

HMI 기능성 시뮬레이션과 VR 기법과의 연동을 통한 개인용 전자제품의 가상시작 방안

박형준*, 배채열**, 이관행***

Virtual Prototyping of Consumer Electronic Products by Embedding HMI Functional Simulation into VR Techniques

Hyungjun Park*, Chae-Yeol Bae** and Kwan-Heng Lee***

ABSTRACT

The functional behavior of a consumer electronic product is nearly all expressed with human-machine interaction (HMI) tasks. Although physical prototyping and computer aided design (CAD) software can show the appearance of the product, they cannot properly reflect its functional behavior. In this paper, we propose an approach to virtual prototyping (VP) that incorporates HMI functional simulation into virtual reality techniques in order to enable users to capture not only the realistic look of a consumer electronic product but also its functional behavior. We adopt state transition methodology to capture the HMI functional behavior of the product into a state transition chart, which is later used to construct a finite state machine (FSM) for the functional simulation of the product. The FSM plays an important role to control the transition between states of the product. We have developed a VP system based on the proposed approach. The system receives input events such as mouse clicks on buttons and switches of the virtual prototype model, and it reacts to the events based on the FSM by activating associated activities. The system provides the realistic visualization of the product and the vivid simulation of its functional behavior using head-mounted displays (HMD) and stereo speakers. It can easily allow users to perform functional evaluation and usability testing. A case study about the virtual prototyping of an MP3 player is given to show the usefulness of the proposed approach.

Key words: Virtual prototyping, Human-machine interaction, Functional behavior simulation, State transition methodology

1. 서 론

핸드폰, MP3 플레이어, 디지털 카메라 등 휴대용 전자제품시장의 고객들은 주로 사용 편의성, 제품 특성, 유저인터페이스에 근거하여 제품을 구매한다. 경쟁이 급속하게 가속화되고 있는 상황에서 제품의 성공적인 시장진입을 위해서는 제품에 대한 고객요구를 제품 특성(features)과 기능(functions)에 정확히 반영함과 동시에 제품출시기간(time-to-market)을 혁신적

으로 줄이는 것이 절실히 요구된다^[1,2]. 이러한 요구에 적절히 대처하기 위한 필수적인 활동으로 널리 인식되는 것이 바로 제품개발과정(product development process)에서의 시작품(prototypes)의 효율적이고 광범위한 사용이다.

물리적 시작(physical prototyping)은 제품의 물리적 모델들의 생성과 외부 구조 설계를 포함한다. 물론 CAD 소프트웨어도 제품의 외관을 설계하는데 널리 이용된다. 그러나, 물리적 시작품은 매우 많은 시간과 비용을 소비한다^[1,3]. 최근 신속시작(rapid prototyping) 기술의 발달로 다소 완화되었다지만, 시간과 비용 문제는 물리적 시작이 갖고 있는 큰 단점이다. 또한, CAD 소프트웨어를 포함한 물리적 시작은 제품의 기능적 행동양태(functional behavior)를 반영할 수 없다

*교신저자, 중신회원, 조선대학교 산업공학과

**조선대학교 산업공학과 대학원생

***중신회원, 광주과학기술원 기전공학과

- 논문투고일: 2006. 06. 15

- 심사완료일: 2006. 12. 15

는 큰 단점이 있다. 최근 컴퓨터 기술의 급속한 진보로 인해 가상시작(virtual prototyping, VP)이 기존 시작 방법들의 단점들을 극복하기 위한 새로운 더욱 강력한 해법으로 인식되고 있다^{1,3,5)}.

현재의 휴대용 전자제품은 임베디드 시스템(embedded system) - 미리 정해진 특정 기능들을 수행하기 위한 행동양태가 내장된 컴퓨터 제어 시스템을 갖고 있다. 시스템에 내장된 기능적 행동양태는 대부분 매우 복잡하며, 거의 모든 경우 인간-기계 상호작용(human-machine interaction, HMI) 작업들로 나타난다. 예를 들어, MP3 플레이어 전원 버튼을 누르면 전원이 켜지며, 전원이 켜진 상태에서 시작버튼을 누르면 현재 MP3 음악이 재생된다. 휴대용 전자제품의 개발과정에서 소요되는 상당한 시간과 비용의 절감 및 시작품 제작 회수 감소를 실현하기 위한 해법으로서 제품의 사실적인 시각화 및 제품 기능적 행동양태의 상세하고 사실적인 시뮬레이션을 동시에 수행할 수 있는 가상시작은 큰 의미가 있다.

본 논문에서는 HMI 기능성 시뮬레이션(functional simulation)을 가상현실(virtual reality, VR) 기법들과 연동한 휴대용 전자제품용 가상시작 시스템을 제안한다. 제안된 VP 시스템은 HMD(head-mounted displays), 듀얼 모니터, 그리고 스테레오 스피커를 이용하여 사용자로 하여금 휴대용 전자제품의 사실적인 시각화 뿐만 아니라 제품의 HMI 기능적 행동양태를 생생하게 체험하게 한다. CAD나 역공학(reverse engineering, RE)을 통해 제품의 부품 모델들과 이들 간의 조립관계와 기구학적 정보를 얻는 다음, 영상출력장치를 이용하여 제품의 사실적인 시각화를 수행한다. 그리고, 상태전이 방법론(state transition methodology)을 도입하여 제품의 기능적 행동양태를 HMI 기능 정보 모델과 상태전이도표(state transition chart)로 표현한 후, 제품의 HMI 기능 시뮬레이션을 위해 사용되는 유한상태기계(finite state machine, FSM)를 구축한다. 구축된 유한상태기계는 제품의 상태 간 전이를 제어하는 엔진 역할을 한다. VP 시스템은 가상시작품의 구성부품인 버튼이나 스위치에 대한 마우스 클릭 등과 같은 입력 이벤트를 받아들여, 유한상태기계로 의거하여 정해진 활동을 수행하는 방식으로 입력 이벤트에 반응함으로써 제품의 HMI 기능 시뮬레이션을 수행한다.

제안된 VP 시스템은 물리적 시작품 제작에 소요되는 비용과 시간을 줄이고, 제작횟수를 줄이는 데 기여할 수 있다. 그리고, 사용자가 쉽게 기능성 평가(functional evaluation)와 사용성 평가(usability test)

를 수행할 수 있게 한다^{5,7)}. 또한, 전형적인 제품개발 과정에서 발생하는 많은 의사전달 상의 오류를 크게 줄일 수 있다.

2. 제안된 가상시작 시스템

본 논문에서 제안하는 VP 시스템의 주요 목적은 휴대용 전자제품의 시각화와 HMI 기능 시뮬레이션을 원활하게 하여 보다 빠른 제품 실체화를 실현시키는 것이다. Fig. 1에서와 같이 제안된 VP 시스템은 세 가지 주요 절차들을 통해 구축된다. 세 가지 절차는 1) 제품모델의 생성, 2) HMI 기능 모델의 생성, 그리고 3) 생성된 가상시작모델의 적절한 운영이다.

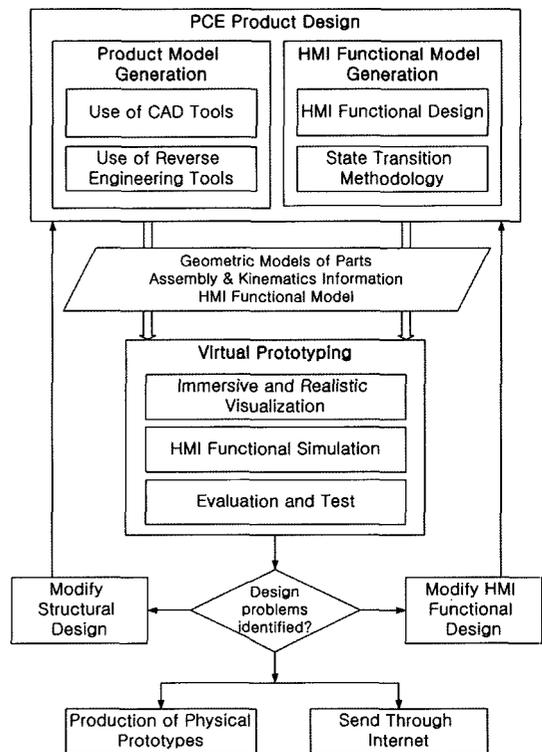


Fig. 1. Flow of the proposed virtual prototyping.

2.1 제품 모델 생성

제품모델(product model) 생성은 가상시작 구축에 필요한 최우선 단계이다. 제품모델에는 제품을 이루는 부품들의 기하모델정보, 재질 및 색상 정보가 포함되며, 부품들 간의 조립 관계(assembly structure)와 기구학적 운동(kinematics)에 관한 정보도 포함된다¹⁾. 부품들에 대한 기하 모델은 보통 CAD 소프트웨어를

이용하여 생성된다. 그러나, 제품 외형에 대한 물리적 시작품이나 소프트 목업(soft mockup)이 존재하는 경우, 역공학 기법¹⁶⁾을 병행하여 기하 모델을 생성할 수 있다. 생성된 기하모델은 IGES나 STEP 형태로 저장될 수 있으나, 본 연구에서는 사실적인 시각화에 충분한 품질을 갖는 삼각메쉬(triangular mesh)로 근사화한 다음, STL이나 OBJ 형태로 저장된다.

2.2 HMI 기능 모델 생성

제품을 구성하는 부품들은 제품의 물리적 외형을 결정하며, 일부 부품들은 사용자와 제품 간의 상호작용에 개입된다. 예를 들어, 스위치(switches), 버튼(buttons), 계기판(indicators), 출력표시장치(displays), 타이머(timers), 스피커(speakers) 등이 이러한 부품에 해당한다.

제품의 전체적인 행동양태는 상태(state) 또는 모드(mode)라고 불리는 개별적인 단위 기능들로 나누어질 수 있다¹⁷⁾. 예를 들어, 모든 전자제품은 “On”과 “Off” 상태에 놓일 수 있다. 핸드폰이나 MP3 플레이어와 같은 제품은 “On”과 “Off” 상태를 포함하여 많은 다른 상태들을 갖고 있으며, 제품의 한 상태에서 다른 가능한 상태로 전이된다. 이것을 상태전이(state transition)라고 한다. 예를 들어, MP3 플레이어의 “On” 상태에서 “Play”, “Off”, “Volume Up”, “Volume Down”, “Next Music”, “Previous Music” 등의 상태로 전이할 수 있다.

제품의 HMI 기능 모델이란 제품이 갖는 HMI 기능적 행동양태를 표현하는 정보 모델을 말한다. 본 연구에서는 상태전이 방법론에 의거하여 제품의 HMI 기능 모델을 생성하고, 이를 바탕으로 상태전지도표를 생성한다¹⁸⁾. 제품의 HMI 기능 모델에는 다음과 같은 정보를 포함한다.

- HMI와 관련된 이벤트(event) 리스트
- 제품이 취할 수 있는 상태 리스트
- 각 상태에서 발생할 수 있는 상태전이 리스트와 각 상태전이를 유발시키는 이벤트-액션(action) 정보
- 각 상태 안에서 수행되는 활동(activity)

이벤트의 구체적인 예로는 MP3 플레이어의 시작 버튼이 눌러짐, 음량증가버튼이 눌러짐 등을 들 수 있다. 현재 상태에서 특정한 이벤트가 발생하여 정해진 조건이 만족되면 다른 상태로의 전이가 일어난다. 이때 새로운 상태로 전이하기 이전에 수행되는 작업을 액션(action)이라고 한다. 활동(activity)는 특정 상태가 활성화되어 있을 때, 제품에 수행되는 작업을 말한

다. 그리고, 활동은 시작활동, 종료활동, 중간활동으로 구분할 수 있다. 상태가 전이되는 상황에서는 현재 상태에 대한 종료활동이 수행되고, 액션으로 인해 상태가 전이되고, 새로운 상태에 대한 시작활동과 중간활동이 수행된다.

제품의 HMI 기능 모델이 일단 생성되면, 이를 이용하여 모든 가능한 상태전이를 담고 있는 상태전지도표를 구축할 수 있다. 상태전지도표를 바탕으로 HMI 기능 시뮬레이션을 위한 엔진으로 사용되는 유한상태기계를 구축한다.

2.3 가상시작 모델 운영

제품 모델과 HMI 기능 모델이 구축되면, 가상시작 환경에서 이들 모델들을 운영하여 가상시작을 수행한다. Fig. 2는 가상시작 운영 방안을 나타낸다. 사용자가 입력 장치를 이용하여 이벤트를 발생시키면, VP 엔진에서는 입력된 이벤트를 적절히 처리하여 생성된 결과를 해당 출력장치로 보낸다. 출력장치를 통해 사용자는 가상제품의 외형, 기구학적 운동, 그리고 HMI 기능을 체험한다.

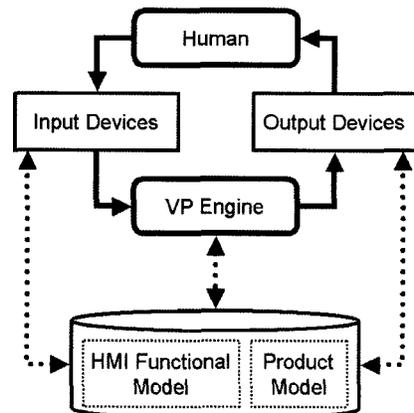


Fig. 2. Operations of the proposed VP.

입력 장치로는 키보드(keyboard), 마우스(mouse), 데이터 글러브(data glove), 힘 감지 햅틱 장치(haptic device) 등을 고려할 수 있다^{15,6)}. 출력장치로는 시각 출력장치, 청각 출력장치, 힘 감지 햅틱 장치 등으로 나눌 수 있다. 시각 출력장치로는 단순한 컴퓨터 모니터에서부터 HMD(head-mounted displays), 입체모니터 등을 고려할 수 있다^{15,6)}. 청각 출력장치는 스테레오 스피커나 헤드폰 등을 고려할 수 있다.

VP 엔진은 유한상태기계(FSM), 동적 뷰잉(dynamic viewing) 제어기, 힘 감지 햅틱 피드백 제어 모듈, 시

각화(visualization) 모듈, 음성 재생 모듈, 환경설정 모듈 등으로 구성된다. VP 엔진은 인식된 이벤트를 해당 구성요소들에 배분하며, 각 구성요소들은 입력이벤트에 따라 적절한 결과를 생성한다.

VP 엔진은 입력된 이벤트가 물체의 동적 뷰잉 관련 이벤트인지, HMI 기능과 관련된 이벤트인지, 환경설정과 관련된 이벤트인지를 인식한다. 예를 들어, 마우스 오른쪽 버튼을 누를 경우, 마우스 포인터가 제품의 전원버튼 근처에 있다면 전원버튼이 눌러졌다는 이벤트로 인식되어 해당 이벤트가 유한상태기계로 보내진다. 그렇지 않으면, 동적 뷰잉 관련 이벤트 또는 환경변수 설정 이벤트로 인식되어 시점(viewpoint) 변경 또는 시스템 환경변수 설정을 유발한다. 또한, 힘 감지 햅틱 피드백 제어 모듈에서는 제품의 특정 버튼이나 스위치에 일정 이상의 힘이 감지되면 특정 버튼이나 스위치가 눌러졌다는 이벤트를 발생시켜 유한상태기계로 보낸다.

언급된 가상시작 모델 운영 방안에 의거하여 사실적인 시각화, 생생한 HMI 기능 시뮬레이션, 그리고 제품 기능 평가 및 사용성 평가 등과 같은 제품개발과정에서 중요한 일들을 수행할 수 있게 된다.

2.3.1 시각화

제안된 VP 시스템에서 제품 외관과 기구학적 운동과 관련된 시각화 작업이 다음과 같이 수행된다. 먼저 마우스나 데이터 글러브 등의 입력 이벤트에 의해, 시점 변경이나 시각화 관련 변수(빛, 색, 재질, 렌더링 방식 등) 설정, 그리고 기구학적 운동에 따른 기하모델 위치 및 자세 수정 등이 유발된다. 그런 다음, 시각화 모듈을 통하여 제품모델과 주위환경에 대한 시각정보를 생성하여 그 결과를 시각출력장치로 보낸다. 시각화의 품질은 제품의 기하모델과 VP 엔진의 구성요소인 시각화 모듈, 그리고 시각출력장치에 의해 좌우된다.

기본적으로 제품의 동적 뷰잉 기능이 제공되어 여러 시점에서 제품을 회전/이동/확대/축소하여 볼 수 있어야 한다. 그리고, 실시간 셰이딩(real-time shading)이 지원되어야 하며, 특정 부품의 재질과 색을 바꾸거나 빛의 종류와 위치를 지정할 수 있으며, 빛의 반사 모델도 선택할 수 있어야 한다. 경우에 따라서는 광선 추적법(ray tracing)과 같은 고품질 렌더링 기능도 사실적인 시각화에 큰 도움이 된다. 또한, 입체 영상(stereo view)이 이용되는 경우, 사용되는 입체영상 출력장치에 따른 입체 영상 생성 모듈이 제공되어야 한다.

2.3.2 HMI 기능 시뮬레이션

제시된 VP 시스템에서 제품의 HMI 기능 시뮬레이션 작업은 다음과 같이 수행된다. 먼저 사용자가 키보드, 마우스, 데이터 글러브 등을 이용한 입력 이벤트를 발생시키면, VP 엔진에서는 입력 이벤트가 HMI 기능과 관련된 이벤트인지를 판별한다. HMI 기능과 관련된 이벤트인 경우, 유한상태기계가 HMI 기능 모델을 참조하여 입력 이벤트에 따른 상태전이 유무를 확인한다. 상태전이가 확인되면, 제품의 상태를 전이시키고, 제품의 새로운 상태에서 요구되는 활동을 수행한다. 이러한 활동은 버튼이나 스위치의 위치 및 자세 변경이나, MP3 음악 재생/정지, 램프의 불이 켜짐/꺼짐, 소리 녹음 시작/정지, 음량 조절 등을 포함한다.

HMI 기능 시뮬레이션과 관련한 MP3 플레이어가상시작모델에 대한 간단한 운영 예는 다음과 같다. MP3 플레이어의 전원 버튼이 눌렀다는 이벤트가 감지되면, 유한상태기계가 HMI 기능 모델을 참조하여 MP3 플레이어 상태를 "Off"에서 "On"로 전이시키고, LCD 창을 켜고, 초기 화면을 출력한다. 시작버튼이 눌렀다는 이벤트가 감지되면, 유한상태기계가 HMI 기능 모델을 참조하여 MP3 플레이어 상태를 "On"에서 "Play"로 전이시키고, 현재 MP3 음악을 재생시키며, LCD 창에 곡명을 출력한다. 다시, 음량증가버튼이 눌렀다는 이벤트가 감지되면, 유한상태기계는 "Play" 상태에서 "Volume Up" 상태로 전이시키고, 현재 음량을 한 단계 증가시키고, LCD 창에 증가된 음량을 표시한 다음, "Play" 상태로 복귀시킨다.

2.3.3 제품 기능 평가 및 사용성 평가

제시된 VP 시스템에서 제공되는 제품의 사실적인 시각화와 HMI 기능 시뮬레이션을 통해 사용자는 휴대용 전자제품의 기능 평가와 사용성 평가를 수행할 수 있다. 사용성 평가란 사용자들이 제품의 인터페이스를 사용하는 상황에서 접하게 되는 모든 만족요인들을 평가하는 것이며, 제품가치를 사용자의 시각에서 전면적으로 분석하고, 그에 따라 구체적인 개선 방향을 발견하고자 하는 노력을 말한다.

Fig. 1에서와 같이 제품 기능 평가와 사용성 평가를 통해 제품의 외형 또는 구조적인 문제가 발생하면 제품의 구조설계를 수정하며, 제품 HMI 기능에 문제가 발생하면 제품의 HMI 기능설계를 수정한다. 수정된 제품 모델과 HMI 기능 모델을 이용하여 다시 가상시작을 반복함으로써 제품개발을 촉진시킨다.

3. 구현 및 적용사례

제안된 VP 시스템을 C와 C++ 언어를 병행하여 Windows 기반 PC 상에서 구현하였다. 제품 모델 생성을 위해 CAD 소프트웨어 Rhino3D V3.0⁹⁾과 역공학 소프트웨어 RapidForm 2004¹⁰⁾을 이용하였다. HMI 기능 모델 생성을 위해 RapidPlus V8.0⁸⁾을 이용하였다. RapidPlus를 이용하여 제품 HMI 기능적 행동양태에 대한 정보를 입력하고, 제품 HMI 기능 모델과 상태전이도표가 충실히 생성되었는지를 확인하였다. 그런 다음, HMI 기능 모델과 상태전이도표에 관한 정보를 바탕으로 유한상태기계(FSM)를 생성하였다.

VP 엔진은 유한상태기계(FSM), 동적 뷰잉 제어 모듈, 시각화 모듈, 음성재생 모듈, 환경설정 모듈 등으로 구성된다. 시각화를 위해서 그래픽스 라이브러리 Open GL과 GLUT를 이용하였다. 음성 재생을 위해서 MP3 decoder 관련 공개 라이브러리를 이용하였다. 동적 뷰잉 제어, STL 및 OBJ 파일 입출력, I/O 인터페이스를 포함한 환경설정, 그리고 VP 엔진 통합은 자체 개발하였다.

VP 시스템의 입력장치로는 키보드와 마우스를 이용하였다. 영상 출력장치로는 입체 영상 시각화를 위한 HMD와 2대의 LCD 모니터를 이용하였고, 음성 출력장치로 스테레오 스피커를 이용하였다. Fig. 3은 구현된 VP 시스템의 물리적 구성요소들을 보여준다.

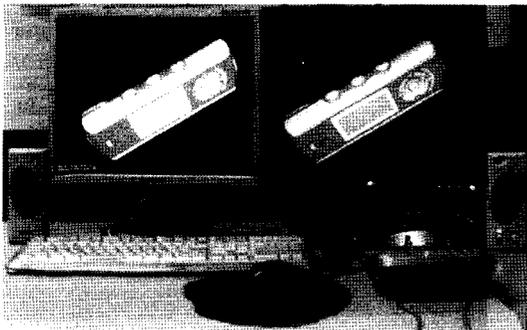


Fig. 3. Hardware components used in the VP system.

입체 영상(stereo view)를 생성하기 위해 듀얼 스테레오 뷰잉(dual stereo viewing) 방식을 채택하였다. 이 방식은 한 프레임(frame) 당 동일한 크기의 뷰포트(viewport) 2개를 이용하여 왼쪽과 오른쪽 시점에서 보여지는 가상모델을 각 뷰포트에 투영한 후, 투영된 각 영상을 해당 LCD 모니터와 HMD 모니터로 출력

한다. 따라서, 가상모델의 입체영상이 LCD 듀얼 모니터와 HMD모니터에 동시에 보여지게 된다. 두 시점간의 거리는 보통 사람의 눈 사이 거리인 6.5 cm로 두었다.

대표적 구현 사례로서 MP3 플레이어에 대한 VP 시스템을 구축하였다. 아이리버사 MP3 플레이어 iFP 700을 적용사례 대상으로 하였으며, 실제 MP3 플레이어의 두 가지 주요 기능 모듈인 MP3 음악 재생 기능 모듈과 FM 라디오 수신 기능 모듈을 고려하였다¹²⁾.

Fig. 4는 MP3 플레이어에 대한 VP 시스템 구성요소들 간의 정보 흐름을 나타낸다. VP 엔진의 기본 구성요소들 외에 LCD 모듈과 Button 모듈이 추가되었다. LCD 모듈은 MP3 플레이어의 액정화면 출력기능을 담당한다. 그리고, Button 모듈은 MP3 플레이어의 버튼들의 행동양태를 담당한다.

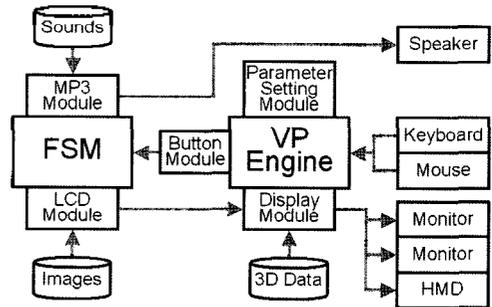


Fig. 4. Control flow of the VP system.

MP3 플레이어는 3개의 누름형 버튼(stereo, memory, mode 버튼), 1개의 레버(lever)형 버튼(navigation 버튼), 그리고 1개의 슬라이더(slidebar)를 갖는다. VP 시스템에서는 3개의 누름버튼, 1개의 레버형 버튼, 1개의 슬라이더 부위에서 마우스 오른쪽 버튼을 클릭하면 HMI 기능 관련 입력 이벤트가 발생하도록 하였다.

제품 모델 생성을 위해 역공학 방식을 적용하였다. 각 회사의 MP3 플레이어에 대한 삼차원 측정을 통해 측정 데이터를 얻은 다음, RapidForm과 Rhino3D를 이용하여 제품 모델을 생성하였다.

Fig. 5는 MP3 플레이어 iFP 700에 대한 기하모델 생성 과정을 보여준다. Fig. 5(a)는 여러 각도에서 측정한 데이터를 보여주었고, Fig. 5(b)는 전체 기하모델을 나타낸다. 이러한 결과를 얻기 위해서는 잡음제거, 정합(registration), 평활화(smoothing), 구멍채움(hole filling), 면 개수 줄임(decimation) 등의 데이터 처리 작업들을 사용하였다¹³⁾.

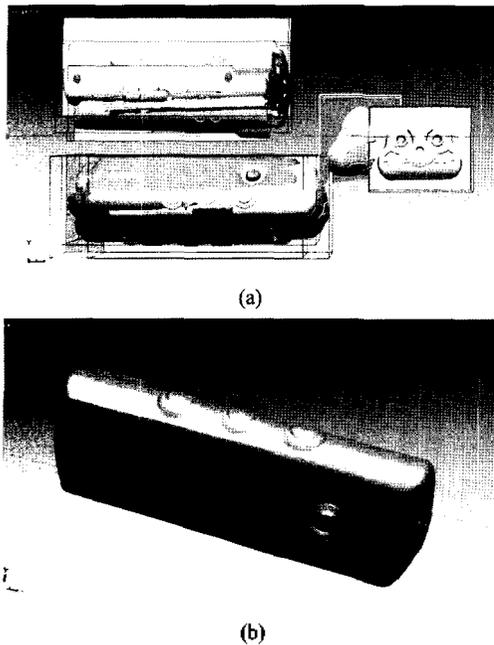


Fig. 5. Geometric model creation with RE tools.

그런 다음, 전체 기하모델을 부품 영역으로 분리한 후, 각 영역에 대한 색 및 재질 정보를 부여하였다. 기구학적 운동으로 1) 윗면에 있는 3개의 누름형 버튼과 본체 간의 수직방향 직선운동, 2) 앞면에 있는 한 개의 레버형 버튼과 본체 간의 상하좌우 및 수직방향 직선운동, 3) 아랫면에 있는 슬라이더와 본체 간의 수평방향 직선운동을 고려하였다.

그런 다음, MP3 플레이어의 HMI 기능 모델과 상태전도표를 생성하였다. MP3 플레이어가 취할 수 있는 상태들을 Fig. 6에서와 같이 상태 트리(state tree)로 표현된다. Table 1에 각 상태에 대한 설명을 요약하였다. 그런 다음, 각 상태에서 발생할 수 있는 상태전이들을 결정하고, 각 상태전이를 유발시키는 이

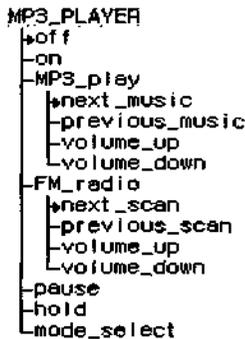


Fig. 6. State tree for an MP3 player.

Table 1. State description for an MP3 player

State	Description
Off	전원이 꺼진 상태
On	전원이 켜진 상태이며, MP3 음악이나 FM 라디오가 나오지 않은 상태
MP3 Play	MP3 음악 재생 모드이며, 하위 4가지 상태를 포함함. - Next Music: 다음 곡 선정 모드 - Previous Music: 이전 곡 선정 모드 - Volume Up: 음량증가 모드 - Volume Down: 음량감소 모드
FM Radio	FM 라디오 수신 모드이며, 하위 4가지 상태를 포함함. - Next Scan: 다음 주파수 선국 모드 - Previous Scan: 이전 주파수 선국 모드 - Volume Up: 음량증가 모드 - Volume Down: 음량감소 모드
Pause	MP3 음악 재생 모드를 잠시 멈춘 상태
Hold	모든 버튼 기능이 중단된 상태
Mode Select	(MP3 Play ↔ FM Radio) 모드 전환을 위한 대기 상태

Table 2. Event-action list for the MP3 player

Event	Action/Activity
Stereo 버튼 3초 이상 누름	전원을 켜
Stop 버튼 3초 이상 누름	전원을 끄
Stereo 버튼 클릭	현재 MP3 곡 재생 또는 잠시 멈춤 (toggle: 음악 재생 ↔ 1 잠시 멈춤)
Stop 버튼 클릭	현재 MP3 음악 재생 중지
Mode 버튼 3초 이상 누름	모드 전환을 위한 대기
Navigation 버튼 근처 ↑표시 클릭	음량 증가
Navigation 버튼 근처 ↓표시 클릭	음량 감소
Navigation 버튼 근처 →표시 클릭	- MP3 모드: 다음 곡 재생 - FM 모드: 주파수 증가, 다음 선국 방송 - 모드선택: 다음 모드 선택
Navigation 버튼 근처 ←표시 클릭	- MP3 모드: 이전 곡 재생 - FM 모드: 주파수 감소, 이전 선국 방송 - 모드선택: 이전 모드를 선택한다.
슬라이더 클릭	모든 버튼 기능 중단 설정/해제

벤트-액션 정보와 각 상태에서의 활동정보를 추가하였다. Table 2는 주요 이벤트-액션에 대한 요약을 나타낸다.

생성된 HMI 기능 모델을 바탕으로 모든 가능한 상태전이를 표시하는 상태전도표를 생성하였다.

Fig. 7은 이러한 상태전이도표를 나타낸다. 생성된 HMI 기능 모델과 상태전이도표를 바탕으로 VP 엔진의 주요 구성요소인 유한상태기계를 생성하였다.

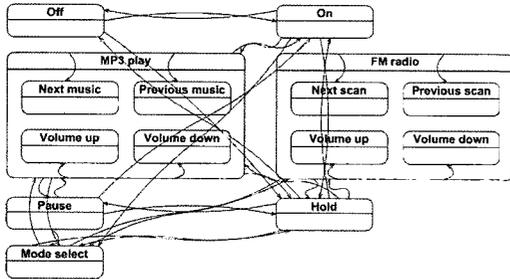


Fig. 7. State transition chart for the MP3 player.

그런 다음, 제품 모델, HMI 기능 모델, 그리고 유한상태기계를 바탕으로 구축된 가상시작모델을 VP 시스템에서 운영하였다. Fig. 8은 MP3 플레이어 가상시작모델에 대한 일부 상태들을 정지화면으로 보여주고 있다. 일부 상태에서는 동영상의 실시간 출력되며, 버튼음, MP3 노래, 라디오 선곡 등의 음성정보가 출력된다.

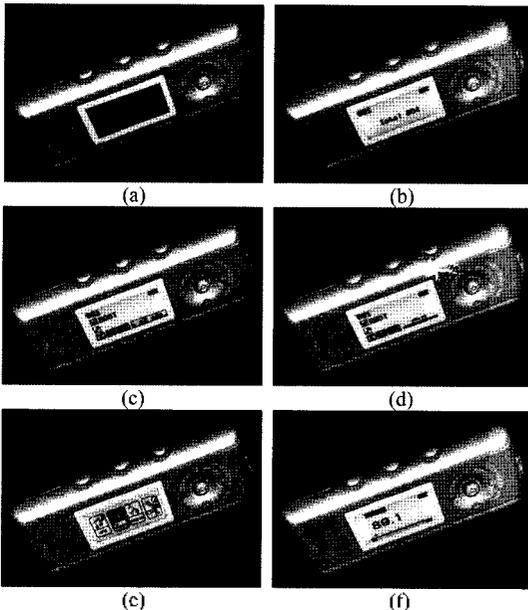


Fig. 8. VP model for the MP3 player at various states: (a) Off, (b) On, (c) MP3 Play, (d) Volume Up, (e) Mode Select, (f) FM Radio.

개발된 VP 시스템을 이용하여 사용자들로 하여금 MP3 플레이어 가상시작모델에 대한 간단한 기능성

평가를 수행하였다. Fig. 9는 구현된 VP 시스템을 이용한 MP3 플레이어 가상모델의 체험 장면을 나타낸다. MP3 플레이어의 삼차원적 외형뿐만 아니라 제품의 HMI 기능적 행동양태를 체험할 수 있어서 사용자들의 반응은 긍정적이었다. 제시된 VP 시스템을 통해 사용자들은 제품 기능에 대한 빠른 이해와 용이한 평가를 할 수 있었다.



Fig. 9. Virtual prototyping of the MP3 player.

4. 결 론

휴대용 전자제품에 내장된 기능적 행동양태는 대부분 매우 복잡하며, 인간-기계 상호작용(HMI) 작업들로 나타난다. 따라서, 이러한 제품의 특성과 기능에 대한 검토와 평가를 가상공간에서 원활하게 수행하기 위해서는 제품의 사실적인 시각화와 HMI 기능 시물레이션이 함께 제공되어야 한다.

본 논문에서는 HMI 기능 시물레이션을 가상현실 기법들과 연동하여 제품의 사실적인 시각화와 기능적 행동양태 시물레이션을 제공하는 휴대용 전자제품용 VP 시스템을 제안하였다. 제안된 VP 시스템은 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 물리적 시작품 제작 회수 감소와 전체 시작품 제작 비용 및 시간 절감
- 사용자에게 용이한 제품 기능 평가 및 사용성 평가 제공
- 제품개발과정에서 발생하는 의사전달 상의 오류 절감

현재 구현된 VP 시스템은 3D 형상모델을 이용한 HMI 기능 시물레이션이라는 측면에서 상용 소프트웨어 PlayMo 3D와 비슷하다¹³⁾. 그러나, PlayMo 3D는 개방형 구조(open architecture)를 지원하지 않으며, 다양한 입력장치 및 출력 장치와의 연동이 곤란하다는 단점을 갖고 있다. 추후 연구에서는 가상모델 운용 과

장에서 사실감(reality)과 몰입감(immersion)을 더욱 증가시키기 위해 다음과 같은 기능의 추가를 고려하고 있다.

- 데이터 글러브 또는 감각형 오브젝트를 이용한 물체의 이동 및 회전
- 촉각센서 기반 감각형 오브젝트를 이용한 물체의 특정 부위(버튼 및 스위치)의 용이한 선택

그리고, 인터넷을 통해 가상시작모델을 체험할 수 있도록 web 기반 client-server 환경으로의 확장을 고려하고 있다^[3]. 아울러, 제안된 VP 시스템을 이용하여 상용 제품들에 대한 체계적인 기능 평가 및 사용성 평가를 수행함으로써 본 논문에서 제시된 VP 시스템의 유용성을 검증하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 “휴대용전자제품의 실감모델링 기술연구” 과제의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Zorriassatine, F., Wykes, C., Parkin, R. and Gindy,

N., “A Survey of Virtual Prototyping Techniques for Mechanical Product Development”, *Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 217, pp. 513-530, 2003.

2. Choi, S. H. and Chan, A. M. M., “A Virtual Prototyping System for Rapid Product Development”, *Computer-Aided Design*, Vol. 36, pp. 401-412, 2004.
3. Shyamsundar, N. and Gadh, R., “Collaborative Virtual Prototyping of Product Assemblies Over the Internet”, *Computer-Aided Design*, Vol. 34, pp. 755-768, 2002.
4. Varady, T., Martin, R. and Cox, J., “Reverse Engineering of Geometric Models-An Introduction”, *Computer-Aided Design*, Vol. 29, pp. 255-268, 1997.
5. Lee, K., *Principles of CAD/CAM/CAE Systems*, Addison Wesley, Berkeley, 1999.
6. Burdea, G. C. and Coiffet, P., *Virtual Reality Technology*, John Wiley & Sons, USA, 2003.
7. Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D., *Product Design and Development*, McGraw Hill, New York, 2004.
8. *Building Applications for Embedded Systems, Technical Manual of RapidPLUS 8.0*, e-SIM Ltd., <http://www.e-sim.com>
9. Rhino3D, <http://www.rhino3d.com>
10. RapidForm, <http://www.rapidform.com>
11. Open GL, <http://www.opengl.org>
12. Iriver, <http://www.iriver.co.kr>
13. PlayMo 3D, <http://www.playmo.com>



박 형 준

1991년 포항공과대학교 산업공학과 학사
1993년 포항공과대학교 산업공학과 석사
1996년 포항공과대학교 산업공학과 박사
1996년~2001년 삼성전자 중앙연구소 책임연구원
2001년~현재 조선대학교 산업공학과 부교수

관심분야: Geometric Modeling and Processing, Virtual Prototyping of Engineered Products, 3D Shape Construction and Understanding, Reverse Engineering, CAD/CAM/CG Applications



이 관 행

1976년 서울대학교 섬유공학과 학사
1982년 서울대학교 산업공학과 석사
1985년 North Carolina State Univ. 산업공학과 석사
1988년 North Carolina State Univ. 산업공학과 박사

1988년~1994년 Northern Illinois Univ. 산업공학과 조교수
1995년~현재 광주과학기술원 기전공학과 교수
관심분야: Immersive Modeling, Geometric Modeling, Photo-realistic Rendering, Reflectance Measuring and Modeling, Depth Video Acquisition and Modeling



배 채 열

2004년 조선대학교 산업공학과 학사
2004년~현재 조선대학교 산업공학과 대학원 석사과정

관심분야: Virtual Prototyping of Engineered Products, Usability Test of Electronic Products, CAD/CAM Applications