

1축 운동의자를 이용한 가상현실 시뮬레이터에서 그래픽과 운동의 통합*

이종환^o 한순홍

한국과학기술원 기계공학과

paper@icad.kaist.ac.kr, shhan@kaist.ac.kr

Tight Integration of Graphics and Motion in a VR Simulator with a 1-DoF Motion-Chair

Jonghwan Lee^o Soonhung Han

Dept. of Mechanical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

1자유도 회전운동(Rolling-Motion)을 재현할 수 있는 운동의자와 실시간 3차원 가상현실 기반의 시뮬레이터를 개발하여 그래픽과 운동의 통합을 연구하였다. 영상은 실시간 3차원 가상환경을 재생하며, 운동의자는 여기에 동기한다. 영상의 가시화는 Head-Mounted Display와 3자유도 트래커(Tracker)를 이용해 이루어지며, 조이스틱(Joystick)을 이용해 가상환경 내에서 네비게이션한다. 1자유도 운동의자를 통해 탑승자는 항공기 동역학 모델에 기반한 정면 회전(Roll) 운동을 체감할 수 있으며, 제한된 공간 내에서 체감을 최대화하기 위해 워시아웃 필터(Washout Filter)가 응용되었다. 제작된 시뮬레이터는 일반 아케이드 시뮬레이터 게임의 프로토타입을 제공하며, 탑승감 연구 등에 쓰일 수 있다.

1. 서 론

운동감을 동반한 3차원 가상현실 기술은 실제 비행기나 자동차 등의 탈 것들에 대한 현실감을 그대로 재현하기 위한 시뮬레이터 관련 기술로써 발전되어 왔다. 항공기 모의비행 훈련장치를 효시로 시작된 시뮬레이터 기술은 군사용 시뮬레이터를 중심으로 발전되어 오다가, 최근에는 민간 산업용 시뮬레이터에 그 기술이 전파되어 다양한 용도에 그 기술이 적용되고 있다[1]. 이런 시뮬레이터 기술은 일반 오락실용 아케이드 게임에도 응용되고 있지만, 기존 대형/고가의 시뮬레이터 장비와 기술을 그대로 오락실용 아케이드 게임에 적용시키기에는 경제성과 운용성 면에서 무리가 있다. 기존 시뮬레이터에서 쓰이는 다(多) 자유도 운동판의 경우에는 그 가격이 고가이며, 그래픽 시각화와 모션 제어 역시 고가의 워크스테이션급 컴퓨터에서 이루어진다. 운동감을 동반하는 국내 시뮬레이터 게임은 현재 일부 업체에서 상용화 되었지만, 몰입감이 부족하고 고가이며 운용성이 떨어지는 것이 사실이다[2]. 좀더 단순하지만 운용성이 좋고, 사용자의 몰입감이 강하며, 운동과 영상의 연동이 우수한 아케이드 시뮬레이터 게임장비가 필요하다.

2. 관련 연구

실제 시뮬레이터 기술은 기계, 전자, 전산, 인간공학과 같은 여러 분야의 기술이 집약된 기술로 많은 전문 인력과 장비가 투입되어 연구가 진행되고 있다[1]. 주로 운동판과 관련된 구동기의 제어에 관한 연구와 실시간 영상 생성과 관련된 연구가 주된 주제이다. 여기에 시뮬레이터의 특성상 인간과의 상호작용이 필수적이기 때문에 인간공학적 요소도 같이 연구되고 있으며, 이러한 요소가 시뮬레이터의 설계나 시스템 통합에 반영할 수 있도록 하는 연구도 진행되고 있다. 하지만, 여러 분야의 고급기술이 필요한 까닭에 아케이드 게임과 같은 소형의 시뮬레이터에 그 기술이 직접적으로 응용되기 힘든 면이 있다. 연구국내에서 개발된 주요사례로는 H정공의 전차 시뮬레이터, S중공업의 자주포 시뮬레이터와 같은 군사용 시뮬레이터와 항공우주연구소의 창공-91 항공기 시뮬레이터, 부산대학교의 중장비 시뮬레이터, 단국대학교의 자동차 시뮬레이터, 한국과학기술원의 자전거 시뮬레이터 등의 민간 연구소, 대학에서 연구된 사례가 있다. 그러나, 본 연구의 목적이 되는 게임분야의 시뮬레이터는 본격적으로 연구된 사례를 찾아보기 힘들다. 일부 운동판 제작 업체를 중심으로 개발된 예가 있으며, 대형 운동판 중심으로 개발이 이루어졌기 때문에, 고가이며, 영상과의 통합은 전문 기술 미비로 잘 이루어져 있지 않다[2].

* 본 연구는 한국과학재단 가상현실연구센터의 지원으로 수행하였습니다.

3. 시뮬레이터 시스템의 요소

3.1 1자유도 운동의자

저가이고 간단한 구조의 소형 운동의자를 설계하기 위해 동력장치의 회전운동을 여타의 특별한 기구가 필요 없이 직접 의자로 전달하여 회전운동(Roll-Motion)을 직접 재현하였다. 회전을 위한 동력으로는 AC 서보모터를 사용하였는데, 이 전기모터는 공압이나 유압에 비해 소음이 적고 유지보수가 편하며, 모션제어도 용이하다. 모터의 용량은 요구하는 운동조건과 사용자의 무게를 포함한 운동의자 전체의 inertia를 고려해 결정되었으며, 그 형태나 크기는 회전 조건과 표준 인체 치수에 기반 하여 설계되었다. [그림 1]은 제작된 운동의자이다.

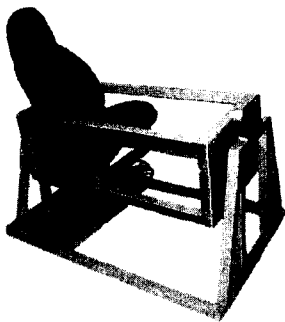


그림 1. 제작된 운동의자의 외형

운동의자의 제어는 PC에 부착된 다기능 머신 컨트롤 카드를 통해 이루어진다. 최종 어플리케이션에서 요구하는 운동은 전용 API를 통해 AC 서보모터에 명령이 전달되고, 또한 어플리케이션에서 필요한 운동의자의 운동량 역시 이런 흐름을 통해 다시 피드백(feedback)된다.

3.2 실시간 3차원 영상

실시간 3차원 그래픽을 구현하기 위해 상용 툴인 MutiGen-Paradigm사의 Vega™이 사용되었다. Vega™는 물체(object)의 추가, 장면(scene)의 구성, 그래픽 상태의 변경, 윈도우와 채널의 세팅, 모션 선택, 비행 경로의 작성, 광원 등의 시뮬레이션에 기본적으로 필요한 요소들을 비교적 쉽게 구성할 수 있도록 지원한다. 사용되어진 3차원 가상세계의 DB는 KAIST 캠퍼스 모델과 전용 테스트 모델이다. [그림 2]는 캠퍼스 모델을 실시간 시각화한 그림이다. 이 영상은 Head-Mounted Display (이하 HMD)를 통해 이루어지며, HMD위에 회전을 감지해 각도를 출력할 수 있는 3자유도 트래커(Tracker)를 부착함으로써 사용자 머리의 회전을 영상의 출력에 동기화 시킨다.

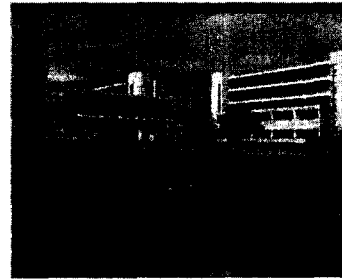


그림 2. KAIST 캠퍼스 모델의 실시간 시각화

3.3 동역학 모델

가상세계를 항해하기 위한 입력장치의 출력 값은 동역학 시뮬레이션을 거쳐서 가상세계내의 사용자(아바타)의 운동을 결정한다. 즉, 동역학 시뮬레이션의 결과값이 운동의자의 회전과 영상의 최종 출력을 결정한다. 동역학 모델은 일반 항공기 동역학을 바탕으로 모델링 되었다.

4. 시스템 통합

연구에 쓰인 시스템은 입력 장치로 탑승자의 시야를 결정하기 위한 트래커(Tracker), 비행 경로를 입력하기 위한 조이스틱, 의자의 회전각도를 측정하기 위한 엔코더를 쓰고 있으며, 출력 장치로 탑승자에 장면(Scene)을 보여주는 HMD, 의자를 회전시키는 AC 서보모터가 있다. 이 모든 것은 PC에서 통합 관리를 하게 되며, 비주얼 시뮬레이션과 동역학 시뮬레이션을 중심으로 주변 장치가 컨트롤되어진다. [그림 3]은 이 흐름을 간단하게 나타낸 것이다.

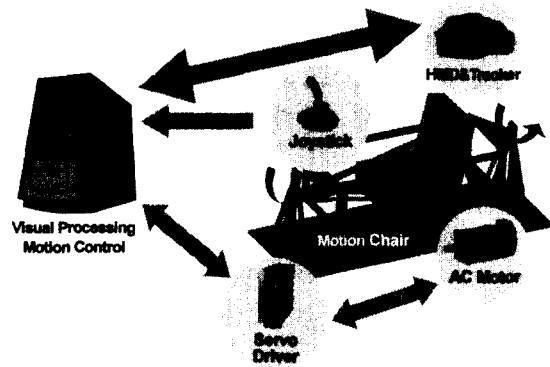


그림 3. 시뮬레이터 시스템의 전체적 구조

4.1 운동의 재생

조이스틱에서 나오는 입력은 평면상의 2축 신호와 4개의 on/off 버튼 신호이다. 이 중 2개의 버튼 신호가 아바타의 속도를 증감시키는 역할(Throttle)을 하고, 평면상의 2축 신호는 좌우 회전량(Roll)과 상하 회전량

(Pitch)을 결정한다. 조이스틱 입력이 동역학 시뮬레이션을 거쳐 나오는 값들은 아바타의 평면상의 좌표(x, y, z)와 공간상의 회전량(h, p, r)이며, 이 값들은 비주얼 시뮬레이션에 직접 입력되어 3차원 가상 공간상에서 아바타의 위치와 각도를 결정하는 역할을 한다. 아바타의 정면 축에 대한 좌우 회전값(r)은 운동의자의 운동에 관계하게 되는데, 단순히 결과값을 모터에 전달하지 않고, 워시아웃 필터(Washout Filter)를 통해 다시 한번 가공된다. 워시아웃 필터는 시뮬레이터의 특성상 3차원 공간을 자유롭게 운동하는 실제 탈 것들의 운동을 운동판의 제한된 선형운동과 회전운동으로 재현해 주기 위해 쓰이는 여과 장치이다. 일반적으로 회전운동에는 1차 하이패스 필터(High Pass Filter)를 사용하는 것이 좋은 운동 느낌을 전달해주는 것으로 알려져 있다[3]. 1차 하이패스 필터로 이루어진 간단한 워시아웃 필터를 적용함으로써, 운동의자는 동역학 모델의 속도의 가감, 즉 가속도가 있을 경우에만 회전을 하게 되며, 가속도가 없을 경우 Cutoff 주파수의 값에 따라 서서히 원위치로 되돌아오게 된다. 이로써 탑승자는 가속이 생길 때만 운동의자의 제한된 회전 영역 안에서 운동감을 강하게 받게 된다. 최종 어플리케이션은 워시아웃 필터를 거쳐서 나온 값을 운동의자의 현재의 회전각과 비교 한 후, 한계 회전 영역 안에서 그 차이를 보상하도록 머신 컨트롤 보드를 통해 일정 전압값을 서보 드라이버로 전달해 지령한 방향과 속도로 모터를 구동시킨다. 운동의자의 회전각 측정 은 별도로 부착된 엔코더를 통해서 이루어지며, PC에 부착된 머신 컨트롤 보드를 통해 카운트된다. 이러한 과정은 시뮬레이터가 구동되는 동안 실시간으로 반복된다.

4.2 영상의 재생

HMD를 이용함으로써 주위의 실사가 완전히 차단되므로, 동역학 시뮬레이션 된 후의 아바타 위치에서 탑승자 머리의 회전을 측정한 트랙터 입력값들은 직접적으로 시야를 결정하게 된다. 트랙터의 입력 값이 지연되거나 떨림이 생기는 경우, 또 초기의 방위값(Orientation)이 잘못 입력되어 이 후의 입력 값에 가감이 생기는 경우와 같이 입력 값들의 왜곡이 생겼을 때, 탑승자는 심한 멀미증상을 일으키게 된다. 따라서, 트랙터의 입력을 정확히 탑승자 머리의 회전에 동기화 시키는 것이 중요한데, 본 연구에서는 왜곡을 없애기 어플리케이션이 시작하고 나서 시각화 시뮬레이션에 들어가기 직전에 트랙터를 초기화하도록 함으로써 탑승자의 머리 움직임이 초기 orientation에 줄 수 있는 영향을 최대한 줄였으며, 시각화 시뮬레이션 중 센서가 민감하게 반응을 하거나, 운동의자의 진동으로 탑승자의 시야가 떨리는 것을 방지하기 위해 입력값에 허용오차(tolerance)를 주었다. 위와 같은 입력값과 출력값의 처리는 시뮬레이터의 초기화에 쓰이는 입력이외에는 모두 실시간 반복을 거쳐 일어난다.

시스템의 소프트웨어적인 구조는 [그림 4]와 같으며, 모든 데이터의 처리작업은 단일 PC에서 이루어진다.

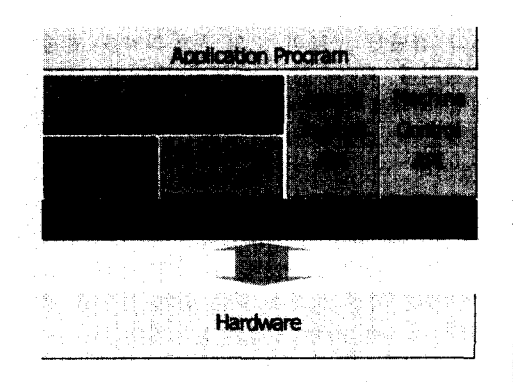


그림 4. 시스템의 소프트웨어적인 구조

5. 결론 및 향후 연구 과제

시각과 운동이 결합된 1 자유도 시뮬레이터를 개발하였다. 이 시뮬레이터는 몰입감을 더하기 위해 HMD를 통해 시각화하고, HMD에 트랙터(Tracker)를 부착함으로써 탑승자 머리의 회전 운동을 측정해 탑승자의 시야를 결정하며, 조이스틱을 통해 가상세계를 항해하게 된다. 이러한 시각 시뮬레이션 및 운동 시뮬레이션은 동역학 모델에 기반하며, 탑승자는 운동의자를 통해 정면방향에 대한 회전운동을 경험 할 수 있다. 특히, 본 시뮬레이터의 탑승자는 HMD로 인한 강한 몰입감과 함께 탑승자의 배부분을 중심으로 회전을 해 강력한 운동감을 경험 할 수 있었다. 본 연구는 게임용 시뮬레이터를 개발하는 사업자나 연구자에게 하나의 연구모델을 제공하며, 1 축 운동으로 만들어지는 탑승감 효과와 HMD와 트랙터를 적용한 시각 시뮬레이터가 가지는 특성을 발견할 수 있었다. 개발된 시뮬레이터는 향후 1 자유도 운동과 시각 사이의 상호관계 규명이나, HMD와 Tracker를 이용한 시각화의 보완 연구를 위한 실험 도구로 쓰일 수 있다.

6. 참고문헌

[1] 윤석중, "시뮬레이션 기술과 산업의 최신 동향", '97 전자전/모의훈련체계 세미나 및 전시회 자료집, pp.6~19, 1997년 10월
 [2] 오중근, 외 다수, "한국게임산업 현황과 전망", 사단법인 한국첨단게임산업협회, 1999년 2월
 [3] M. A. Nahon, L. D. Reid, "Simulator Motion-Driver Algorithms: A Designer's Perspective", J. Guidance, Vol. 13, No. 2, pp.356~362, 1989