

논문 2010-4-12

햅틱기술을 이용한 피시봇 개발

Development of the Fishbot Using Haptic Technology

이영대*, 강정진**, 문찬우***

Young-Dae Lee*, Jeong-Jin Kang**, Chan-Woo Moon***

요약 본 연구에서는 가상낚시시스템(VFS, Virtual Fishing System)을 위해 제작된 햅틱장치인 FishBot을 개발한다. FishBot은 XY테이블에 휠축을 장착한 3자유도 로봇으로 구성된다. 물고기의 동작을 모사하기 위해 XY 축 제어는 토크값을 가변적으로 제한하는 모션 위치 제어 모드로 하고 휠 축은 힘제어 모드로 하였다. 낚시대는 실제 낚시대 LED를 장착하고 웹 카메라를 튜닝하여 낚시대의 위치를 인식할 수 있도록 하였다. 결과적으로 제작된 Fishbot은 물고기와 같이 위치와 속도를 변화하고 DAC를 통해 낚는 힘을 제어할 수 있으며 낚시대 끝단의 위치를 관측하여 가상현실시스템(Virtual Reality System)상에서 연동할 수 있게 하였다.

Abstract In this paper, a haptic fishing robot, Fishbot, for a Virtual Fishing System is presented. Fishbot is 3DOF robot and it consists of a XY table and a wheel motor. To simulate the motion of fish, XY table is controlled by position servo drivers with variable torque constraint, and wheel axis is controlled by torque servo driver. Finally, Fishibot detects the end point of fishing pole with cameras to recognize the pose of user, and it can interface with a Virtual Reality System.

Key Words : Virtual Fishing System, Haptic, Force control, XY table, Virtual reality

1. 서 론

스포츠 분야에서의 가상현실은 인간의 오감을 통해 다양한 정보를 전달함으로써 운동효과를 높이는데 활용된다. 특히 실제 스포츠 활동을 할 수 있는 환경이 갖추어 있지 않은 곳에서도 가상현실 스포츠는 실시할 수 있어, 스포츠 시설 설치를 위한 비용을 줄일 수 있고, 또 사용자를 각종 위험에서 보호할 수 있다. 이전에는 주로 영상정보위주의 가상현실 디스플레이가 사용되었으나, 근래에는 컴퓨터의 연산능력 향상과 로봇공학의 발전에 따라 힘과 진동을 전달하는 햅틱장치(haptic device)도 사

용된다. Kawamura는 와이어 구동장치를 이용한 가상 테니스 시스템을 제작하였고^[1], Zitzewitz는 사용자와 상호작용하는 트레드밀을 개발하였다^[2]. Sung 은 가상 농구 게임을 제안하였고^[3], Tetsuya 는 병렬 와이어 메커니즘을 이용한 가상 스포츠 트레이닝 장치를 개발하고 캐치볼에 응용 하였다^[4]. 또한 Kwon 등은 가상 자전거 시스템을 개발하였다^[5]. 가상낚시시스템(VFS, Virtual Fishing System)은 가상 스크린 골프와 같이 스포츠 엔터테인먼트를 위해 제작된 시스템이다. Hwang 등은 가상 보트 시스템을 포함한 가상 낚시 시스템을 제작하였으며^{[6][7]}, 또한 국내에서도 1 자유도를 갖는 가상 낚시 시스템이 개발된 바 있다. 본 연구에서는 사용자와 상호작용을 하는 3자유도 가상낚시 시스템을 위한 햅틱장치인 Fishbot을 개발한다. 시스템은 물고기 역할을 하는 Fishbot과 실제 낚시대로 이루어진다. 사용자는 낚시터

*중신회원, (사)인터넷방송통신기술원 연구소

**중신회원, 동서울대학 정보통신과

***정회원, 국민대학교 전자공학부 (교신저자)

접수일자 2010.5.6, 수정일자 2010.7.5

게재확정일자 2010.8.13

를 보여주는 VR(Virtual Reality)화면을 스크린을 통해 보면서 Fishbot이 전달하는 물고기를 낚는 힘을 실제로 느끼게 된다. 그림1은 이와 같은 가상현실을 이용한 가상 낚시 시스템에 대한 삽차원 개념도이다.



그림 1. 가상현실을 이용한 가상 낚시 시스템 개념도
Fig 1. Concept of Virtual Fishing System

II. Fishbot의 구성

1. 가상 낚시 시스템의 동작구성

그림 2는 전체 가상 낚시 시스템의 구성도로 VR 주 제어기, 영상 디스플레이, 그리고 물고기의 동작을 모사하는 햅틱장치인 Fishbot으로 이루어진다.

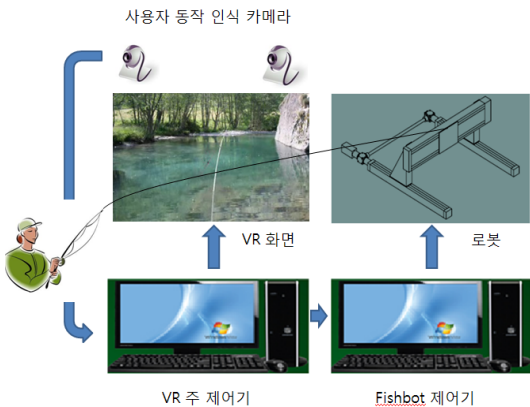


그림 2. 가상 낚시 시스템의 구성도
Fig 2. Structure of Virtual Fishing System

VR 주 제어기에서는 가상의 물고기를 표현하고, 물고기의 움직임을 생성하며, 확률분포에 따라 물고기의 물림(hooking)을 발생하게 된다. 물고기의 움직임이나 물

림 정보는 Fishbot으로 전달된다. 낚시대는 실제 낚시대를 사용하며 주변환경에 설치한 카메라가 낚시대 끝에 장착된 LED 신호를 검출하여, 낚시대 위치를 검출하며, 사용자의 동작에 연동하여 VR 제어가 동작하도록 한다. Fishbot에서는 VR 주 제어기로부터 전달받은 물고기의 움직임에 따라 동작하고, 물고기가 낚시를 물었을 때 당기는 힘을 발생시킨다. 또한 사용자의 움직임과도 연동하여 낚시를 처음 던졌을 때 릴을 감아주며, 게임시작과 더불어 초기위치로 귀환하는 역할을 한다.

2. Fishbot 제어기의 구성

Fishbot은 3자유도 로봇으로 물고기의 수평방향 움직임을 모사할 수 있는 X-Y 직교좌표 로봇과 수직방향의 움직임을 모사하는 휠 축으로 구성된다. X-Y 축으로는 모션제어를 사용하고, 휠 축은 낚시대와 낚시줄로 연결되어 있어, 토크제어를 사용하여 물고기의 힘을 사용자에게 전달하게 된다. Fishbot의 전체 구조는 그림 3과 같다. 제어기는 PC 베이스의 개방형 구조로 구성하며 모션 보드와 D/A 보드, 3축의 AC 서보드라이버로 구성된다.

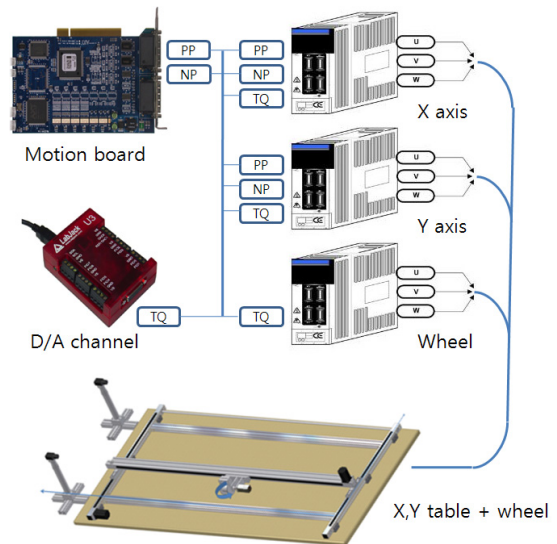


그림 3. 제어기 전체 구성
Fig 3. Structure of the whole control system

제어기에서 수행하는 제어 방법은 그림 4와 같다. XY 축의 물고기 힘을 표현하기 위해 XY방향의 토크는 가변적으로 제한한다.

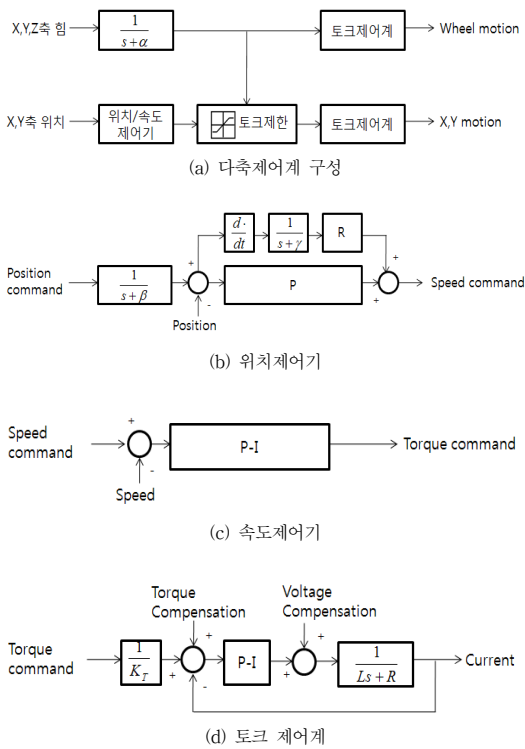


그림 4. 제어기 알고리즘
Fig 4. Control Algorithm

모션 보드는 X-Y축 움직임을 담당하며, 휠 축의 서보 동작개시와 동작상태 감시를 담당한다. 4축 위치 제어 모션 제어기는 최대 4축 펄스 출력형 로봇 모션 제어가 가능하며 PC 내장형 PCI Half Size 규격이고 직선/원호/연속 보간 구동 및 동기 구동 기능이 있다. 모터 드라이버는 3상 PMSM(영구자석동기모터)으로 3상 PWM 벡터 제어 방식의 위치 제어 (디지털 펄스 방식) 및 토크제어 (아날로그 입력방식) 선택 가능하고 단상 전원을 사용한다. 각 모터축의 토크 리밋 설정과 물고기 힘을 제어하는 DAC출력을 위해 USB 타입 DA/AD 모듈을 사용하였으며 아날로그 출력 채널, 아날로그 입력 채널 보유하고 물고기의 당기는 힘을 모사하는 정밀 토크 제어서 사용하고 아날로그 센서 입력이 가능하다. 그림 5는 FishBot 제어를 위한 VC++6.0으로 작성한 GUI로 Fishbot의 절대 위치와 상대위치 그리고 낚는 힘을 제어할 수 있도록 하였다. Motion 예제의 개략적인 Flow Chart는 그림6과 같이 라이브러리 오픈, 캐리어보드 초기화, 모듈 초기화 순으로 행하게 된다.

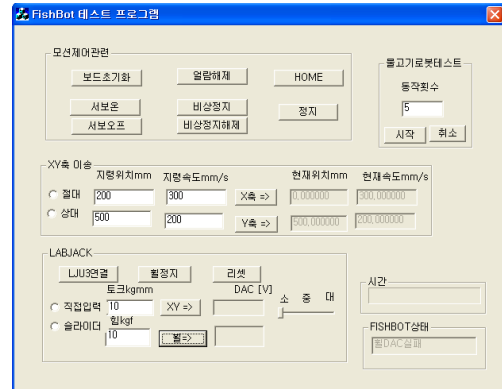


그림 5. Fishbot 제어를 위한 GUI
Fig 5. GUI for Fishbot control

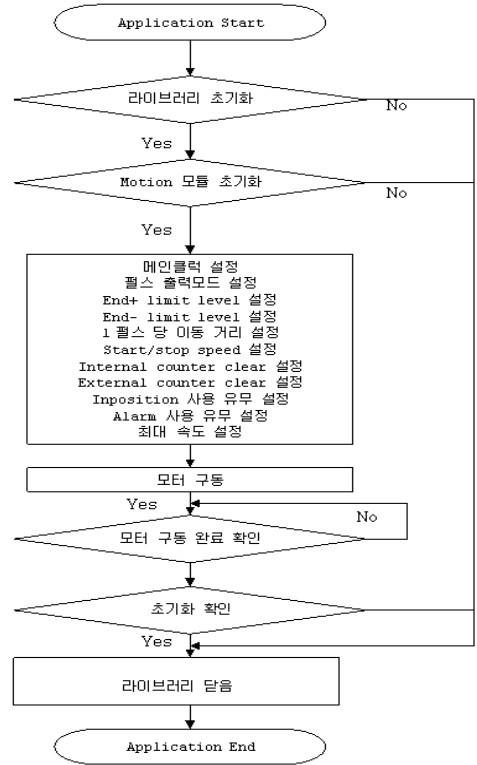


그림 6. Motion예제의 플로우차트
Fig 6. Flowchart of a motion control program

3. 기구부의 제작

그림 7은 Fishbot의 기구부의 구성도이다. 그림과 같이 AC 서보모터와 타이밍 벨트에 의해 구동되는 Fishbot 기구부는 XY 테이블과, Y축에 장착되는 휠모터

의 3자유도를 가지고 있으며 측면에 스테레오 카메라 장착부가 있다. 표 1과 같이 행정은 X축은 1000mm, Y축은 2000mm이며 최대 속도는 양축 모두 500mm/s로 설계되었다. 그리고 표현가능한 물고기의 최대힘은 5 Kgf로 설계되었으며 10비트의 분해능으로 조절가능하다. 휠 축은 토크제어를 하지만, 안전을 위해서 최대 속도를 500RPM으로 제한하였다.



그림 7. Fishbot 기구부
Fig 7. Fishbot apparatus

표 1. 기구부 사양
Table 1. Specification of the Fishbot

항목	사양
Stroke	X 축 : 1000mm, Y 축 : 2000mm
Speed	X 축, Y 축 : 500mm/s Max
Wheel force	5 Kgf

4. 사용자 자세인식 카메라

낚시대 끝을 검출하기 위해 제작된 스테레오 카메라는 웹캠 두 대와 케이스로 이루어진다. 카메라 사이의 간격은 20mm이며 웹캠 카메라는 마이크로소프트의 Vx3000을 선정하였고 IR 적외선 센싱을 위해 가시광선 차단 필터를 제거하고 적외선 통과 필터를 장착한다. 낚시대 좌표 정보 검출은 다음과 이루어진다^[8].

- 카메라 이미지 평면 위에서 특징점의 2차원 위치 좌표를 획득하기 위한 특징점 추출 알고리즘은 디지털 영상 처리 기술인 문턱치(thresholding) 기법을 사용
- 구성된 트래커 시스템에 적용하기 위하여 특징점 추출 알고리즘과 3차원 움직임 추정 알고리즘을 설계

제작된 스테레오 카메라는 그림 8과 같고 프로그램의 실행결과는 그림 9와 같다. 영상 정보처리하는 공개용 화상 처리 프로그램인 OpenCV의 cvcam 라이브러리를 사용하였으며 Visual C++6.0에서 테스트 하였다. 그림 9에서 낚시대 끝에 부착한 LED가 두 카메라에 점으로 인식되는 것이 나타난다.



그림 8. 제작된 낚시대 검출용 카메라
Fig 8. The implemented camera for fish pole detection

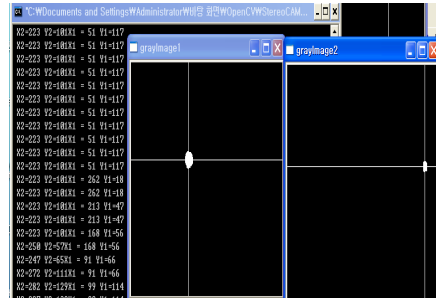


그림 9. 인식 프로그램 수행 화면
Fig 9. Screen capture of the recognition program

III. 실험

물고기의 동작을 모사하기 위해 물고기의 움직임을 직선운동, 회전운동으로 구분하고, 일반적인 동작은 이 동작 들의 불규칙 조합으로 정의하였다. 그림 10은 각각 직선운동과 회전 운동을 나타낸다.

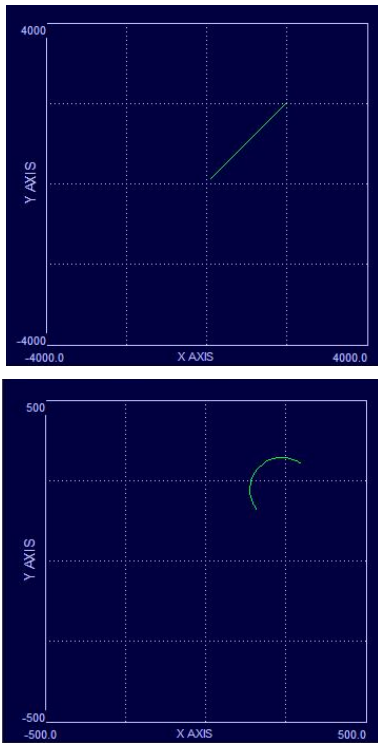


그림 10. Fishbot의 직선 및 회전운동
Fig 10. Circular and linear motion of Fishbot

IV. 결론

이 논문에서는 엔터테인먼트를 위한 가상 낚시시스템과 연동하여 물고기의 움직임을 모사할 수 있는 햅틱 장치인 Fishbot 시스템을 제작 하였다. Fishbot은 3축으로 구성 되어 있으며 위치, 속도 및 낚는 힘을 제어할 수 있도록 되어 있다.

XY축은 위치제어와 토크제한을 사용하여 물고기의 움직임과 힘을 표현하며, 휠축은 물고기가 미끼를 당기는 힘을 표현하도록 한다. 동작은 PC에서 프로그램이 가능하다. 낚시대 위치 검출을 위한 스테레오 카메라도 장착되어 있다. 제작된 낚시 시스템으로 도심에서 Fishing 엔터테인먼트 레저를 즐기면서 환경을 보호하는 데 기여할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Sadao Kawamura, Mizuto Ida,, Takahiro tV.a.da. and Jing-Long Wu, "Development of A Virtual Sports Machine using A Wire Drive System - A Trial of Virtual Tennis "
- [2] Joachim von Zitzewitz, Michael Bernhardt, and Robert Riener, "A Novel Method for Automatic Treadmill Speed Adaptation", IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, VOL. 15, NO. 3, pp.401-409, SEPTEMBER 2007
- [3] Mee Young Sung, Yonghee Yoo, Kyungkoo Jun, Nam-Joong Kim and Jinseok Chae, "Experiments for a Collaborative Haptic Virtual Reality", Proceedings of the 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence -Workshops (ICAT'06)
- [4] Tetsuya Morizono, Kazuhiro Kurahashi and Sadao Kawamura, "Realization of a Virtual Sports Training System with Parallel Wire Mechanism", Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Robotics and Automation Albuquerque, New Mexico - April 1997, pp3025-3030
- [5] Dong-Soo Kwon, Gi-Hun Yang, Youngjin Park, Sunmin Kim, Chong-Won Lee, Jae-Cheol Shin, Soonhung Han, Jonghwan Lee, Kwangyun Wohn, Sehoon Kim, Doo Yong Lee, Kyungno Lee, Jae-Heon Yang, Yun-Mook Choi, "KAIST Interactive Bicycle Racing Simulator: The 2nd Version with Advanced Features", Proceedings of the 2002 iEEURSI Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems EPFL, Lausanne. Switzerland pp 2961-2966 October 2002
- [6] Chih-Kai Huang, Ming-Shyan Wang, Jing Lee, Kun-Da Su, Chia-Ming Chang, "Implementation of a Virtual Fishing System", Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Control Applications Taipei, Taiwan, September 2-4,pp509-514, 2004

- [7] Ming-Shyan Wang, Jing Lee, and Chih-Kai Huang, "DSP-Based Controller Design of An XY-Table and its Application to Virtual Fishing System", Asian J. of Control, Vo.9. No.3, pp.232-241, September 2007
- [8] 홍석기, 박찬국, "두 대의 적외선 카메라를 이용한 헤드 트랙커 시스템", 항공우주학회지, 34권 5호, pp81-87, 2006

※ 이 논문 또는 저서는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2008-1-D00192)

저자 소개

이 영 대(중신회원)

- 제 9권 1호 참조
 - 현 (사)인터넷방송통신기술원 연구소
- <주관심분야 : 임베디드 시스템, 로보틱스, 이동통신 전력 제어 등>

강 정 진(중신회원)

- 제 10권 1호 참조
 - 현 동서울대학 정보통신과 교수
- <주관심분야 : RFID/USN 기술, 디지털무선 이동통신 등>

문 찬 우(정회원)

- 제 9권 5호 참조
 - 현 국민대학교 전자공학부 교수
- <주관심분야 : RFID/USN 기술, 이동로봇 등>