

감성공학 기술을 적용한 롤러코스터 게임용 모션 시뮬레이터 개발

오중석^{^*}, 윤석준^{**}, 신영기^{***}

*세종대학교 대학원 항공우주공학과

,세종대학교 공과대학 기계항공우주공학부

Development of a Roller-Coaster Motion Simulator Based on Human Sensibility Ergonomics

Jung-seok Oh^{^*}, Sug-joon Yoon^{**}, Young-gi Shin^{***}

*Dept. of Aerospace Eng. Sejong University

,Dept. of Mechanical & Aerospace Eng. Sejong University

Abstract

대다수의 컴퓨터 게임기들은 거의 예외없이 단지 게임 개발자들이나 일부 전문 게이머들의 경험에 의존하여 사용자의 감성적 특성을 반영하고 있을 뿐이다. 본 연구개발에서 시도되고 있는 게임기는 모션이 가미된 콘솔형 아케이드 시뮬레이션 게임기에 해당되는데, 감성공학 DB와 제시기술을 적용함으로써 게임의 흥미를 극대화하고자 하였다. 총 2차년의 개발기간 중 1차년도에는 롤러코스터의 운동을 해석하였으며, 실시간 스케줄러와 H/W 입출력 및 통신 드라이버에 대한 개발을 수행하였고, 사용자가 직접 트랙을 설계할 수 있는 저작도와 영상 기반 렌더링 모듈을 개발하였다. 차후 연구될 방향은 게임기의 감성을 평가할 수 있는 표본 집단을 선발하여 게임기에 시승시킨 후 설문지 답변과 시승시 측정되는 생리신호를 추출하여 비교 분석한 후 게임기를 감성친화적으로 개선하는 것이다.

keyword: 감성지수, Roller-coaster, Washout algorithm,

I. 서론

다양한 형태의 컴퓨터 게임기들은 거의 예외없이 단지 게임 개발자들이나 일부 전문 게이머들의 경험에 의존하여 사용자의 감성

적 특성을 반영하고 있을 뿐이다. 예를 들어, 게임 사용자들이 흥미 있어 할 것 같은 구성과 방식으로 게임을 개발한다는 것이다. 하지만, 어떠한 감성요소가 조합되어야 재미있는 게임이 될 것인지는 논리적으로 또는 통

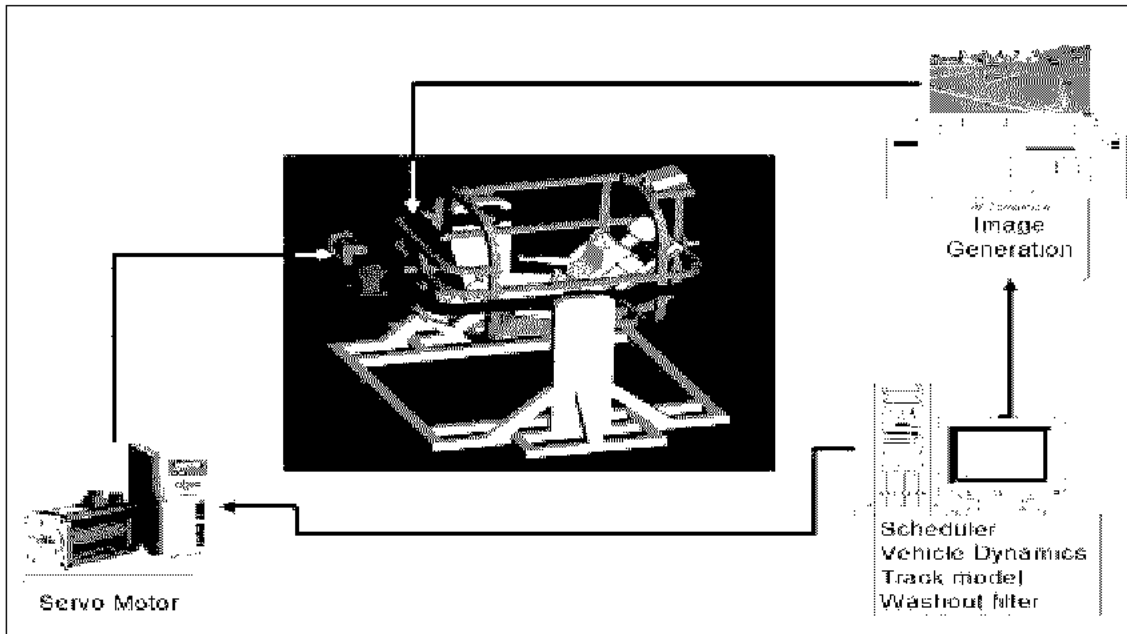


Fig 1 롤러코스터 시제품 개념도

계적으로 이해되지 못하고 있고, 그 분석 결과가 게임 개발에 반영되고 있지 못하다. 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 시뮬레이션하는 것이다. 여기에 동적 환경제시 및 측정 시스템기술개발[10]을 통하여 개발된 감성공학 DB와 제시기술을 적용함으로써 게임의 흥미를 극대화하고자 한다.

본 연구는 총2차년에 걸쳐 수행하는 과제로 1차년도 목표를 다음과 같이 설정하고 수행하였다.

- 1)실시간 스케줄러의 H/W 입출력 및 통신 드라이버 예비설계.
- 2)게임환경 설정제어 및 저작도구 상세설계
- 3)영상기반 렌더링 모듈 개발
- 4)6자유도 동운동 모델 구축
- 5)위시아웃 알고리즘 예비설계

2001년 11월 이후에 해당되는 2차년도의 수행 목표는 다음과 같다.

- 1)롤러코스터 사양제어 인터페이스 제작

- 2)레고블럭조립 방식과 같이 단위 트랙들의 연결 조합을 이용한 에디터 개발
- 3)시점 이동에 따른 초고속 네비게이션을 위한 렌더링 최적화
- 4)사운드 등을 통합한 롤러코스터 체험의 통합 가상현실 제시 시스템 완성
- 5)감성기반 위시아웃 필터 개발
- 6)동적 환경제시 및 측정시스템기술개발
- 7)시스템 완성 및 시험 평가

II. 개발진행현황

연구되고 있는 롤러코스터의 전체적인 개념은 Fig 1과 같다. 개발현황은 주요 요소기술별로 다음과 같이 소개한다.

1. 롤러 코스터 시뮬레이터의 실시간 스케줄러 작성.

실시간 시스템이란 계산의 정확성이 논리적 정확성 뿐 아니라 결과가 생산되는 시간에도 의존하는 시스템으로 당 연구개발에서도 시스템 구성 H/W 및 S/W의 용량, 컴퓨터 및 통신 계통의 처리용량 등을 분석하여 시뮬레이션의 실시간성을 극대화 할 수 있도록

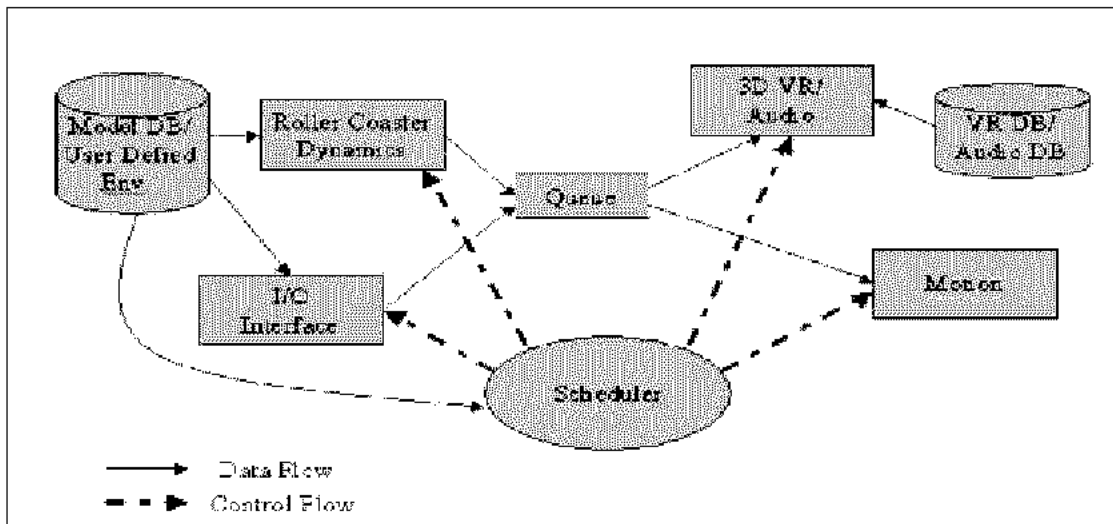


Fig 2 실시간 스케줄러

특 설계하였다. C 언어를 기반으로 하여 실시간 프로세스 스케줄러의 개념 및 예비 설계 과정을 거쳤으며, 이러한 방법으로 롤러코스터 시뮬레이터를 구성하는 H/W 모듈들과 S/W 모듈들의 프로세스들을 연동시켜 실시간으로 처리하게 하였다. 또한 H/W 모듈들과 S/W 모듈들의 프로세스 처리 최소 갱신률은 게임의 현장감과 실시간성을 감안하여 30Hz 이상으로 설정하였다.

스케줄러는 차량 동운동 모델의 연산결과로 출력되는 절대좌표계에 대한 차량의 위치 및 자세 값은 비주얼 모듈로 UDP 통신을 통하여 전달되고, 자세 및 속도 값들은 위시아웃 필터모듈로 입력된 다음 그 처리 결과가 시리얼 통신으로 모션 플랫폼 서보로 전달되는 흐름을 주관한다. 이러한 신호들의 흐름을 실시간 시뮬레이션의 설계 최소요구사항인 30Hz에 맞게 처리 할 수 있는 실시간 프로세스 스케줄러는 QNX를 활용하여 1차로 설계하였고 일반 PC의 Windows NT/98 환경에 적합하게 기 설계된 스케줄러를 변환하였다.

2. 동운동 모델링 및 동운동 모델링의 프로그래밍

모션 시스템에서 모든 신호를 추출하는 근원은 동운동의 수학적 모델이다. 본 연구에

서는 뉴우튼의 동역학 원리를 적용하여 롤러코스터 차량의 6자유도 동 운동을 엄밀하게 모델링하였다. 모델링 하는 방법으로는 차후 게이머가 스스로 트랙을 설계할 수 있도록 하기 위해 롤러코스터를 구성하는 단위트랙들의 형상을 비주얼 모델 설계와 병행하여 흥미를 최대화 할 수 있도록, 그리고 역학적으로 합당하게 설계하였다. 설계방법상으로 차량이 트랙에서 이탈되지 않는다는 가정 하에 전진 방향의 병진 운동을 제외한 5자유도 운동을 kinematics로 처리하였다. 이러한 전제를 두고 롤러코스터의 동운동 모델링을 하기 위해서 롤러코스터의 전체 트랙을 단위트랙들의 조합구성으로 보고, 차량 동 운동의 연산을 위하여 다시 단위 트랙들은 직선형의 하위 단위 트랙들의 결합으로 모델링하였다. 이러한 방법에 의해 모델링된 결과의 유효성을 검증하기 위해 2가지 이상의 모델링 기법들을 사용하여 비교 검토하였다. 모델링 시 차량에 가해지는 중력은 절대 좌표계에서 단위 트랙에 고정된 트랙 좌표계로 변환되어 트랙의 마찰력과 결합되어 직선 운동의 가속도 연산에 사용하였고 전진 방향의 병진운동 가속도는 다시 절대 좌표계로 변환되어 수치적분을 거쳐 병진 운동 속도와 위치를 산출하게 된다. 이렇게 모델링 되어 나온 결과 값들은 매 시간마다의 차량의 절대

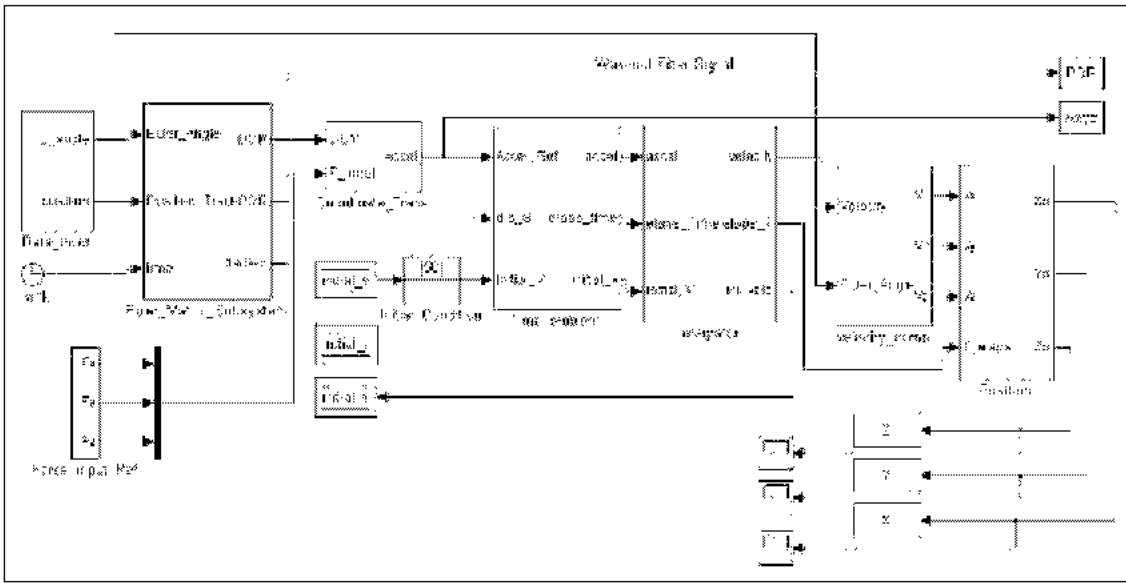


Fig 3 Simulink를 이용한 동적 모델링의 예

위치값과 kinematics로 처리된 자세 정보들로 비주얼 및 모션 플랫폼으로 전송되게 된다. 시뮬레이터용 동 운동 S/W는 검증된 Simulink 모듈을 S function으로 변환하며 보완하는 C 언어로 결합하여 작성한다.

3. 모션 플랫폼 구동을 위한 워시아웃 필터 설계

워시아웃 필터(Washout filter)를 설계하기 전에 우선 운동방정식에 대한 해석과 그 알고리즘에 대한 연구가 선행되어야 한다.

워시아웃 알고리즘의 경우는 시뮬레이터 조종자에게 현장감 있는 운동감을 제공하기 위해 인간감성공학에 기반을 둔 여러 종류의 워시아웃 알고리즘들이 개발되어 왔다.^[6,67] 그 중 고전적 워시아웃(Classical Washout), 최적제어(Optimal) 및 적응(Adaptive) 워시아웃등이 있으나 본 연구 개발에서는 다른 알고리즘에 비해 적은 설계인자를 필요로 하는 고전적 워시아웃(Classical) 알고리즘을 적용하였다.

운동시스템의 설계에 기본이 될 워시아웃 회로의 물리적인 개념^[68]은 다음과 같다.

1)인체는 외부운동에 대해 가속도와 각속도의 차원으로 운동성을 인지하며, 인지영

역은 병진운동과 회전운동이 다르다.

2)운동시스템의 운동 재현은 운동시스템의 구조적인 한계 때문에 적절한 조종이 필요하다. 따라서 병진운동의 저주파운동을 경사조종방법을 이용하여 파생 가속도로 전환한다.

3)병진운동의 저주파운동을 재현하기 위한 경사조종방법은 회전운동을 야기시키므로 이 회전운동을 인지하지 못하는 영역에서 경사조종방법을 사용하게 된다. 이는 필터의 전단주파수의 적절한 범위를 설정하는 기본이 된다.

4)병진운동의 워시아웃 회로용 필터는 병진가속도에 대한 운동판의 경로공간 한계 이탈방지용 필터와 차기 운동신호 이용을 위한 경로공간의 확보를 위한 운동복귀용의 필터로 구성된다.

5)회전운동의 워시아웃 회로용 필터는 회전각속도에 대한 운동판의 경사각 유지를 위한 필터를 사용한다.

본 연구 개발에서 설계하게 될 워시아웃 알고리즘은 짐볼 형식의 운동시스템을 기본으로 하고 있다. 또한 모사하고자 하는 대상이 롤러코스터이므로 다음과 같은 전제를 할 수 있다.

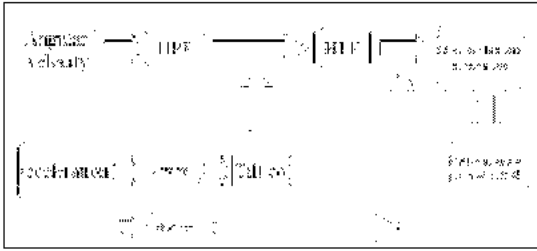


Fig 4 washout algorithm

- 1)차량이 레일에 구속되어 있다.
- 2)위시아웃 알고리즘에서 출력값(output) 중 피치(pitch)각과 롤(roll)각만을 사용하여 운동시스템을 구동시킨다.
- 3)롤러코스터에서 스티를 느끼는 부분은 크게 급작 낙하와 급격한 턴 그리고 루프(loop)등으로 나눌 수 있고, 위시아웃 기법을 적용하는 부분을 한정 할 수 있다.

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

4. 영상기반 구축 및 실시간 사운드 엔진 설계

영상 기반을 구축하기 위한 선행단계로 체계적으로 다양한 롤러코스터 유형에 대한 체계적 분류 조사를 수행하였고 조사를 기반으로 게임 구축 대상 유형을 선정하였다. 게임 구축 대상 유형 선정단계에서 사용자간의 차이를 보이는 가족(Family), 실내(Indoor), 유아(Kiddle) 유형을 선정하여 게이머의 연령과 성별을 고려하였다. 또한 롤러코스터의 유형과 사용자를 분류하는 것과 함께 롤러코스터가 운용되는 게임환경을 등을 반영하여 게임 환경 저작 인터페이스를 구현하였다.

이러한 분류 조사와 설정을 토대로 트랙 기본 유형을 설정하였고 상호 대화적 트랙 저작 인터페이스와 게임환경 제어 인터페이스를 구현하였다. 트랙의 기본 유형을 설정함에 있어 크게 직선구간, 루프(loop)구간, 커브구간, 언덕구간 등으로 나누며 세부적으로 7단계의 기본 유형을 존재하게 하였다. 트랙의 기본 유형을 설정함에 있어 앞서 언급했던 모델링의 수행과정도 병행하였다. 이러한 방법으로 차후 게이머가 스스로 트랙을 설계할 수 있는 토대를 마련하였다. 트랙 기본 유형을 화면의 상단에 띄워 게이머가 선택하면 3D 화면에 간단한 선을 통하여 결과를 반영하게 하여 게이머로 하여금 자신이 결정한 트랙의 구성을 인지 할 수 있게 하였고, 이와 병행하여 시스템에서는 게임환경을 제어하기 위해 게이머에게 성별과 연령 그리고 건강상태등을 질문하게 하여 게이머가 설계한 트랙의 난이도를 조정하는 기법을 사용하였다. 또한 트랙을 설계한 후에는 탈 장소와

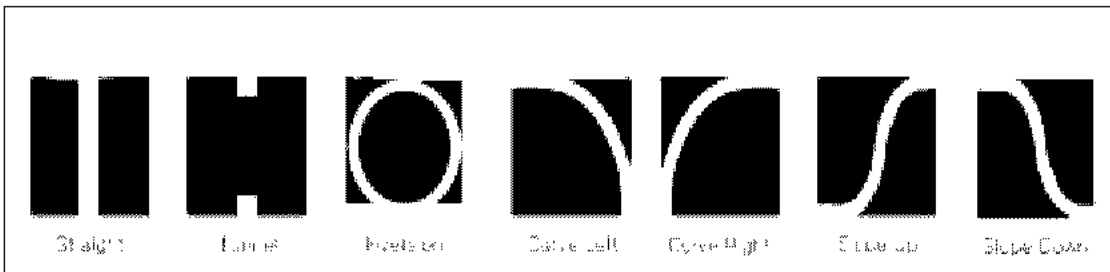


Fig 5 단위 경로 기반 트랙

시간대를 선택하게 하여 게이머가 좀더 흥미로운 게임을 즐길 수 있도록 하였다.

이러한 상호 대화적 트랙 제작을 위해서 게이머에게 풍부한 빈공간을 제공해야하므로 게이머가 트랙을 설계한 이후에 남겨지는 빈공간을 이용하여 주변의 상황을 제작하게 된다. 먼저 설계된 트랙의 3차원 좌표를 2차원으로 투영하여 자료화한 후 트랙의 주변에 임의로 씨드를 생성하고 생성된 씨드를 중심으로 영역을 확장하여 배경물체를 자동배치하는 방법을 이용하였다. 이와 같은 방법으로 사진 영상에 기초한 반구형/ 파노라믹 배경화면 생성 연구를 통해 배경하늘을 생성하

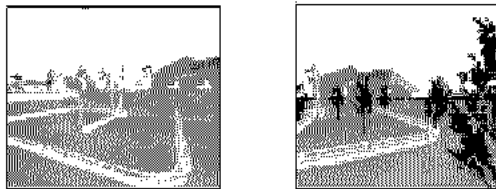


Fig 6 자동배경 삽입 알고리즘

는 알고리즘과 트랙 주변 빈 공간에 대한 자동 배경 생성 알고리즘을 구현하였다. 또한 기본 트랙 유형의 각 구간에서의 시점/ 시선 방향을 계산하여 시점/ 시선방향에서의 렌더링을 하였다.

실시간 사운드 엔진을 설계하기 위해 우선적으로 사운드 샘플을 수집하였고, 수집된 샘플을 토대로 1차 사운드 플레이 모듈을 설계하여 실제 롤러 코스터의 트랙 구간과 속도에 따른 사운드 유형과 변화를 분석하고 사운드를 동작시킬 시점과 소리의 피치레벨 설정을 위한 세부 분석을 통하여 운동량을 가지는 물체에 대한 음향합성이 이루어져야 한다는 결론을 도출하였고, 도플러효과와 Panning 효과를 구현하여 움직이는 차량의 소음을 실제 상황과 동일하게 재현하였다.

5. 운동의자와 모션 제어기의 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 용이성을 위해 조립식이고 조립시 바닥에 손상을 피한다.
 - 4)비주얼 효과를 극대화 할 수 있게 밀폐형 캐빈에 큰 화면을 수용할 수 있어야 한다.
- 이와 같은 전제들을 통하여 일반적으로 사용되어지는 유압축을 가진 스텐더트 타입의 운동시스템 대신에 짐볼 타입의 운동 시스템을 설계하였다.

운동시스템에서는 비주얼 장치는 현재 게임 시장에 보편화된 CRT 방식을 채용하지 않고 beam project 방식을 채용함으로써 운동시스템의 무게를 줄이고 큰 화면을 게이머에게 제공할 수 있게 하여 비주얼 효과를 극대화 할 수 있게 하였다. 이러한 방식은 운동시스템이 360도 회전할 때에 발생되어질 수 있는 안전문제도 해결 할 수 있고, 피치(pitch) 및 롤(roll)의 가감속 시에 가해지는 운동시스템의 파중한 회전 관성을 줄일 수 있는 장점을 확보할 수 있게 되었다.

캐빈의 설계시에는 게이머가 게임에 몰입할 수 있도록 밀폐형으로 설계하였고 캐빈의 크기를 한국인 20대 청년 인체분절의 관성특성에 관한 연구 결과^[6]의 데이터를 참조하여 한국인 표준 체형을 구성하고 성형적 비례로 190cm의 신체 모형을 구성하여 캐빈 설계에 감안하였다. 운동부인 캐빈을 롤러코스터 시나리오대로 구동하기 위한 모터와 감속기는 중량 350kg 정도의 하중을 충분한 가감속도로 기동하기에 충분한 토크를 발생한다. 감속기 종축은 35kg·m 이상의 토크를 견딜 수 있는 구조이며, 요구되는 토크가 크므로 모터와 감속기의 축이음은 키 홈 방식

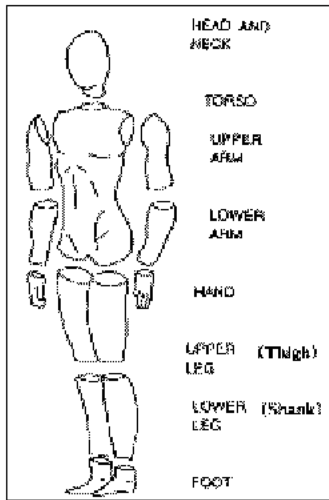


Fig 7 한국인 20대 청년
인체분절

이 아닌 스프라인 측 방식을 활용하였다. 운동 제어용 프로그램은 C언어의 사용을 목표로 하였고 중간 검증을 위해 LabVIEW를 이용하여 평가하였다.

III. 결론 및 향후 계획

감성공학은 인간의 감성을 과학적으로 분석하여 제품 등에 응용하여 인간 삶의 질을 높이는데 기여할 수 있다. 본 연구의 목표도 이러한 생각에 기초한 것으로 지금까지 개발되어진 거의 모든 게임기들이 단지 게임 개발자들이나 일부 전문 게이머들의 경험에 의존하던 것에서 탈피하여 게임에 직접 참여하는 게이머의 느낌을 정량적으로 측정하여 이후 개발되어지는 제품에 응용할 수 있도록 하는 것이다.

측정시스템을 만들기 위한 게임기를 만들기 위해 롤러코스터의 운동을 해석하였으며, 실시간 스케줄러와 H/W 입출력 및 통신 드라이버에 대한 개발을 수행하였고, 사용자가 직접 트랙을 설계할 수 있는 저작도와 영상기반 렌더링 모듈을 개발하였다. 모션 구동 부분은 일반적으로 사용되고 있는 스텝어트 형식이 아닌 짐볼 형식으로 제작하여 좀

더 롤러코스터의 운동재현에 충실할 수 있도록 하였다.

차후 연구될 방향은 게임기의 감성을 평가할 수 있는 표본 집단을 선발하여 게임기에 시승시킨 후 설문지 답변과 시승시 측정되는 생리신호를 추출하여 비교 분석한 후 게임기를 감성친화적으로 개선하는 것이다. 여기서 정량적으로 측정되어진 감성수치들은 새로이 개발되어지는 제품에 자료로 응용되어질 수 있고 좀더 감성공학에 근거를 둔 제품의 개발로 이어질 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] 김철중(2001), "동적환경 제시 및 측정시스템 개발", 제4차 감성공학기반기술 개발 Workshop 자료집, 한국표준과학연구원, 199-207.
- [2] QNX/neutrino RTOS는 업계에서 가장 진보된 MMU 지원기능과 분산처리능력을 갖춘, 확장가능하고 오류처리가 가능한 OS이다.
- [3] 전용민, "가상현실 공간에서의 운동 감성 인자를 고려한 운동재현에 관한 연구", 한국감성과학회 2001년 춘계학술대회.
- [4] 이영신 외 "한국인 20대 청년 인체분절의 관성 특성에 관한 연구", 대한기계학회, vol 18, no. 7, 1994.
- [5] 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.
- [6] J.B.Sinacori, "A Patical Approach to Motion Simulation" AIAA Paper No.73-931,OCT.1973.
- [7] Bowles R.L. Parrish R.V., Dieudonne J.E., "Coordinated adaptive washout for motion simulators", Journal of Aircraft, vol. vol 12, no.1, 1975.