감성 워시아웃 필터를 적용한 Gimbal형 롤러코스터 게임용 모션 시뮬레이터 개발

오중석^* · 안재준* · 윤석준** · 신영기** · 남양희***

Development of a Roller-Coaster Motion Simulator Based on Human-Ergonomics Type Washout Filter

Jung-seok Oh^*, Jae-Joon Ahn*, Sug-joon Yoon**, Young-gi Shin**, Yang-hee Nam***

요 약

현재 게임시장에서는 사용자가 직접 게임을 체험하는 체감형 게임기가 활발히 개발되고 있다. 대다수의 제품들은 운동을 재현하기 위하여 6개의 축으로 이루어진 Stewart 형의 모션 플랫폼을 사용하고 있다. 본 연구개발에서 시도되고 있는 게임기는 모션이 가미된 콘솔형 아케이드 시뮬레이션 게임기에 해당되는데, 인간의 감성인자중 운동감성에 바탕을 둔 운동 재현을 고려하여 워시아웃(Washout) 알고리즘을 적용하였고, 일반적으로 6개의 축으로 구현하는 운동 자유도를 짐발(Gimbal)형으로 재현하고자 하였다. 또한 실시간 스케쥴러와 H/W 입출력 및 통신 드라이버에 대한 개발을 수행하였으며, 게임용 실시간 시뮬레이션에 적합한 정확도와 실시간성을 유지하도록 롤러코스터 상에서 이루어지는 차량운동이 모델링 되었다. 특히, 연구사례를 찾기 어려운 짐발형 운동판에 대한 워시아웃 필터를 시뮬레이터 탑승자의 감성공학적 특성을 반영할 수 있도록 설계하였다.

Key Word : Roller-coaster, Washout algorithm,

1. 서론

다양한 형태의 컴퓨터 게임기들은 거의 예외없이 단지 게임 개발자들이나 일부 전문 게이머들의 경험에 의존하여 사용자의 감성적 특성을 반영하고 있을 뿐이다. 예를 들어, 게임 사용자들이 흥미있어 할 것 같은 구성과 방식으로 게임을 개발한다는 것이다. 하지만, 어떠한 감성요소가 조합되어야 재미있는 게임이 될 것인지는 논리적으로 또는 통계적으로 이해되지 못하고 있고, 그 분석 결과가 게임 개발에 반영되고 있지 못하다.

* 세종대학교 대학원 항공우주공학과
** 세종대학교 공과대학 기계항공우주공학부
*** 세종대학교 전자정보공학대학 컴퓨터공학과

본 연구개발에서 시도되고 있는 게임기는 모션이 가미된 콘솔형 아케이드 시뮬레이션 게임기에 해당되고, 게임 내용은 놀이 공원에서 가장 인기있는 놀이기구 중 하나인 롤러코스터(roller coaster)의 운행환경을 시뮬레이션 하는 것이다. 여기에 동적 환경제시 및 측정시스템기술개발[1]을 통하여 개발된 감성공학 DB와 제시기술을 적용함으로써 게임의 흥미를 극대화하고자 한다.

2. 개발현황

본 연구에서 개발되고 있는 롤러코스터 시뮬레이터의 전체적인 개념은 그림 1과 같다. 개발현황은 주요요소별로 다음과 같다.

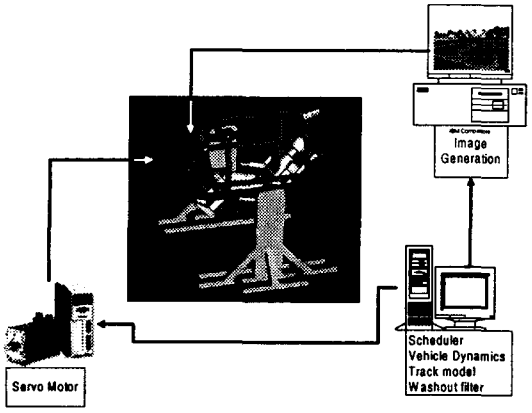

그림 1 롤러코스터 시제품 개념도

실시간 스케쥴러 설계

실시간 시스템이란 계산의 정확성이 논리적 정확성 뿐 아니라 결과가 생산되는 시간에도 의존하는 시스템이다. 당 연구개발에서도 시스템 구성 H/W 및 S/W의 용량, 컴퓨터 및 통신 계통의 처리용량 등을 분석하여 시뮬레이션의 실시간성을 극대화 할 수 있도록 설계하였다. C 언어를 기반으로 하여 실시간 프로세스 스케쥴러의 개념 및 예비 설계과정을 거쳤으며, 이러한 방법으로 롤러코스터 시뮬레이터를 구성하는 H/W 모듈들과 S/W 모듈들의 프로세스들을 연동시켜 실시간으로 처리하게 하였다.

스케쥴러는 차량 동운동 모델의 연산결과로 출력되는 절대좌표계에 대한 차량의 위치 및 자세값은 비쥬얼 모드로, 자세 및 속도값은 위시아웃 필터 모듈로 입력된 다음 그 처리 결과가 시리얼 통신으로 모션 플랫폼 서보로 전달되는 흐름을 주관한다. 이러한 실시간 스케쥴러는 QNX[8]를 활용하여 1차로 설계하였고 일반 상용 PC의 Window NT/98 환경에 적합하게 기 설계된 스케쥴러를 변환하였다.

동운동 모델링 및 프로그래밍

모션 시스템에서 모든 신호를 추출하는 근원은 동운동의 수학적 모델이다. 본 연구에서는 뉴우튼의 동력학 원리를 적용하여 롤러코스터 차량의 6자유도 동운동을 엄밀하게 모델링하였다. 모델링하는 방법으로는 차후 게이머가 스스로 트랙을 설계할 수 있도록 하기 위해 롤러코스터를 구성하는 단위트랙들의 형상을 비쥬얼 모델 설계와 병행하였고, 흥미를 최대화 할 수 있도록 역학적으로 합당하게 설계하였다. 설계 방법상으로 차량이 트랙에서 이탈되지 않는다는 가정하에 진행 방향의 1자유도 운동을 기구학적으로 모델링하였다. 롤러코스터의 동운동 모델링을 위해 롤러코스터의 전체 트랙을 단위 트랙들의 조합으로 설계하였고, 차량 동운동의 보다 엄밀한 연산을 위하여 다시 단위 트랙들은 직선형의 하위 단위 트랙의 결합으로 모델링하였다. 이러한 방법에 의해 모델링된 결과의 유효성을 검증하기 위해 2가지 이상의 모델링 기법들을 사용하여 비교 검토하였다.

모델링 시 차량에 가해지는 중력은 절대좌표계에서 단위 트랙에 고정된 트랙 좌표계로 변환되어 트랙의 마찰과 결합되어 직선운동의 가속도 연산에 사용하였고 전진 방향의 병진운동 가속도는 다시 절대 좌표계로 변환한 후 수치적분을 거쳐 병진 운동 속도와 위치를 산출하게 된다. 이렇게 모델링 되어 나온 결과 값들은 매 시간마다의 차량의 절대 위치값과 기구학적으로 처리된 자세 정보들로 비쥬얼 및 모션 플랫폼으로 전송하게 된다. 동운동 모델링 S/W는 검증된 Simulink 모듈을 S function으로 변환한후 최종 C 언어로 작성하였다.

워시아웃 필터 설계

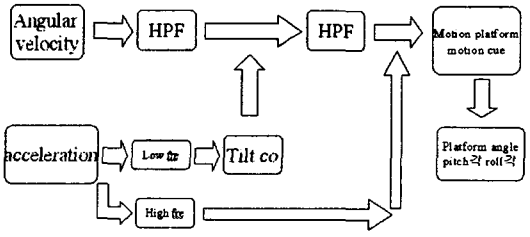

그림 2 워시아웃 알고리즘

워시아웃 필터(Washout filter)를 설계하기 전에 우선 운동방정식에 대한 해석과 그 알고리즘

에 대한 연구를 선행하였다[4].

워시아웃 알고리즘의 경우는 시뮬레이터 탑승자에게 현장감 있는 운동감을 제공하기 위해 인간감성공학에 기반을 둔 여러 종류의 워시아웃 알고리즘들이 개발되어 왔다[5][6]. 본 연구 개발에서는 다른 알고리즘에 비해 적은 설계인자를 필요로하는 고전적(Classical) 워시아웃 알고리즘을 적용하였다[7].

운동시스템의 설계에 기본이 될 워시아웃 회로의 물리적인 개념은[2] 다음과 같다.

1) 인체는 외부운동에 대해 가속도와 각속도의 차원으로 운동성을 인지하며, 인지영역은 병진운동과 회전운동이 다르다.
2) 운동시스템의 운동 재현은 운동시스템의 구조적인 한계 때문에 적절한 조종이 필요하다. 따라서 병진운동의 저주파운동을 경사조종방법을 이용하여 파생가속도로 전환한다.
3) 병진운동의 저주파운동을 재현하기 위한 경사조종방법은 회전운동을 야기시키므로 이 회전운동을 인지하지 못하는 영역에서만 경사조종방법을 사용하게 된다. 이는 필터의 전단주파수의 적절한 범위를 설정하는 기본이 된다.
4) 회전운동의 워시아웃 회로용 필터는 회전각속도에 대한 운동판의 경사각 유지를 위한 필터로 사용한다.

본 연구 개발에서 설계한 워시아웃 알고리즘은 짐볼형식의 운동시스템을 기본으로 하고 있다. 또한 모사하고자 하는 대상이 롤러코스터이므로 다음과 같은 전제를 할 수 있다.

1) 차량이 레일에 구속되어 있고 롤러코스터는 레일을 따라 움직인다.
2) 워시아웃 알고리즘에서 출력값(output)을 피치(pitch)각과 롤(roll)각만으로 계산하여 운동시스템을 구동시킨다.
3) 롤러코스터에서 스릴을 느끼는 부분은 크게 급작 낙하와 급격한 턴 그리고 루프(loop)등으로 나눌 수 있고, 워시아웃 기법을 적용하는 부분을 한정할 수 있다.

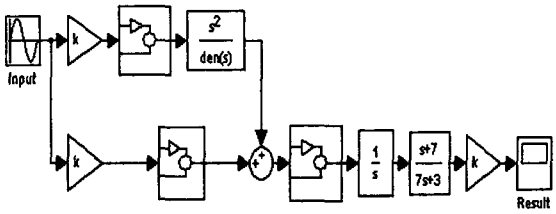

그림 3. Simulink를 이용한 워시아웃 필터의 예

이와 같은 전제를 바탕으로 롤러코스터 트랙의 전 부분에서 워시아웃 기법을 적용하는 것이 아닌 일부분 즉, 급작낙하 부분과 루프(loop)등의 느낌 재현 부분등에서 그 기법을 적용한다. 트랙의 전 부분에서 워시아웃 기법을 적용하지 않는 이유는 게임기가 갖는 특성상 게이머들에게 좀더 흥미로운 게임의 느낌을 전달하기 위함이며, 워시아웃 기법을 적용했을 때 롤러코스터 느낌의 반감을 줄이기 위해서이다. 개발한 롤러코스터 시뮬레이터는 모델링에 의해 산출된 차량의 위치에 따라 우선적으로 운동시스템이 반응하게 되고 360도 회전하는 루프(loop)의 경우에 워시아웃 기법이 적용되는 방식을 사용하였다.

워시아웃 필터는 롤러코스터의 동역학 모델링으로부터 나온 X,Y,Z축의 각방향 가속도 3개와 각속도 3개를 입력으로 받는다. 입력된 데이터에 의해 워시아웃 과정을 수행한 후 운동의자에서 구현할 수 있는 pitch 각과 roll각을 출력으로 사용하였다.

그림 4와 같은 궤적의 트랙을 시뮬레이션 하였을때 시간의 변화에 따른 각각의 각속도(그림 5)와 가속도(그림 6)값들을 추출할 수 있다.

이러한 입력값으로 워시아웃 과정을 수행하였을 때 그림 7과 같은 결과를 얻게 되었다.

워시아웃 필터는 일차적으로 Matlab Simulink를 이용하여 설계하였고 검증한 후 C 언어로 최종 프로그램을 완성하였다.

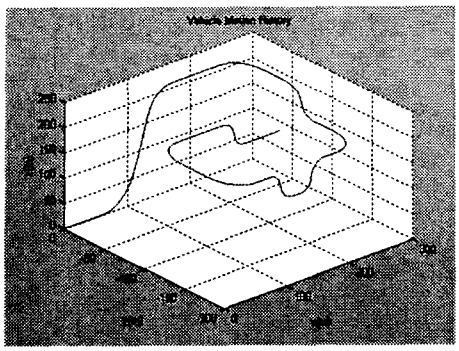

그림 4. 트랙의 궤적

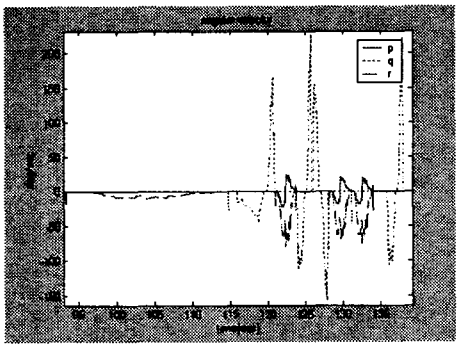

그림 5. 시뮬레이션된 각속도

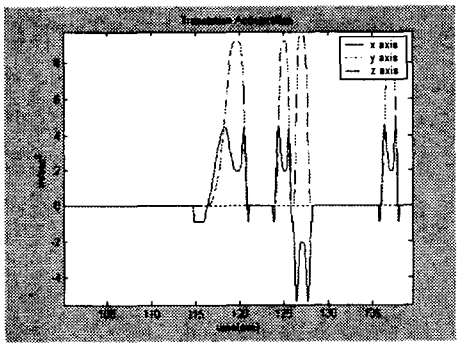

그림 6. 시뮬레이션된 가속도

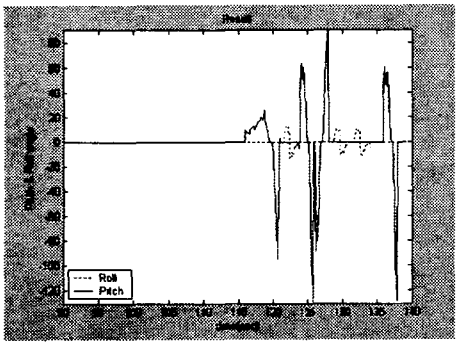

그림 7. 워시아웃 결과치

영상기반 구축 및 실시간 사운드 엔진 설계

영상 기반을 구축하기 위해 세계적인 롤러코스터의 유형을 조사하고 게임 구축 대상유형을 선정하였다. 이러한 분류 조사와 설정을 토대로 트랙 기본 유형을 설정함에 있어 크게 직선구간, 루프(loop)구간, 커브구간, 언덕구간등 세부적으로 7단계로 나누어 기본 트랙을 제작하였다. 제작된 기본 트랙으로 사용자가 임의의 트랙을 제작하여 게임을 할 수 있는 토대를 마련하였다.

실시간 사운드 엔진은 수집된 샘플 사운드를 표본으로 1차 사운드 플레이 모듈을 설계하였다. 실제 롤러코스터의 트랙 구간과 속도에 따른 사운드 유형과 변화를 분석하였고 사운드를 동작시킬 시점과 소리의 피치레벨 설정을 위한 세부 분석을 통하여 운동량을 가지는 물체에 대한 음향합성을 하였다. 또한 도플러효과와 Pannig효과를 구현하여 움직이는 차량의 소음을 실제 상황과 동일하게 재현하였다.

운동의자와 모션제어기 설계 및 제작

운동의자를 설계하기 위해 다음과 같은 전제를 하였다.

1) 일반 게임 아케이드 또는 쇼핑몰에 대량 보급이 가능한 저가형의 소형 의자를 사용한다.
2) 롤러코스터 시나리오와 일치하는 운동감 구현을 위한 운동 메카니즘을 가지고 몰입감 향상을 위해 밀폐형 캐빈이어야 한다.
3) 운반 및 설치의 용의성을 위해 조립식이어야 한다.
4) 비쥬얼 효과를 극대화 할 수 있게 밀폐형 캐빈에 큰 화면을 수용할 수 있어야 한다.

이와 같은 전제를 바탕으로 짐볼 타입의 운동 시스템을 설계하였으며, 운동부인 캐빈을 롤러코스터 시나리오대로 구동하기 위해 중량 350kg 정도의 하중을 충분한 가감속도로 사용하기에 충분한 토크를 발생 할 수 있는 모터를 사용하

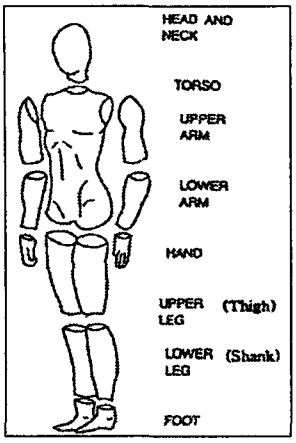

그림 8 한국인 20대 청년 인체분절

였다. 모터는 pitch 구동부와 roll 구동부의 2개를 사용하였으며, 2Kw의 60:1감속비를 갖는다. 모터와 감속기의 축이음은 키 홈 방식이 아닌 스프라인 축 방식을 채택하였다.

또한 사용자가 탑승하게 될 캐빈은 한국인 20대 청년 인체분절의 관성 특성에 관한 연구 결과[3]의 데이터를 참조하여 설계하였다. 운동 제어용 프로그램을 설계하기 위해 1차적으로 LabVIEW를 이용하여 평가하였으며, 최종적으로 C 언어로 프로그램을 완성하였다.

3. 결론 및 향후과제

본 연구의 목표는 지금까지 개발되어 온 게임기들이 단지 일부 게임 개발자들이나 일부 전문 게이머들의 경험에 의해 제작되어 지는 현실에서 탈피하여 게임에 직접 참여하는 게이머의 감성을 정량적으로 측정하여 이후 개발되어지는 제품에 응용할 수 있도록 하는 것이다.

측정 시스템을 만들기 위한 게임기를 만들기 위해 롤러코스터의 운동을 해석하였으며, 실시간 스케쥴러와 H/W 입출력 및 통신 드라이버에 대한 개발을 수행하였고, 사용자가 직접 트랙을 설계할 수 있는 저작도구와 영상기반 렌더링 모듈을 개발하였다. 모션 구동 부분은 일반적으로 사용되고 있는 스튜어트 방식이 아닌 롤러코스터의 운동묘사를 고려한 짐볼 타입으로 설계하여 운동재현 충실도를 높일 수 있게 하였다.

현재 시뮬레이터의 운동 모사성을 개선하고 있는 중이며 게이머의 감성수치를 정량적으로 측정하기 위한 연구가 수행중이다. 이러한 연구를 통해 정량적으로 측정되는 게이머의 감성수치들은 새로이 개발되어지는 제품에 자료로 응용되어질 수 있고 차후 이러한 제품 개발에 사용되어질 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 G7과제중 감성공학기반기술개발사업의 일환으로 KISTEP의 지원에 의해 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1) 김철중(2001), "동적환경 제시 및 측정시스템 개발", 제4차 감성공학기반기술 개발 Workshop 자료집, 한국표준과학연구원, 199-207
2) 전용민, "가상현실 공간에서의 운동 감성인자를 고려한 운동재현에 관한 연구", 한국감성과학회 2001년 춘계학술대회.
3) 이영신 외 "한국인 20대 청년 인체분절의 관성 특성에 관한 연구", 대한기계학회,vol 18, no. 7, 1994.
4) Robert J. Telban, Frank M. Cadullo and Jacob A. Houck, "Developments in Human Centered Cueing Algorithms for Control of Flight Simulator Motion Systems", AIAA-99-4328.1999
5) J.B.Sinacori, "A Patical Approach to Motion Simulation" AIAA Paper No.73-931,OCT.1973
6) Bowles R.L. Parrish R.V., Dieudonne J.E., "Coordinated adaptive washout for motion simulators", Journal of Aircraft, vol. vol 12, no.1, 1975

7) Stanley F. Schmidt, Bjorn Conrad, "Motion drive signals for piloted flight simulatiors", NASA Contractor report ,NASA CR-1601

8) QNX/neutrino RTOS는 업계에서 가정 진보된 MMU 지원기능과 분산처리능력을 갖춘, 확장가능하고 오류처리가 가능한 OS이다.