In order to provide the same sensation to users as if they drive a real kayak, the implemented kayak simulator consists of three parts (a motion input part, a motion re-creating platform, and a virtual environment). The motion input part uses an inertia measurement unit (an IMU) for measuring a user's motion which is used for control input to the kayak simulator. A virtual environment module visualized the motion of the virtual objects and an avatar onto the screen based on the measured user's motion. To convey the motion-haptic feedback to users, the motion re-creating platform generates motion feedback information in response to the user's interaction with virtual objects. The proposed kayak simulator is capable of dynamically expressing kayak's motion according to the amount of user's interaction and virtual waves. If the developed motion re-creating platform is used for constructing other virtual applications, users not only can naturally manipulate with virtual objects but also can sense realistic and immersive sensation.

ⓒ 2015 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Motion-haptic interaction, Natural interaction, Kayak simulators, Virtual reality, Real-time.

ARTICLE INFO: Received 16 September 2015, Revised 8 October 2015, Accepted 8 October 2015.

[*]Corresponding author is with School of Computer Science and Engineering, Korea University of Technology and Education. 1600 Chungjello, Byeongcheon myeon, Cheonan, ChungNam province, 330-708, KOREA.

www.kci.go.kr

1. 서 론

IT 기술의 비약적인 발전으로 인해 실세계에서 경험하기 어렵거나 특정상황을 컴퓨터를 이용하여 거의 유사하게 모사하는 가상현실 기술을 기반으로 한 시뮬레이터 시스템들이 등장하고 있다. 초기의 시뮬레이터 시스템은 3차원 시각정보와 청각정보를 통하여 사용자에게 현실감을 제공하였다[1,2,3]. 이러한 연구들은 실세계의 환경/상황을 거의 유사하게 모사하여 사용자에게 몰입 감을 전달해 주기 때문에 군사/의료/엔터테인먼트 등 다양한 곳에서 사용되고 있다. 그러나 사용자가 가상공간에 존재하는 가상물체를 조작하기 위한 인터페이스(예: 마우스, 키보드 등)가 직관적이지 않기 때문에 사용자가 받는 몰입정도를 실제와 거의 흡사한 정도까지 끌어 올리는 것은 쉽지 않다.

그러므로 몰입감을 극대화하기 위해서 사용자가 마치 실제 물체를 조작하는 것처럼 제스처 등을 이용하여 직관적으로 가상의 물체를 조작할 수 있는 자연스러운 인터랙션 기술 (NIT : Natural Interaction Technology)이 시뮬레이터 시스템에 적용되었다. 이재호 등은 사용자의 손 동작 등으로 가상환경 내에 존재하는 물체를 제어할 수 있는 동작인식 시스템을 개발하였으며[4], 김정민 등은 사실적인 자동차 시뮬레이션을 위해 가/감속 페달을 통해 가상의 자동차를 제어할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다[5]. Chris Meredith는 몰입감 있는 낚시 게임을 위한 모션 인식 기술을 개발하였고 [6], Sugarman 등은 사용자의 동작을 측정할 수 있는 모션 센싱 플랫폼을 개발하여 이를 이용하여 스키 시뮬레이터를 개발하였다[7]. Solina와 Batagelj는 두 개의 적외선 카메라를 이용하여 사용자의 모션을 3차원적으로 모두 측정할 수 있는 인터페이스를 설계하였으며 이를 이용한 시뮬레이터를 구축하였다[8]. F.Kistler 등은 적응형 가상캐릭터와 자연스러운 움직임을 이용하여 제어하는 연구를 수행하였으며 [9], M. Gong등은 애니메이션 툴과 캐릭터, 고성능 멀티스레드 그래프등으로 구성된 자연스러운 모션을 이용한 애니메이션 플랫폼을 개발하였다 [10]. 또한, M. Billinghurst 등은 증강현실과의 자연스러운 인터랙션을 위한 새로운 인터페이스를 설계하였다[11].

이와 같은 NIT를 이용한 시뮬레이터에서는 사용자가 자연스러운 모션을 통하여 가상의 물체를 조작할 수 있지만, 사용자의 모션 입력에 대한 피드백이 존재하지 않기 때문에 사용자가 실제 환경과 인터랙션 하는 것과 같은 느낌을 전달받는 것은 쉽지 않다.

완전한 몰입감을 사용자에게 전달해 주기 위해서는 NIT 뿐 아니라 모션 햅틱 피드백을 사용자에게 전달해 주어야 한다[9,10]. 그러므로 본 연구에서는 마치 사용자가 가상의 물체와 인터랙션 할 때, 사용자가 마치 실세계의 물체와 인터랙션을 하는 것과 같은 느낌을 생성하기 위해 사용자의 체성 감각계(somatosensory system)를 자극할 수 있는 모션 햅틱 피드백이 가능한 몰입형 카약 시뮬레이터를 제안한다. 이를 위하여 사용자에게 실제 카약을 탑승한 느낌을 전달해 주기 위한 모션 햅틱 플랫폼을 개발하고, 이를 통해 카약의 움직임에 따른 수면의 재질감을 현실감 있게 사용자에게 전달한다. 또한 사용자의 정확한 모션을 인식하고 이를 가상환경에 적용시킬 수 있는 모션인식 플랫폼을 개발하여 몰입도를 증가시킨다.

2. 카약 시뮬레이터의 구성

본 연구의 목적은 사용자가 시각, 모션&햅틱 피

E-mail address: jeong@koreatech.ac.kr

www.kci.go.kr

드백을 전달받아 가상의 환경과 몰입감있게 상호작용이 가능한 카약 시뮬레이터를 개발하는 것이다. <그림 1>은 본 연구에서 제안하는 카약 시스템의 구성도를 보여준다. 사용자는 실제 카약에 앉아서 노를 젓는 것과 같이 본 연구에서 제안한 플랫폼위에서 노를 저으면 사용자의 모션을 분석하여 카약의 속도와 방향을 제어할 수 있으며, 카약의 속도와 물살의 흐름에 따라 움직이는 카약의 관성 및 모션 피드백을 사용자에게 전달하여 사용자로 하여금 몰입감을 느낄 수 있게 한다.

본 연구에서 개발한 카약 시뮬레이터는 가상의 여러 물체들이 구현되어 있는 가상 환경부, 사용자가 카약을 조정하기 위한 모션 입력부, 가상환경에서 계산된 물결의 흐름이나 카약의 기울어진 상태, 속도 등의 정보를 이용하여 사용자가 카약을 타고 있는 것 같은 느낌을 생성하는 모션 생성 플랫폼으로 구성되었다 <그림 2>. 이를 통해 사용자는 카약을 조종할 때 받는 다양한 가속감 및 물결의 흐름 등을 체감할 수 있다. 또한 NIT를 통해 사용자가 패들을 움직이는 궤적을 인식하고자, 패들에 관성측정유닛(IMU : Inertial Measurement Unit)을 탑재하였다.

그림 1. 제안하는 시스템의 구성
Figure 1. The structure of the proposed system

가상환경부에서는 사용자가 패들을 움직인 궤적을 모션 입력부에서 전달받아 가상환경 내에 있는 가상의 카약의 위치와 속도를 계산하고 가상환경 내에서 카약의 움직임을 그래픽으로 표현한다. 또한 매 샘플링 시간마다 카약의 위치와 속도정보를 모션 생성 플랫폼으로 무선통신을 통하여 전달한다. 모션 생성 플랫폼부에 있는 마이크로프로세서는 카약의 위치와 속도 정보를 받아들여, 모션 생성 플랫폼 내에 있는 모터들을 이용하여 사용자를 전, 후, 좌, 우 로 이동 및 가감속하여 사용자가 마치 실제 물위에서 카약을 조종하는 것과 같은 느낌을 전달받아 몰입감 있게 카약을 조종할 수 있다. 또한 가상환경을 구축하기 위해, 우선 3D Max를 이용하여 가상의 물체를 고 품질로 모델링 하였으며 Unreal Development Kit (UDK)을 이용하여 모델들을 가상환경에 배치하고 렌더링하여 사용자에게 사실적인 시각정보를 전달해 줄 수 있도록 구현하였다.

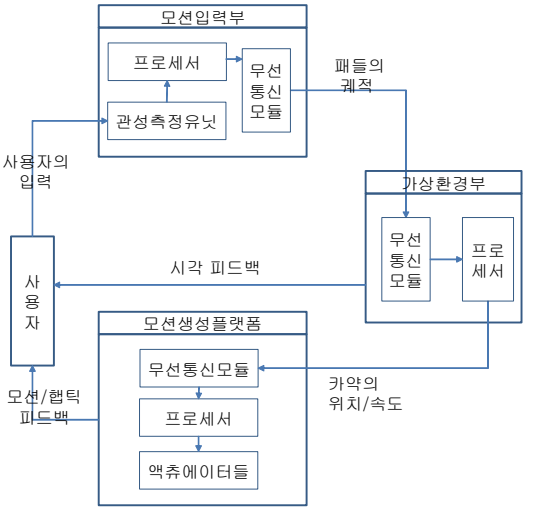


그림 2. 제안하는 시스템의 신호의 흐름
Figure 2. The signal flow of the proposed system

www.kci.go.kr

3. 모션 입력 및 피드백

3.1. 모션 입력부

본 연구에서는 카약의 움직임을 위한 입력 장치인 모션 입력부를 <그림 3> 과 같이 실제 패들에 관성 측정유닛(IMU : Inertia Measurement Unit)을 부착하여 개발하였다. 모션 입력부의 자세는 Z-Y-X 오일러 앵글을 이용하여 수식 1과 같이 계산하였다[11]. 우선 움직이는 지역 좌표계 (센서 축에 고정된 좌표계)는 먼저 z 축에 대하여 ψ 라디안만큼 회전하고, t 축을 기준으로 θ 만큼 회전하고, 최종적으로 x 축을 기준으로 하여 ϕ 라디안만큼 회전하였다고 가정하였다. 수식 (1)에서 Rx(ϕ)와 Ry(θ) 는 각각 x 축과 y 축으로 ϕ 와 θ 만큼 회전한 회전 행렬이며 Rz(ψ) 는 z 축으로 ψ 만큼 회전한 행렬을 나타내며 cψ 와 sψ 는 cos ψ 와 sin ψ 를 줄여서 표현한 것이다. 관성측정유닛에서 수식 1을 통해서 얻어진 패들의 궤적은 가상환경부로 전달되어 가시화 된다.

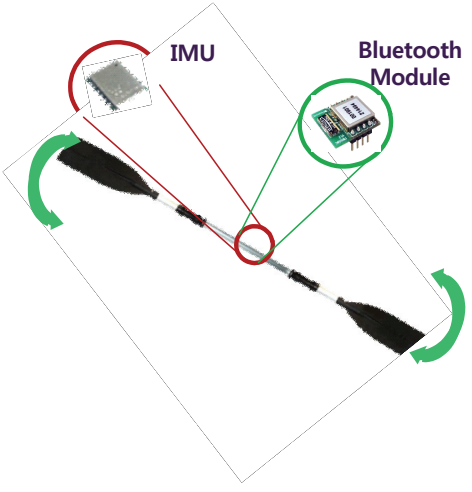


그림 3. 카약시뮬레이터를 위한 모션 입력부
Figure 3. Motion input module for the proposed kayak simulator

$$R = R_z(\psi)R_y(\theta)R_x(\phi)$$
$$= \begin{bmatrix} c\psi & -s\psi & 0 \\ s\psi & c\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c\theta & 0 & s\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -s\theta & 0 & c\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c\phi & -s\phi \\ 0 & s\phi & c\phi \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} c\psi c\theta & c\psi s\theta s\phi - s\psi c\phi & c\psi s\theta c\phi + s\psi s\phi \\ s\psi c\theta & s\psi s\theta s\phi + c\psi c\phi & s\psi s\theta c\phi - c\psi s\phi \\ -s\theta & -c\theta s\phi & c\theta c\phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.2 모션 생성 플랫폼

제안하는 모션 생성 플랫폼은 사용자가 가상환경에서 카약을 즐길 때 받는 다양한 형태의 운동감을 생성하기 위해 개발되었다. 이와 같은 다양한 형태의 운동감은 수면에 대하여 수직방향성분과 수평방향 성분으로 나눠진다. 이중에서 수직방향성분은 물결의 굴곡에 의해 나타나며 수평방향 성분은 카약의 진행방향으로의 속도 및 가속도등에 따라 영향을 받는다. 그러므로 본 연구에서는 이와 같은 수직방향/수평방향의 운동감을 생성하여 사용자에게 전달하여 그들이 카약의 움직임을 그대로 전달받을 수 있는 모션 생성 플랫폼을 구축하였다. 제안하는 카약의 모션 생성 플랫폼은 움직일 수 있는 범위(workspace) 보다는 속도 또는 가속도가 중요하며, 끝단에서 하중이 매우 중요하므로 직렬형 보다는 병렬형이 유리하다.

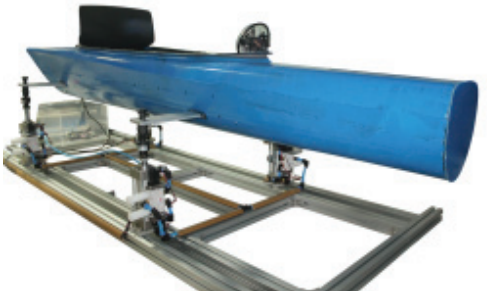


그림 4. 카약시뮬레이터를 위한 모션생성플랫폼
Figure 4. Motion creating platform for the proposed kayak simulator

www.kci.go.kr

본 연구에서는 제안하는 모션생성 플랫폼을 상판과 하판이 선형 액츄에이션 메카니즘을 통해 연결되어 있는 병렬 매니퓰레이터의 형태로 제작하였다. <그림 4>.

개발한 모션 생성 플랫폼은 선형 액츄에이션을 위한 실린더, 솔레노이드 밸브, 리드 스위치, 압력센서를 이용하여 구축되었다. 카약의 움직임을 정밀하게 표현하기 위해 본 연구에서는 실린더의 위치 뿐 아니라 실린더 액츄에이션의 속도까지 제어하였다.

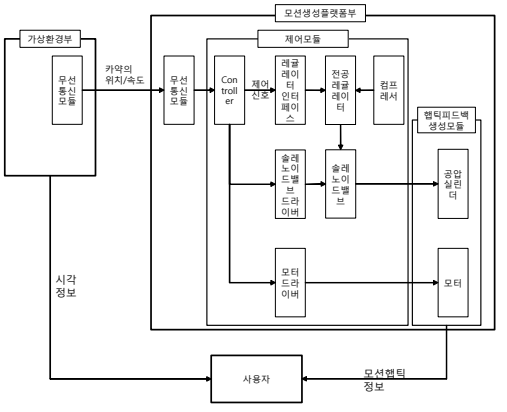


그림 5. 제안하는 모션생성플랫폼의 신호의 흐름
Figure 5. The signal flow of the proposed motion creating platform

<그림 5>는 제안하는 모션생성 플랫폼의 신호의 흐름을 보여준다. 우선 무선통신 모듈을 통해 가상공간상에서 카약의 절대위치와 속도, 그리고 물결의 상태(골의 깊이, 골의 넓이 등) 등의 데이터를 전달받으면, 제어모듈 내에 존재하는 제어기(controller)가 카약의 위치, 속도, 물결의 상태 등의 데이터에 따라 제어신호를 생성하여 레귤레이터 인터페이스/솔레노이드 밸브 드라이버를 통해 전공레귤레이터와 솔레노이드 밸브로 들어가 공압 실린더를 구동하여 사용자가 실제 물위에서 이동하는 카약의 느낌을 전달받게 된다. 또한 카약이 가상물체와 충돌 시 충돌정보가 가상환경부에서 계산되어 모션생성플랫폼으로 들어온다. 수신된 충돌정보를 바탕으로 모터를 구동하여 카약 플랫폼을 진동하게 하여 사용자가 카약이 물체와 충돌했다는 사실을 온몸으로 체감하게 한다.

3.3. 가상환경부

제안하는 시스템을 통해 가상공간에서 실제로 카약을 타는 것과 같은 느낌을 전달하기 위해 3D 그래픽 기술을 이용하여 가상환경부를 구축하였다.

이 환경에서 사용자는 패들을 이용하여 카약의 방향, 속도/가속도 등을 제어하면서 최종 목적지까지 이동한다. 본 연구에서는 Epic Game 사에서 개발한 통합형 그래픽 엔진인 언리얼 4를 이용하였으며 모션생성 플랫폼에 부착된 WIFI 와 소켓 통신을 수행하여 가상환경 내 충돌정보, 속도/가속도 정보를 모션생성 플랫폼에 전달하였다.

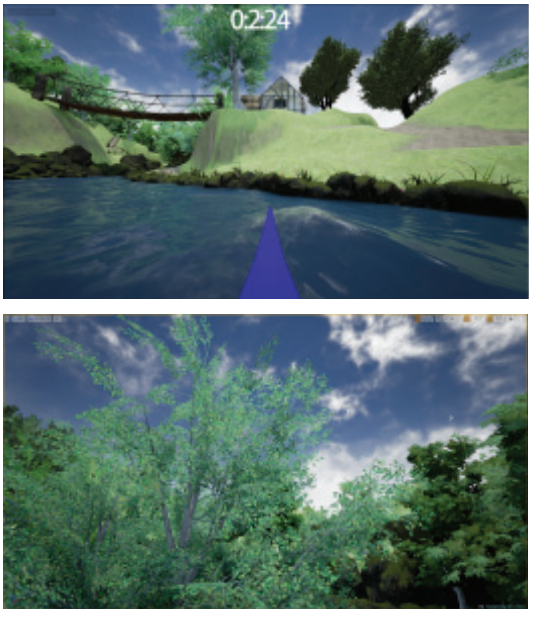


그림 6. 구성한 가상환경
Figure 6. Constructed virtual environment

www.kci.go.kr

<그림 6>은 다양한 물체를 모델링하고 렌더링하여 구축된 가상환경을 보여준다. 가상환경 내에 존재하는 거의 모든 가상 물체들은 3Dmax로 모델링한 후 텍스쳐를 입혀 완성하였으며 모션 블러를 구현하여 잔영효과를 사용자에게 제공하여 시각적으로 가속감을 표현하여 사용자에게 실제로 카약을 즐기는 환경을 그대로 모사하였다. 또한 언리얼 4에서 제공하는 수면 시뮬레이션 플러그인인 VaOcean을 이용하여 가상환경내의 물의 부력/물결 등을 구현하였다.

또한 SpeedTree 라는 툴을 이용하여 가상환경에서 바람에 의해 흔들리는 나무 등을 표현하는 등 가상환경을 시각적으로 표현하였다.

4. 결 론

가상현실 시스템에서 동적인 요소가 많은 경우 시각정보나 청각정보뿐 아니라 가상물체의 움직임을 그대로 모사하여 사용자에게 전달(모션-햅틱 피드백) 하여 현실감을 높이는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서 개발한 카약 시뮬레이터는 사용자가 실제로 카약을 조정하는 모션을 측정하기 위한 모션 입력부, 사용자가 카약을 조정할 때 발생하는 카약의 움직임을 생성하기 위한 모션생성 플랫폼, 그리고 높은 품질의 그래픽 기술을 이용하여 시각적으로 가상 물체를 표현한 가상환경부로 구성하였다. 특히 모션생성 플랫폼은 고속구동이 가능하며 사용자를 충분히 탑승할 수 있도록 충분한 하중을 감당할 수 있는 병렬 체인형으로 구축하여 카약의 모션을 실시간으로 생성하였다. 또한 가상환경부는 카약의 현재 위치, 속도 및 가속도 등을 실시간으로 계산하며 카약을 즐기는 환경을 모두 그래픽적으로 표현하여 사용자에게 현실감을 극대화 할 수 있도록 개발되었다.

References

[1] C. Shimizu, A. Shesh, and B. Chen, *Hardware accelerated motion blur generation*, Computer Science Department Technical Report, 2003.

[2] D. Van, P.G. Kry, and D.K. Pai, *Foley automatic:Physically-based sound effects for interactive simulation and animation*, SIGGRAPH, pp. 537-544, 2001.

[3] S.M. Oh, K. Son, K.B. Kim, and K.H. Kim, *Development of a rendering server for vehicle driving simulators*, KSAE Conference, pp. 1512-1516, 2002.

[4] J. H. Lee, C. J. Park, and I.H. Lee, *3D game control using gesture recognition,* Proceeding of HCI Korea 2006, pp. 1348-1356, 2006.

[5] J.M. Kim, H. Yeo, and H.S. Kim, *Development of HIL simulator with accelerator and brake pedal hybrid electric vehicle,* Proceeding of KASE Conference, pp. 1031-1036, 2003.

[6] C. Meredith, *Fishing rod and reel electronic game controller,* United State Patent : Patent Number : 5730, 655, 1998.

[7] H. Sugarman, and A.W. Eichler, *Use of the wii fit system for the treatment of balance problems in the elderly: A feasibility study,* Proceeding of International Conference on Virtual Rehabilitation, pp. 111-116, 2009.

[8] F. Solina, B. Batagelj, and S. Glamocanin, *Virtual skiing as an art installation,* Proceeding of International Symposium LEMAR-2008, pp. 507-510, 2008.

[9] F. Kistler, B. Endrass, I. Damian, C. T. Dang, and E. André, *Natural interaction with culturally adaptive virtual characters*, Journal

www.kci.go.kr

on Multimodal User Interfaces, Vol. 6, No. 1, pp. 39-47, 2012.

[10] M. Gong, F. Nilsson, A. Powell, J. Reisig, A. Wells, S. Bryson, E. Paap, and P. DiLorenzo, *Premo: a natural-interaction animation platform,* Proceeding of ACM SIGGRAPH 2014 Talks, pp. 3, 2014.

[11] M. Billinghurst, T. Piumsomboon, and H. Bai, *Hands in space: Gesture interaction with augmented-reality interfaces,* IEEE computer graphics and applications, pp. 77-80, 2014.

모션 햅틱 피드백이 적용된 카약 시뮬레이터의 설계 및 구현

서재용[1], 박원형[2], 윤인호[2], 최종민[2], 김상연[2], 정구철[3]

[1] *에스코어텍*

[2] *한국기술교육대학교 컴퓨터공학부, 인터랙션 연구실*

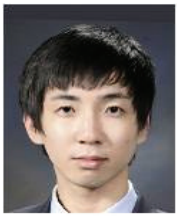
[3] *한국기술교육대학교 컴퓨터공학부*

요 약

가상 시뮬레이션 시스템을 구현하는데 가장 중요한 요소 중 하나는 사용자에게 가상환경의 상황을 모션 햅틱 신호를 이용하여 사용자에게 전달하는 것이다. 본 연구에서는 모션 햅틱 피드백을 통해 사용자가 가상의 카약을 자연스럽게 조작하고 몰입감 있게 제어할 수 있는 카약 시뮬레이터 시스템을 구현한다. 사용자가 실제 카약을 조종하는 것과 똑 같은 느낌을 제공하기 위해 카약시뮬레이터는 모션 입력부, 모션 생성부, 가상환경부의 3파트로 구성하였다. 모션 입력부는 사용자가 패들을 움직인 궤적을 관성측정유닛을 이용하여 측정하고 측정한 데이터를 카약 시뮬레이터의 제어 입력신호로 사용한다. 또한 가상환경부는 가상물체의 움직임과 아바타의 움직임 등을 스크린 위해 시각화한다. 모션 생성플랫폼은 사용자의 인터랙션에 따라 모션피드백정보를 생성하여 사용자에게 전달한다. 제안하는 카약 시뮬레이터는 사용자의 인터랙션 양과 물결에 따라 동적으로 카약의 모션을 모사 할 수 있다. 만일 개발된 모션생성플랫폼이 다른 가상 어플리케이션을 구축하는데 사용된다면 사용자는 더욱 자연스럽게 가상의 물체를 조작할 뿐 아니라 조작하는 동안 사실적이고 몰입감까지도 제공받을 수 있을 것이다.

Jae-Yong Seo received the bachelor's degree in the Department of Electronic Engineering from the ChungAng University in 1996. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Engineering from ChungAng University in 1998 and 2001, respectively. From 2000 to 2006, he was a guest professor in the School of Electrical, Electronics and Communication Engineering, at Korea University of Technology and Education. From 2007 to 2010, He was a research staff at MicorRobot Co., Ltd. In 2011, he was Director of research institute at RobotEver Co., Ltd. He is a CEO of ScoreTech since 2012. His current research interests include Robot Control and Soft Computing.

E-mail address: sjyong@scoretech.co.kr



Won-Hyeong Park received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Koreatech in 2011. He received the MS degree in the Department of Computer Engineering from Koreatech in 2013. Now he is on going researches the haptic rendering method and haptic actuator with chemistry materials.

E-mail address: ipo1001@koreatech.ac.kr

www.kci.go.kr

In-Ho Yun received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Koreatech in 2012. He is currently enrolled in master's and doctoral integration process since 2012. Now he is on going researches the magnetorheological fluid based miniature kinesthetic actuator and the haptic glove which can be generated multimodal sensation.

E-mail address: dogooly@koreatech.ac.kr

Jongmin Choi was granted the bachelor's degree in the computer science engineering from the Koreatech in 2014. He has been studying for M.S degree since 2014 in Koreatech. Now he is working on a stduy of tactile sensor based on polymer.

E-mail address: lvninety@koreatech.ac.kr

Sang-Youn Kim received the B.S. (1994) from Korea University, Korea and the M.S.E. (1996) and the Ph.D. (2004) in the department of mechanical engineering at Korea Advacned Institite of Science and Technology (KAIST). From 2004 to 2005, he was a researcher at Human Welfare Robot System Research Center, In 2005, he was a research staff at Samsung Advacned Institute of Technology. He is an associate professor of Computer Science and Engineering at Korea University of Technology and Education. His current research interests include Human-Computer Interaction, Virtual Reality, and Haptics.

E-mail address: sykim@koreatech.ac.kr

Goo-Cheol Jeong received the bachelor's degree in the Department of Electronic Engineering from the ChungAng University in 1979. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Electronic Engineering from ChungAng University in 1981 and 1988, respectively. From 1982 to 1984, he was a researcher at Kia Motor Research Institute. He was a professor in the Department of Electronic Engineering at Dongseoul College from 1988 to 1991. He has been a professor in the School of Computer Science and Engineering, at Korea University of Technology and Education since 1991. His current research interests include Web based courseware, Numerical analysis of Antenna etc.

E-mail address: jeong@koreatech.ac.kr

www.kci.go.kr