

# 게임용 Haptic 인터페이스 기술 로드맵 개발에 관한 연구

이성일<sup>\*</sup> · 김성용

성균관대학교 시스템경영공학부

## A Study on Development of Technology Roadmap of Haptic Interfaces in Games

Seongil Lee · Sung Yong Kim

School of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746

A technology roadmap was developed for haptic interface technologies to be applied to games. Haptic interface technologies are expected to play an important role in games to provide gamers with interaction and immersive perception in near future, even though haptic interface technologies have been less studied than other perception-related technologies with respect to games. Information on two types of haptic interfaces - portable and desktop - and their evolution processes were analyzed in terms of technological demands. Haptic feedback technologies to realize these demands were inspected with the time frame and haptic feedback technologies were derived using a technology tree. The technology roadmap of haptic interfaces in game was finally constructed by mapping the technological demands in time with game technology trends. The technology roadmap of haptic interfaces will have implications on developing haptic interfaces to be applied to many applications including virtual realities and games.

**Keywords:** game, haptic feedback, interface, technology roadmap

### 1. 서론

정보화의 발전으로 인하여 각광받고 있는 게임산업은 단기간에 많은 기술적 발전을 이루었으며, 게임개발을 위한 기술도 게임 엔진, 시나리오 기획, 3D 그래픽, 음향 효과, 컨트롤러 등 구성분야별로 다양하게 발전하고 있다. 우리나라에서도 게임 관련 산업을 장래 국가경제 발전에 중요한 유망산업으로 간주하고, 게임산업의 국가경쟁력 제고를 위하여 게임 관련 기술 육성을 위한 정책을 수립하는 등 본격적으로 세계 게임시장에 뛰어들기 위한 노력을 진행중이다. 컴퓨터 성능의 발전과 함께 단기간에 놀라운 발전을 거듭한 게임은 기존에 컴퓨터가 정해 놓은 규칙을 따라 컴퓨터가 요구하는 반응을 보이며 진행하던 것과 달리, 최근에는 사용자와 게임 S/W, 혹은 사용자

와 게임 H/W 간의 양방향 상호작용(interaction)에 의해 게임 사용자의 현실감과 몰입감 등을 극대화하여 사용자의 반응에 의한 변화를 피드백(feedback) 받을 수 있도록 하고 있다. 이러한 게임은 최근 인기를 끌고 있으며, 서서히 기본적인 게임의 기본조건으로 자리를 잡아가고 있다(Rolling and Morris, 2000).

이러한 피드백을 통한 양방향 상호작용을 제공하는 중요 요소 중에 손과 팔 등의 감각과 움직임에 상호작용에 이용하는 것이 haptic 인터페이스 기술이다. Haptic 피드백을 통하여 사용자는 게임 속에서 자신이 취한 행동에 대한 사실적이고 실감나는 반응을 실시간으로 얻을 수 있으며, 이러한 사실적인 haptic 피드백은 게임 사용자로 하여금 현실감과 몰입감을 높여 게임에 대한 흥미를 배가시킬 수 있다. 최근에는 그간 발전해 온 haptic 인터페이스 장치를 기초로 하여 게임에 적용할 수

본 연구는 산업자원부 지원 성균관대학교 게임기술개발지원센터의 2003년 연구비 지원으로 수행되었음.

<sup>\*</sup>연락처 : 이성일 교수, 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 시스템경영공학부, Fax : 031-290-7610,

E-mail : silee@yurim.skku.ac.kr

2003년 10월 1일 접수, 1회 수정 후 2004년 4월 22일 게재 확정.

있는 장치에 대한 다양한 연구와 제품개발이 진행되고 있지만 아직까지는 초기단계에 그치고 있다. 이러한 시점에서 게임에 적용할 수 있는 haptic 인터페이스 장치에 대한 기술발전 로드맵을 개발함으로써 적절한 미래 haptic 인터페이스 장치의 발전 방향을 제시하는 것은 의미 있는 일이라 할 수 있다.

본 연구에서는 그동안 개발된 순수 haptic 인터페이스 기술을 형태와 종류에 맞게 분류하고, 게임에 적용시켜 온 haptic 인터페이스 장치에 대한 연구사례와 발전과정을 정리하였다. 이를 통하여 미래의 게임이 요구하는 바와 이에 필요한 기술을 예측하여 기술 로드맵을 작성하고, 향후 새로운 게임용 haptic 인터페이스 장치의 연구가 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 연구의 배경

### 2.1 Haptic 인터페이스의 종류

Haptic 인터페이스 장치에 대한 연구가 본격화되기 시작한 것은 80년대 초, 컴퓨터가 발전하고 보급되면서부터이다. Haptics는 손이나 손가락의 움직임과 같이 자율적인 의지에 의해 움직이면서 관절과 근육의 움직임에 의한 정보를 함께 얻는 경우, 예컨대 물체의 재질이나 크기, 모양 같은 광범위한 정보를 얻게 되는 넓은 의미의 촉각을 뜻하며, 순수하게 피부와의 정적인 접촉에 의하여 전달되는 정보를 뜻하는 좁은 의미에서의 촉각(cutaneous perception)과 구분된다. Haptic 피드백은 컴퓨터에 의해 조성된 환경, 혹은 원격장소에서 사용자가 시스템이나 객체에 손이나 팔로 어떤 행위를 가하였을 때 힘이나 질감과 같은 촉각에 관련된 느낌을 전달해 줌으로써, 보다 현실적인 양방향 상호작용을 제공하여 사용자의 현실감과 몰입감을 증대시켜 준다. 지금까지의 순수 haptic 인터페이스 기술은 바라보는 관점에 따라서 여러 가지 형태로 분류할 수 있다. 가장 일반적인 분류는 외형적 형태에 따라서 pen 형태 (펜처럼 잡고 조작할 수 있는 형태), exoskeleton 형태 (손의 관절구조 등을 이용하여 어깨의 움직임까지 사용할 수 있도록 상지를 감싼 형태), glove 형태 (glove를 끼면 손가락과 손 전체의 움직임이 입력될 수 있는 형태), tendon 형태 (실의 장력을 이용하여 힘을 나타낸 형태) 등으로 나누는 것이다. 혹은 기계적으로 힘을 전달하는 구조와 관련된 체계의 관점에서 자유도(degrees of freedom) (Burns, 1966)에 의해서 분류할 수 있다.

또한 사용 형태별로 분류하면 haptic 인터페이스 기술들은 휴대용과 desktop으로 구분할 수 있다 (Bar-Cohen, 1999). 휴대용 haptic 인터페이스 장치는 말 그대로 무게나 크기를 줄여서 휴대가 용이하게 한 것으로 glove type, exoskeleton type이 포함되며, desktop 장치는 휴대가 불가능하며 지면에 고정되어서 사용자에게 haptic 피드백을 전달하는 것으로 pen type, tendon type, 그리고 magnetic levitation과 같은 기타 종류 등이 포함된다.

Haptic 인터페이스를 구현하는 기술에는 크게 두 가지가 있

다. 첫 번째는 force 피드백을 이용한 기술로서, 전자기 모터 (electromagnetic Motor), 유압(hydraulic), 공기압(pneumatic), 압전체(piezoelectric), 형상기억합금 등의 기술을 응용하여 사용자에게 무게, 균형, 반력, 탄력, 표면의 강도 등에 대한 힘을 전달한다. 두 번째는 tactile 피드백으로 피부의 자극에 의해서 형성되는 느낌을 tactile display를 통해서 전달하는 것이다 (Howe, 1998). 사용자에게 모양이나 형태, 질감, 온도 등에 대한 정보를 사실적인 느낌으로 전달하기 위하여 압전결정(piezoelectric crystal), 공기압(pneumatic), 형상기억합금, 솔레노이드(solenoid), 음성 코일(voice coil) 등을 응용한다. Tactile 피드백은 일반적으로 가볍고 휴대성이 좋으나, force 피드백에 비해서 현재까지 기술적으로 축적된 연구결과가 적어 정확하게 구현하기가 어렵다 (Burdea, 1996).

### 2.2 기술 로드맵의 개념

최근 기술의 수명주기가 짧아짐에 따라 발전과 쇠퇴가 급격하게 이루어지면서 기술기획은 매우 중요해 지고 있는데, 기술 로드맵은 기술기획 또는 기술전략 도구 중의 하나이다. 이와 유사한 기법들로 technology tree, 기술예측, 기술수요조사 등이 있다 (Bray and Garcia, 1997). Technology tree는 해당 기술분야 전역에 걸친 분류 및 계통도를 작성함으로써 기존 기술의 상호 관계를 보여주는 기법이다. 기술예측은 기술개발의 필요성 보다는 단지 미래에 나타날 수 있는 가능한 기술분야를 보여주는 작업이다. 기술수요조사는 기술혁신 주체들이 개발을 원하는 기술분야를 도출하는 것이다. 기술 로드맵은 어떤 기준을 어떤 시간 골격 내에서 추구할지를 선택 가능하게 하고, 불확실한 미래에 대한 기술전략으로서 핵심기술을 선행 확보하게 하여, 조직 간의 목표와 전략을 공유할 수 있도록 하는 방법론이다. 즉, 미래 기술환경에 대해 비전과 목표를 우선적으로 제시하고 기술적 요소들 사이의 구조적이고 시간적인 관계를 규명함으로써 핵심기술을 확보하기 위한 중장기적 계획을 수립하는 것이라 할 수 있다 (이석한, 2000).

기술 로드맵의 유용성에 대해서 미국 Sandia National Lab (1998)에서는, ① 목표로 한 제품을 실현시키기 위한 기술 차이나 중요한 기술을 확인, ② 연구활동의 조정을 통하여 R&D 타자의 방법 확인, ③ R&D 포트폴리오 제시, ④ 경쟁력을 유지할 수 있는 핵심영역 표시, ⑤ 마케팅 도구로 사용, ⑥ 고객의 요구를 파악하고 그 요구에 부합하는 기술선정 등으로 밝히고 있다. 또한 미국 에너지성(Department of Energy, 1988)에서는 로드맵의 유용성으로, ① 중장기 핵심제품군을 위한 필요기술과 핵심기술을 명확히 규명하고, ② 제품의 핵심기능이나 성능 파라미터에 필요한 일련의 기술과 기술발전 정도, 보유기술과 핵심역량을 제시하며, ③ 복잡한 기술변화의 연계성과 기술통합을 가시적이고 실감나게 표현할 수 있고, ④ 개발전략과 일정을 정확하게 제시하며, ⑤ 불확실성과 위험부담의 정도에 대한 검토가 용이하고, ⑥ 기술을 모르는 위험부담의 정도에

대한 검토가 용이하다 등으로 꼽고 있다.

일반적으로 로드맵은 노드(node)와 링크(link)로 구성되며, 이것을 이루는 요소들은 시간, 연계성, 기술군과 상호작용, skills/science/know-how, resources 등 다섯 가지가 있다 (김상길, 2001). 시간은 과거와 현재의 기술을 토대로 미래의 기술을 예측하고 핵심기술을 규명해야 하므로 기술 로드맵을 전개하는 데 있어서 가장 중요한 고려사항이다. 또한 연계성은 현재 퍼포먼스에서 미래 퍼포먼스까지 제품 및 기술의 연계를 표시하며 외부 영향인자까지 고려하는 요소이다. 핵심기술군과 상호작용은 기술이나 제품의 흐름 속에 내재된 기술군을 규명함으로써 핵심기술을 추출하고 이들의 상호작용을 통해 미래의 핵심기술을 도출한다.

현재까지 제시된 기술 로드맵을 개발하는 방법을 살펴볼 필요가 있다. 우선 모토로라 사의 Emerging Technology Roadmap과 Product Technology Roadmap을 들 수 있는데(Willyard and McClees, 1987), Emerging Technology Roadmap은 모토로라의 기술과 관련된 역량을 객관적으로 평가하고, 이를 경쟁사와 비교분석함으로써 자사 기술의 현 주소와 목표를 관리하는 데 사용하기 위하여 개발되었으며, Product Technology Roadmap은 시장과 제품을 중심으로 필요한 기술들 간의 관계를 정리함으로써 시장전개에 중점을 둔 개발기술을 보여주었다. 필립스의 Groenveld (2000)는 가장 상위레벨에 시장을 두고 그 하위에 상위레벨의 요구에 부합하는 제품과 기술, 그리고 R&D 프로젝트를 구체화하고 이를 시간축에 대해 전개함으로써 기술전략과 사업전략을 잘 통합하는 로드맵을 개발하였다. 즉, 시장을 가장 상위에 우선순위로 전개하고, 이를 기준으로 그 하위에 고객이 요구하는 제품전략을 수립하고, 이러한 제품의 개발과 관련된 기술들을 그 하위에 정의하며, 맨 아래에 이러한 기술들을 수행하기 위한 R&D 프로젝트에 대한 계획을 수립함으로써 자연스럽게 시장과 프로젝트 간의 통합이 이루어지는 것이다. Bray and Garcia(1997)는 로드맵의 틀과 로드매핑 프로세스에 대한 연구를 통해 기술기획과 전략을 통합할 것을 강조하였으며, 로드맵 개발을 위한 예비활동, 기술 로드맵의 개발, 추후활동 등 3단계 프로세스를 제시하였다. 이 중 첫 번째 단계인 예비활동단계는 로드맵의 작성을 위한 조직의 기초환경, 리더십 등의 제공을 포함하고 있으며, 두 번째 단계인 기술 로드맵의 개발단계는 실질적으로 로드맵의 전개에 있어서 필요한 일련의 과정을, 세 번째 단계인 추후활동에서는 로드맵의 확인 및 실행계획의 개발을 정의하고 있다.

본 논문에서의 기술 로드맵의 전개는 게임시장과 제품개발에 대한 측면보다는 향후 국가 게임산업에 있어서의 haptic 인터페이스 기술을 위한 필요기술을 전략적 차원에서 고찰하고자 하여, 기술 로드맵의 전개과정으로 Bray and Garcia(1997)의 연구에서 제시된 3단계 프로세스 중 기술 로드맵의 개발에 대한 프로세스를 기반으로 하였다. 이와 동시에 현재 haptic 피드백 기술의 전반적인 흐름을 파악하기 위해 technology tree를 사용하여 기술요소들을 추출하였다. 이로부터 기술대안을 결정

하는 데 있어 기존 기술의 변화 추세나 중요한 변수로 작용하는 기술동인(한국산업기술평가원, 2001)들을 구체화할 수 있다. 또한 본 연구에서는 조직의 특성이나 비용-효과 등과 상관없이 향후 게임용 haptic 인터페이스의 연구개발을 위한 보편적인 기술 로드맵을 제시하고자 하였으므로, 기술 로드맵의 노드와 링크를 구성하는 다섯 가지 구성요소 중 가장 공통적이고 일반적인 시간, 연계성, 핵심기술군과 상호작용만을 고려하여 전개하였다.

### 3. Haptic 인터페이스 기술 로드맵의 전개

Haptic 인터페이스 기술과 이 기술이 적용된 제품들을 과거부터 현재까지 장치별로 수집하였다. 정보수집은 크게 두 가지 영역에 걸쳐서 수행되었는데, 첫 번째는 게임과 관계없는 순수 haptic 인터페이스 기술의 연구사례와 제품을 대상으로 하였고, 다른 한 가지는 지금까지 개발된 게임 컨트롤러들에 직접 적용된 haptic 인터페이스만을 대상으로 하였다. 이렇게 수집된 정보와 사례들은 공통적인 기술을 바탕으로 연관관계에 의해서 재분류되어 카테고리를 형성하고, 카테고리별로 시간적인 선후관계나 인과관계에 의해서 배열됨으로써, haptic 기술의 발전 현황이 보기 쉽게 지도(map)로 작성되었다. 그럼으로써 Bray and Garcia(1997)가 제시한 기술 로드맵의 프로세스 중 작성 프로세스의 두 번째 단계까지 수행하게 된다.

Step 1: 로드맵의 대상분야(제품) 확인

Step 2: 주요 시스템 구성요소와 그 목표 확정

#### 3.1 순수 haptic 인터페이스 제품으로부터의 핵심기술 추출

기존의 순수 haptic 인터페이스 장치에서 사용되었던 force 및 tactile 피드백 기술들은 바로 체감형 게임에 응용될 수 있으며, 사용자와 게임 간의 양방향 상호작용을 제공해 주는 데 중요한 역할을 할 핵심기술이라 할 수 있다. 핵심기술의 추출을 위하여 순수 haptic 인터페이스 장치들을 이동성을 갖춘 휴대용 haptic 장치들과, 고정된 위치와 장소에서 조작할 수 있는 탁상형 haptic 장치들, 그리고 기존 게임에 적용된 기술을 파악하기 위한 게임용 컨트롤러로서의 haptic 장치들로 분류하여 자료를 수집하였다. 이를 토대로 앞서 소개하였던 technology tree를 이용하여 게임에 적용될 수 있는 force 및 tactile 피드백의 핵심기술요소를 <그림 1>과 같이 추출하였다. 기술계통도에는 haptic 피드백을 제공하기 위한 구동(actuator)기술들을 하위단계에 정의하였다. 이를 통하여 다음과 같은 5번째 단계까지의 작성 프로세스를 마친다.

Step 3: 주요기술 분야의 세분화

Step 4: 기술동인 설정

Step 5: 기술대안 및 실현 시점의 설정

3.1.1 휴대용(portable) Haptic 인터페이스 장치에 대한 지도

휴대용 haptic 인터페이스 장치에 대한 조사는 조작을 용이하게 하고 휴대성을 높인 게임 컨트롤러와 관련이 있다. 즉, 기존의 게임 컨트롤러에 haptic 피드백을 제공함으로써 간단하고 편리한 사용성을 제공함과 동시에 현실감을 높일 수 있으므로 이를 미래 게임용 haptic 인터페이스 장치를 위한 요구사항에 매핑함으로써 핵심기술을 도출할 수 있다. 휴대용 haptic 인터

페이스 장치에는 <그림 2>와 같이 exoskeleton 형태와 glove 형태가 포함된다.

Exoskeleton 형태는 외골격 모양의 장치를 장착하고 힘을 전달하거나 받을 수 있으며, Dexterous Hand Master(Youngblut *et al.*, 1996)나 CyberGrasp(Virtual Technologies, 1999)와 같은 것들이 이에 속한다. 적용되는 신체부위는 주로 손가락의 움직임을 포함한 손과 팔을 대상으로 하지만, 이동성을 갖춘 전신 exoskeleton 장치의 개발도 진행되고 있다 (Hollerbach, 2000). 즉, exoskeleton 형태의 haptic 인터페이스 기술은 손뿐만 아니라 전신의 동작으로 조작이 가능하고, 따라서 향후 신체 전체를 통

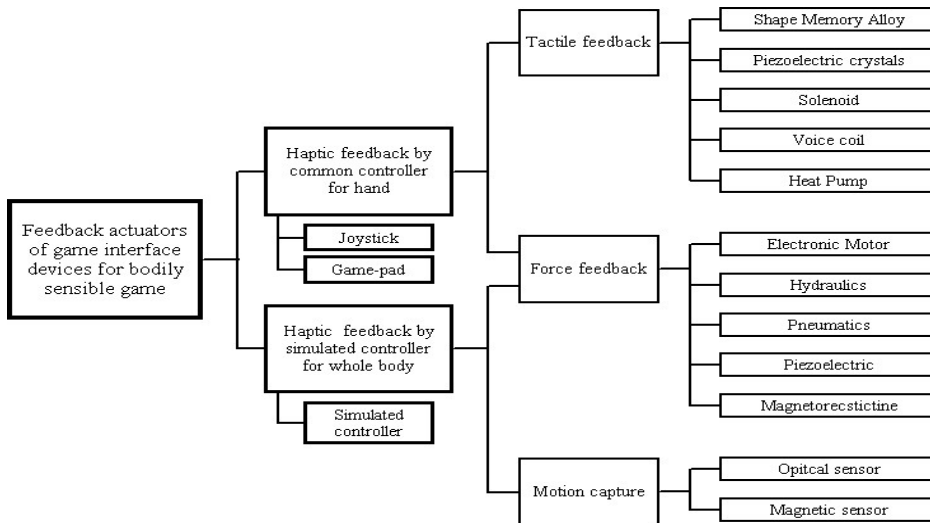


그림 1. Technology tree를 이용한 기존의 haptic 피드백 기술 계통도.

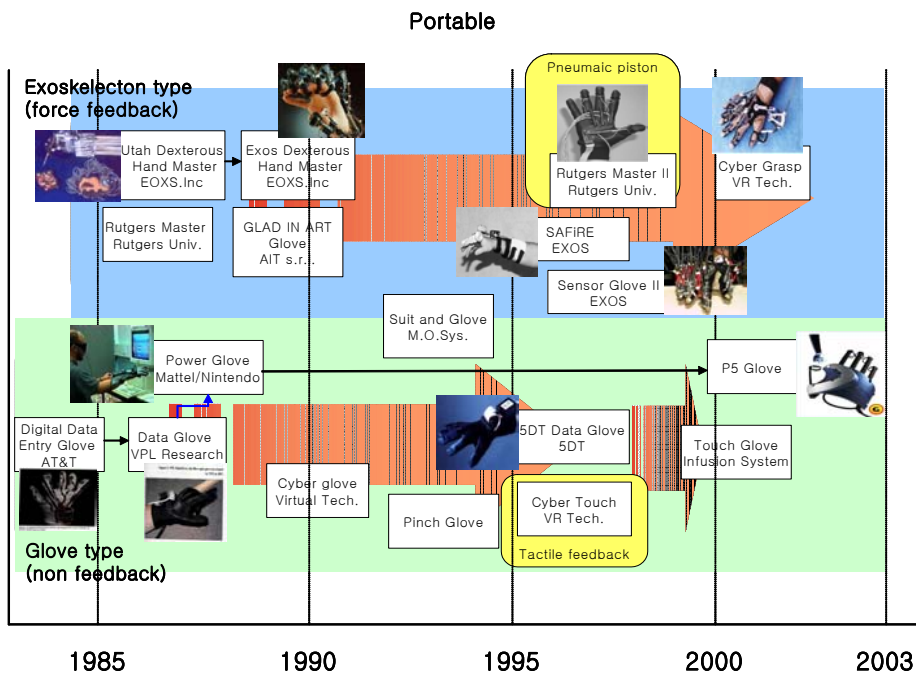


그림 2. 휴대용 haptic 인터페이스 장치에 대한 지도.

해 force 피드백을 느낄 수 있는 게임 개발을 위한 기술의 토대가 될 수 있다.

Glove 형태는 주로 손의 위치나 움직임 방향 등을 추적하여 게임 안의 가상환경을 제어하기 위한 장치로서, AT&T의 Digital Data Entry Glove(Youngblut *et al.*, 1996)가 발전하여 VPL Data Glove나 Touch Glove 등 optic sensing 기술에 이르게 되었다. 그러나 VR Technology 사의 Cyber Touch가 tactile 피드백을 제공하는 것을 제외하고는 일반적으로 glove 형태의 인터페이스 장치만으로는 사용자에게 충분한 haptic 피드백을 전달할 수 없으며, Data Glove처럼 비교적 무거운 별도의 장치를 부착함으로써 force 피드백의 전달을 가능하게 할 수 있다. 게임용으로 최초 개발되었던 glove 형태의 인터페이스 장치로 80년대 중반에 Nintendo사의 Power Glove가 있었으나 별다른 호응을 얻지 못해 시장에서 곧 사라졌고, 2002년 Essential Reality사에서 Power Glove를 개선한 P5 Glove를 출시함으로써 glove 형태의 게임 컨트롤러가 다시 모습을 드러내었으며 (Essential Reality, 2002), 보다 현실감 있고 재미있는 게임을 위해 앞으로도 이러한 노력은 계속될 추세이다.

3.1.2 탁상형(desktop) Haptic 인터페이스 장치에 대한 지도

탁상형 haptic 인터페이스 장치는 이동성은 없지만 고정된 자세나 위치에서 haptic 피드백을 제공하므로 기존 게임 컨트롤러를 대체하거나 개선하기 위한 기술을 제공할 수 있으며 비교적 쉽게 구현할 수 있다. 탁상형 haptic 인터페이스 장치에

는 주로 pen 형태나 tendon 형태가 포함되며(<그림 3>), 손을 이용하여 위치와 방향을 입력한다는 점에서 기존의 조이스틱이나 레이싱 게임을 위한 자동차 핸들 등의 게임 컨트롤러와 관련이 있다.

탁상형 haptic 인터페이스 장치에는 1993년에 개발된 Sensable 사의 PHANToM(Youngblut *et al.*, 1996; Cavusoglu *et al.*, 2002), 2000년도에 개발된 FCS System의 Haptic Master(Horie *et al.*, 2000)와 같은 Pen 형태와 1989년도에 동경대학에서 개발된 SPIDAR와 같은 tendon 형태(Ishii *et al.*, 1994; Youngblut *et al.*, 1996; Buoguilu *et al.*, 2000), 그리고 기타 형태가 있다. 이들이 제공하는 haptic 피드백은 전동 모터를 구동기로 사용하여 force 피드백을 사용자에게 전달하도록 하였다.

이렇게 조사된 haptic 인터페이스 장치 사례들을 장치 유형과 대상 신체부위별로 정리하고 제공하는 haptic 피드백 유형을 <표 1>에 나타내었다.

표 1. 순수 haptic 인터페이스 장치들의 유형과 대상 신체부위

휴대용(Portable)		탁상형(Desktop)		
Glove	Exoskeleton	Pen	Tendon	Other
손	손, 팔, 전신	손	손	손

<표 1>에서 알 수 있듯이 순수 haptic 인터페이스 장치들은 손을 이용하여 조작하고 haptic 피드백을 받을 수 있도록 개발

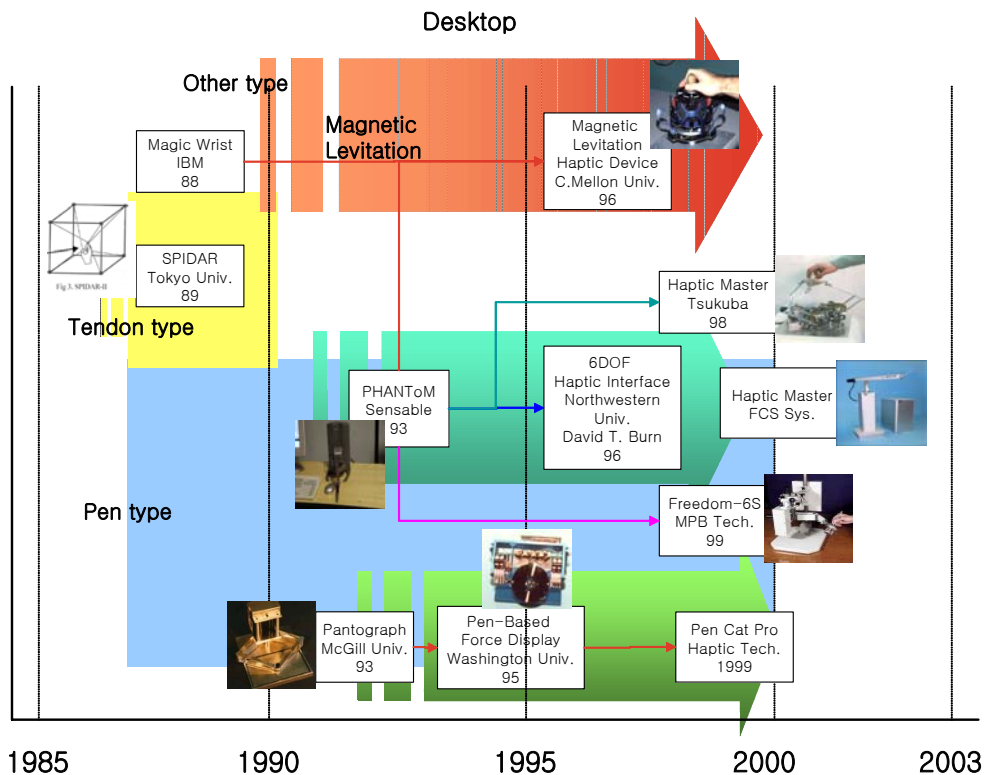


그림 3. 탁상형 haptic 인터페이스에 대한 지도.

되었으며, 특히 exoskeleton 형태의 haptic 인터페이스 장치는 손이나 팔 뿐만 아니라, 다양한 신체 전체 부위로까지 확장해서 전신의 움직임과 힘의 전달이 가능하도록 개발되고 있었다. 기존의 순수 haptic 인터페이스 장치들의 이동성에 따른 분류와 적용 신체부위에 따른 분류는 바로 뒤에서 조사할 기존 게임 컨트롤러의 그것들과도 관련이 있어 게임용 haptic 인터페이스 장치에도 적용, 발전될 수 있으며 기술 로드맵을 전개하는데 활용할 수 있다.

이 외에도 현재까지 Magic wrist, Magnetic levitation haptic device와 같이 자기장의 변화에 의해 힘을 전달하거나 받을 수 있는 장치들이 개발되어 있지만, 속도 면에서 실용성이 크게 떨어지고 구현하기도 어렵지만, 안정된 큰 힘을 유지할 수 있는 장치들도 있다.

3.2 게임에 적용된 기존 Haptic 인터페이스 기술요소

초기에 게임을 위한 별도의 컨트롤러로 조이스틱이나 게임패드가 모습을 드러낸 당시만 해도 아무런 피드백이 없어서, 사용자는 게임과 완전히 격리된 세계에서 단순한 키 입력을 통한 명령만 내릴 수 있었다. 그러나 게임기술들이 발전하기 시작하면서 소프트웨어나 하드웨어를 통한 사용자의 적극적인 참여 가능성이 높아지고 게임들은 사용자와의 상호작용을 통해 다양한 상황과 피드백을 전달해 주게 되었다(〈그림 4〉).

이러한 게임들이 대상으로 하는 신체부위도 haptic 인터페이스 장치들과 마찬가지로 손과 전신으로 분류하여 바라볼 수 있다. 초기의 조이스틱과 게임패드가 합쳐져 조이패드의 형태

로 개발되면서 처음으로 진동을 이용한 force 피드백을 사용자의 손에 전달하게 되었고, 자동차 경주와 총을 쏘는 게임 등의 전신체험 시뮬레이션 게임에도 운전대(steering wheel)와 게임패드를 통하여 손뿐만 아니라 전신에까지 모터의 진동을 통해 force 피드백을 전달하면서 실제 상황과 같은 느낌을 제공하게 되었다. 그리고 1990년대 중반 이후로 각광을 받고 있는 DDR이나 펌프 등의 리듬에 따라 몸을 움직이는 모션게임은 아직까지는 haptic 피드백을 제공하지는 않고 있어 haptic 인터페이스를 갖춘 게임기술로 분류하기는 어렵다.

이처럼, 게임 컨트롤러가 어떠한 모습과 기능으로 개량되고 개선되었으며, 어떠한 새로운 형태가 출현하였는지 시간에 대해 그 흐름을 규명함으로써 미래의 게임 컨트롤러가 갖추어야 할 모습과 요구사항을 예측하였다. 이를 기존의 단순 haptic 인터페이스 기술에 비추어 실현될 수 있는 게임용 haptic 인터페이스 기술들을 정의하고자 한다.

3.3 미래 게임용 Haptic 인터페이스 장치를 위한 기술 로드맵의 기준점 제시

앞으로 개발할 게임용 haptic 인터페이스 장치들이 전신 체험 게임을 지향하기 위해서 필요한 로드맵의 기준점을 정의하였다. 여기서 말하는 기준점이란 게임용 haptic 인터페이스를 위한 기술 로드맵을 작성하기 위해 시간적 흐름에 대한 요소들의 배치를 일관되게 이끌기 위한 횡축의 카테고리를 말한다.

Haptic 피드백을 제공하는 게임 인터페이스 기술 로드맵에 어떤 기술대안들을 포함시킬지 결정하는 요인으로 가장 중요

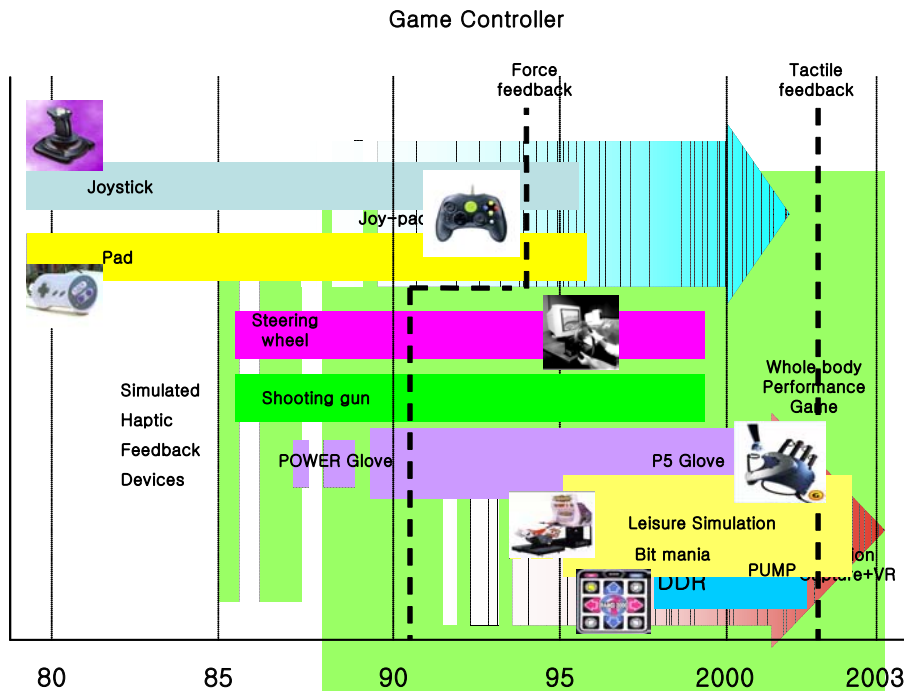


그림 4. 기존의 게임 인터페이스 장치에 대한 지도.

한 것은 미래의 haptic 게임 인터페이스 장치들이 필요로 하는 기술이 무엇이며 기존 기술을 통해 쉽게 적용 가능하고 구현 가능한가 하는 것이다. 그래서 기존 기술들의 발전 추세로부터 이러한 요인들을 고려한 기술동인들을 규명해 보고 그것들을 핵심기술로 정의함으로써 필요한 기술대안들을 가려낼 수 있다. 지금까지 도출된 기존 haptic 인터페이스 장치들의 변화, 게임 인터페이스 장치의 변화, 기존 기술들의 문제점 및 신기술의 출현에 관한 기술동인은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 자유도 (degree of freedom)
- ② 다중 (hybrid) haptic 피드백
- ③ 이동성
- ④ 대상 신체부위
- ⑤ 상호작용의 형태
- ⑥ 6 자유도 pen 형태와 glove 형태의 게임 인터페이스 기술의 존재 여부
- ⑦ 기존 기술의 문제점
- ⑧ 신기술

이러한 기술동인에 기준하여 다음 단계에서 haptic 게임 인터페이스 장치의 기술 로드맵을 위한 기술대안들을 선정할 수 있다. 본 연구에서는 Vincent Hayward(1996)가 haptic 인터페이스 장치와 신체와의 연결 관점에서 손, 전신, 단방향 상호작용의 세 가지로 제시했었던 것에 착안해서, ① 손을 사용하는 게임, ② 우주선 조종이나 승마, 낚시 등 전신의 동작과 피드백을 통한 실질적인 체험을 제공하는 전신 체감형 시뮬레이션 게임, ③ 댄스게임과 같이 전신의 동작을 사용하되 피드백을 제공하지 않는 모션게임 등의 세 가지 관점을 기준으로 적용이 가능한 haptic 피드백 기술을 고찰함으로써 기술 로드맵 전개를 위

한 요소들을 구성하였다.

즉, 현실감과 몰입감을 제공하며 상호작용하기 위해 어떠한 haptic 피드백 장치들이 신체부위에 적용될 수 있는지 앞서 조사한 장치사례를 기준으로 통합하고 재구성함으로써, 미래형 게임용 haptic 인터페이스 장치를 위한 기술 로드맵에 제시해야 하는 요구사항을 <그림 5>의 형태로 나타내었다. <그림 5>에 의하면 기존에 개발된 휴대용, 탁상형, 게임 컨트롤러 등의 장치들은 크게 손과 전신을 위한 haptic 인터페이스 장치로서 제시되었으며, 이는 곧 미래의 게임용 haptic 인터페이스들도 손과 전신에 haptic 피드백을 제공할 수 있도록 해야 한다는 것을 의미한다고 볼 수 있을 것이다.

#### 4. Haptic 인터페이스 기술 로드맵의 작성

##### 4.1 기술 로드맵의 구성

앞의 단계들을 통해 얻어진 요구사항과 기술요소들을 사용하여 게임용 haptic 인터페이스 장치를 위한 기술 로드맵을 작성하였다. 가로축은 시간으로 전개하고, 세로축에는 신체의 대상 부위별로 분류한 후, 다시 피드백의 유형별로 분류함으로써 신체 대상 부위별로 haptic 피드백을 제공하기 위한 기술들을 보여주고 있다.

기존 haptic 인터페이스 장치들을 조사한 결과를 바탕으로 크게 이동성의 관점에서 휴대용과 desktop으로, 대상 신체부위의 관점에서 손과 전신을 위한 기술로 분류해서 전개를 하되, 본 논문은 게임용 haptic 인터페이스 기술을 위한 로드맵을 제시하는 것이 목적이므로 추가적으로 게임 컨트롤러에 대한 분류를 포함하여 작성하였다. 이러한 기초영역 아래 모아지는

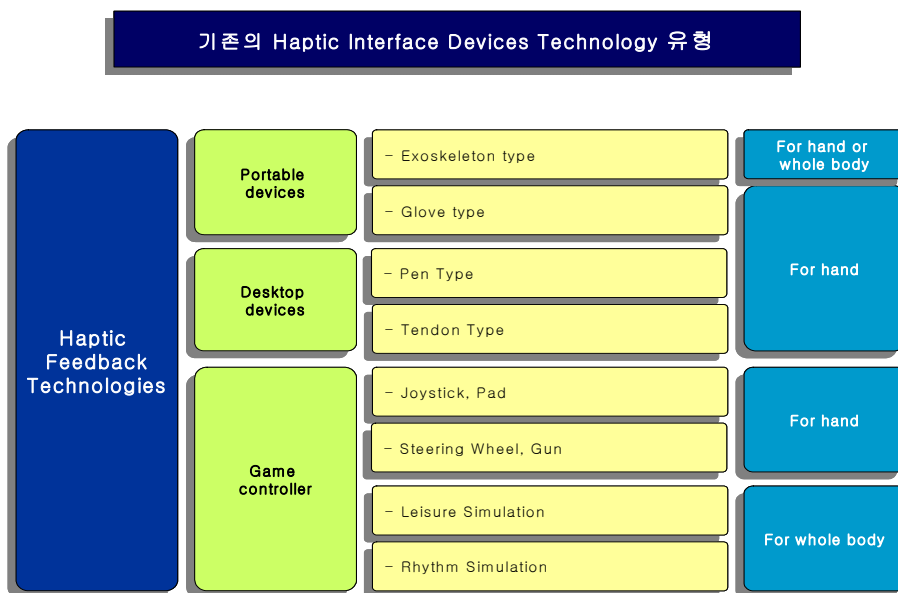


그림 5. 게임에 적용된 기존 haptic 인터페이스 기술의 분류.

장치별, 기술별 자료를 정리하기 위한 기준은 아래의 4가지로 정리되었다.

- ① 시간에 대한 일련의 흐름: 시간축에 대하여 기존 장치 간의 선후관계를 밝힘으로써 앞으로 연장선상에서 전개될 미래 기술의 예측을 가능하게 한다.
- ② 유형별 분류: haptic 인터페이스 내에서 발생한 유형별 흐름과 파생을 파악함으로써 haptic 인터페이스 기술의 추출을 용이하게 하고 미래의 핵심기술을 파악한다.
- ③ 제공하는 피드백 유형: 시간의 흐름에 따라, 혹은 유형에 따라 제공하는 피드백 유형의 변화와 특성을 파악하고, 보완되어야 할 기술과 피드백 유형 간의 상호작용 등을 고려할 수 있도록 한다.
- ④ 장치별 연관관계와 인과관계: 장치별 연관관계나 연구 사례의 인과관계 등을 밝힘으로써 장기간에 걸쳐 새로운 기술과 연구사례가 나타나는 것에 비중을 두고 핵심기술을 예측한다.

순서를 결정하기에 앞서 대략적인 시간에 대한 제품의 개발 특징을 우선적으로 고려하였다. 이는 여러 가지 기술대안들을 대략적인 단기, 중기, 장기의 3단계 기간으로 묶고 이후에 인과관계와 전후관계를 결정함으로써 대안들이 연결되는 경우의 수를 줄여 비교적 쉽게 인과관계를 도출하고 실현 시점을 예측하기 위한 것이다.

- ① 단기: 기존의 haptic 인터페이스 기술로 충분히 개발이 가능한 장치로서 필요한 핵심기술이 모두 확보된 상태의 기술들로 정의한다.
- ② 중기: 기존 기술을 변형하고 개선함으로써 타 제품에 적용하는 수준의 기술개발들을 중기로 간주한다.
- ③ 장기: 기존 기술들을 통합하거나 엮음으로써 새로운 기술의 장치를 개발하는 경우, 기존에 없던 전혀 새로운 기술을 개발하거나 혹은 기존에 있었다더라도 그 기술이 한계에 부딪혀 그것을 해결하기 위해 새로운 방법을 모색해야 하는 경우를 장기로 간주한다.

4.2 실현 시점의 설정

실현 시점의 설정에 있어서 기술대안들의 인과관계와 실현

4.2.1 단기 기술대안

<표 2>는 단기 상에 놓이게 되는 기술대안들을 카테고리별로 적용 가능한 기존의 haptic 인터페이스 장치의 형태에 의해

표 2. 기술 로드맵 단기 기술대안의 유형 분류

카테고리		단기 기술대안	유형
손을 위한 haptic 피드백	Force	① 6자유도 Force 피드백 조이스틱	Pen
	Tactile	② 6자유도 Glove 형태의 Tactile 피드백 게임 컨트롤러	Glove
전신을 위한 haptic 피드백	Force	③ 단일 Force 피드백 게임 인터페이스 장치	Exoskeleton
	Tactile	④ 단일 Tactile 피드백 게임 인터페이스 장치	-

표 3. 단기 기술대안과 중기 기술대안 간의 인과관계 도출

단기 기술대안	중기 기술대안	유형
① 6자유도 Force 피드백 조이스틱	Ⓐ Tactile 피드백 조이스틱	Pen
	Ⓑ 전자기 모터 관성의 최소화	-
② 6자유도 Glove 형태의 Tactile 피드백 게임 인터페이스 장치	Ⓒ 확장 자유도 Glove 형태	Glove
	Ⓓ 다중의 Tactile 피드백 제공	-
③ Exoskeleton 형태의 단일 Force 피드백 게임 인터페이스 장치	Ⓔ 확장 자유도 Exoskeleton 형태 장치	Exoskeleton
	↓	
-	Ⓕ 손/팔 이외의 신체 부위 적용	Exoskeleton
-	Ⓖ 경량화 추구	-
-	Ⓗ 전자기 모터 관성의 최소화	-
④ 단일 Tactile 피드백 Exoskeleton 형태의 게임 인터페이스 장치	Ⓖ 다중의 Tactile 피드백 제공	-



분류한 것이다. Pen 형태, glove 형태, exoskeleton 형태의 장치 기술로 실현 가능한 기술대안들이 각각 한 가지씩 도출되었다.

4.2.2 단기-중기 기술대안

앞의 <표 2>에서 pen 형태, glove 형태, exoskeleton 형태의 분류에 속하는 기술대안에 대해 중기 기술대안들 중에서 연속적인 개발이 가능한 기술대안이 있는지 <표 3>과 <표 4>를 통해서 찾아보고 인과관계를 도출하였다. <표 3>의 ③항을 보면, 중기 기술대안 내에서도 전후관계가 성립되는 것이 발견되었다. 현재 개발된 수준의 exoskeleton 형태의 장치에 더 많은 자유도를 확보하고, 그러한 기술을 바탕으로 손과 팔 이외의

신체에도 적용 가능하기 때문이다.

4.2.3 중기-장기 기술대안

중기 기술대안에서 장기 기술대안으로 넘어가는 시점은 기존 기술들로부터 연속적으로 이어지는 기술들이 전신 체감형 haptic 피드백 인터페이스 장치를 추구하기 위해 통합되어 가는 시점이거나 기존에 없던 새로운 기술이 구현되는 시기이다. 도출된 핵심기술들을 토대로 하여 <그림 4>와 <그림 5>를 상호 매핑하고, 도출된 기술대안들의 인과관계를 토대로 실현 가능성과 구현 가능한 시간을 고려하여, 미래 게임에 적용될 수 있는 haptic 인터페이스 장치에 대한 기술 로드맵을 전

표 4. 중기 기술대안과 장기 기술대안 간의 인과관계 도출

중기 기술대안	장기 기술대안	유형
a) Tactile 피드백 조이스틱 b) 전자기 모터 관성의 최소화 c) 확장 자유도 Glove 형태 d) 다중의 Tactile 피드백 제공	㉠ 다중의 복합 haptic 피드백 게임 인터페이스 장치	-
-	㉡ Nano 기술 응용	-
f) 손/팔 이외의 신체 부위 적용	㉢ 전신의 움직임에 대한 자유도	Exoskeleton
g) 경량화 추구	㉣ 다중의 복합 haptic 피드백 게임 인터페이스 장치	-
h) 전자기 모터 관성의 최소화	㉤ 이동성 확보	-
i) 다중의 Tactile 피드백 제공	㉥ Nano 기술 응용	-

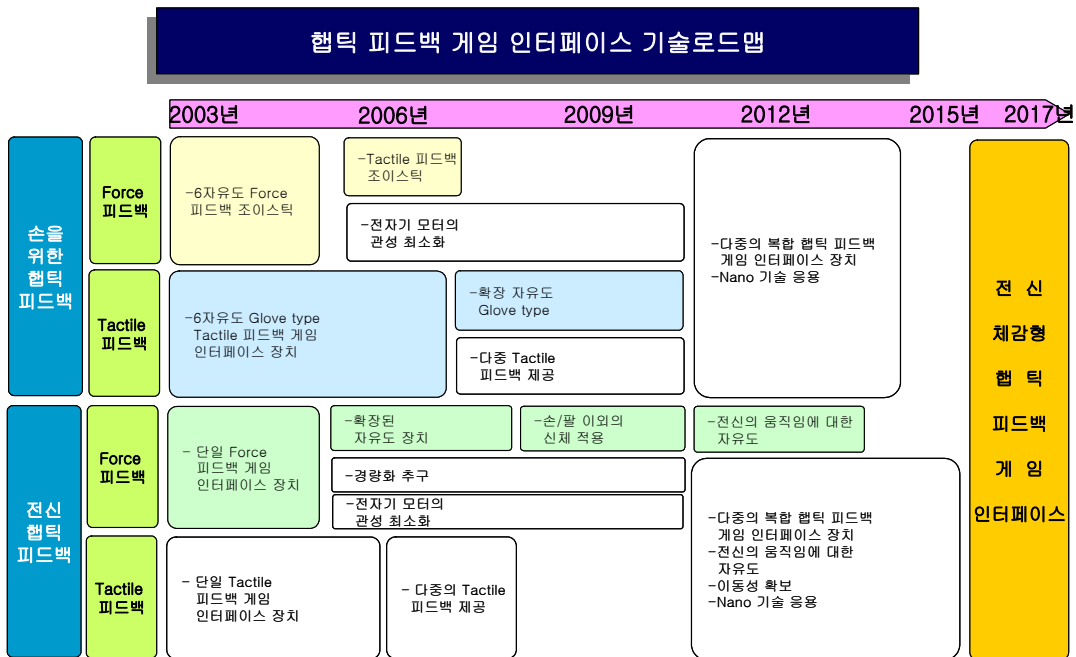


그림 6. 전신 체감형 haptic 피드백 게임 인터페이스 장치를 위한 기술 로드맵.

개하였다(<그림 6>). 본 기술 로드맵의 목표는 고도의 현실감과 몰입감을 제공할 수 있는 haptic 인터페이스의 개발을 위해 앞으로 투자하고 집중해야 할 기술들을 현실적이면서도 객관적으로 제공하는 것이다.

### 5. 결론 및 토의

게임에 적용될 수 있는 기존의 haptic 인터페이스는 크게 휴대용(portable)과 탁상(desktop)형으로 분류되며, 적용되는 신체부위에 따라서 손을 위한 것과 전신을 위한 것으로 분류될 수 있다. 피드백 유형에 따라 force 피드백과 tactile 피드백으로 나눌 수 있고 각각의 피드백을 구현하기 위해 여러 가지 구동기술이 사용된다. 신체에 이러한 정보를 제공하여 게임의 현실감과 몰입감을 높일 수 있는 게임 컨트롤러에서도 이와 같은 분류법을 그대로 적용할 수 있다. 본 연구에서는 미래 게임용 haptic 인터페이스도 위의 분류와 동일하게 휴대용과 탁상형으로 분류하고, 또 대상 신체부위에 따라 손과 전신을 위한 피드백 기술분야로 큰 흐름을 잡고, 적용 가능한 haptic 피드백을 위한 actuator를 주요한 기술요소로 전개함으로써 로드맵을 개발하였다.

현재까지 haptic 인터페이스의 응용분야는 주로 원격조정을 요구하는 telerobotics와 가상현실에서의 주변기기 등을 들 수 있다. 시각과 청각적 피드백에 주로 의존하는 가상현실 시스템과 이와 유사한 환경을 제공하고 있는 현재의 컴퓨터 게임에서는 많은 종류의 haptic 피드백을 제공하지 않고 있다. 그러나 몰입감과 현실감을 극대화하여 사용자가 흥미를 느낄 수 있는 게임의 개발이 향후 게임기술의 발전 방향이라 할 수 있으므로, haptic 기술은 미래의 게임에 응용될 여지가 많다고 할 수 있겠다.

그러나, 본 연구에서 개발한 기술 로드맵이 정확하게 미래의 게임용 haptic 인터페이스 기술의 발전과정을 예측하는 데에는 다음과 같은 한계가 있다.

첫째, 앞의 로드맵의 개념에서 살펴보았듯이 기술 로드맵은 일련의 기술 매핑 프로세스 과정을 통해서 나온 결과물이다. 따라서 정밀하고 유용성이 높은 기술 로드맵이 도출되기 위해서는 로드맵 작성의 절차에 대한 체계화의 문제, 방법에 대한 구체화의 문제가 선결되어야 하지만, 이를 해결할 만한 로드맵 프로세스에 대한 연구가 아직까지 이루어지지 않았으며, 본 연구에서도 이에 대한 해답을 제시하지 못하고 있다.

둘째, 로드맵 자체의 대표적인 결함으로써, 로드맵은 미래에 대한 예측을 근거로 하여 중장기의 계획을 세우는 것이기 때문에 불확실성이 항상 존재하기 마련이다. 더군다나 아직 게임 컨트롤러에 적용될 수 있는 haptic 인터페이스 분야와 관련된 시장이 아직까지 활성화되지 않았기 때문에, 실제 시장에 근거한 기술전략을 수립한다는 점에는 한계가 있을 수밖에 없다.

셋째, 본 연구에서는 차체나 게임 룸 전체가 대형 actuator에 의해서 움직이는 형태의 기술은 다루지 않았다. 이러한 기술은 아케이드형 게임과 테마파크를 중심으로 가상현실용 컴퓨터 그래픽과 함께 제공되는데, 점차로 확산되는 추세이다. 이러한 형태의 기술 또한 광의의 haptic 인터페이스라 할 수 있는가 하는 논의에서는 기존의 haptic 인터페이스 기술과 일맥상통한다고 결론을 내리기 힘들었다.

게임이 발전함에 따라 사용자와의 양방향 상호작용을 중요시하고 전신 체감형 게임을 추구하고 있음은 주지의 사실이다. 따라서 향후 게임기술의 발전과정이 이러한 방향으로 전개되기 위해서는 기존의 순수한 haptic 인터페이스가 어떻게 발전하고, 또한 어떠한 요소기술들이 게임을 위해 응용될 수 있는가 살펴보고 이의 전개과정을 체계적으로 제시하는 것은 중요한 의미가 있다고 하겠다.

### 참고문헌

김상길 (2001) 기술로드맵의 개념과 활용, 기술관리, 6, 52-61.  
 이석한 (2000) 국가 미래산업의 창출을 위한 Technology Roadmap 정립, 기초기술연구회.  
 한국산업기술평가원 (2001) 산업기술 로드맵 (Industrial Technology Roadmap) 작성, 한국산업기술진흥협회, 15-32.  
 Bar-Cohen Y. (1999) Automation, Miniature Robotics and Sensors for Non-Destructive Testing and Evaluation. Volume 4 of the Topics on NDE (TONE) Series, American Society for Non-destructive Testing, Columbus, OH.  
 Bray O. H. and Garcia M. L. (1997) Technology Roadmapping: The Integration of Strategic and Technology Planning for Competitiveness, Technical Report, Sandia National Laboratories, 25-28.  
 Bouzid M., Popescu G., Burdea G., and Boian R. (2002) The Rutgers Master II-ND Force Feedback Glove, *Proc. of the 10th Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*, 136 - 143.  
 Buoguilu L., Ishii M., and Sato M. (2000) Multi-Modal Haptic Device For Large-Scale Virtual Environment, *ACM Multimedia*, November, 277-283.  
 Burdea, G. (1996) Force and Touch Feedback for Virtual Reality, John Wiley & Sons, New York.  
 Burns D. T. (1966) Design Of A Six Degree Of Freedom Haptic Interface, Master's thesis, Northwestern University.  
 Cavusoglu M. C., Feygin D., and Frank T. (2002) A Critical Study of the Mechanical and Electrical Properties of the PHANToM Haptic Interface and Improvements for High-Performance Control, *The Massachusetts Institute of Technology*, December, 11(6), 555-568.  
 Essential Reality, Inc. (2002) The P5TM Controller User Manual, Essential Reality, Inc., New York.  
 Groenveld P. (2000) Roadmapping Integrates Business and Technology, *Research Technology Management*, 40(5), 48-55.  
 Hayward V. and Astley O. R. (1996) Performance Measures for Haptic Interfaces. In Giralt, G., and Hirzinger, G. (Eds.) *Robotics Research: The Proceedings of the 7th Int'l. Symposium*, 195-207.  
 Hollerbach J. M. (2000) Some Current Issues in Haptic Research, *Proc. IEEE Intl. Conf. Robotics and Automation*, San Francisco, 757-762.  
 Ishii M. and Sato M. (1994) 3D Spatial Interface Device Using Tensed Strings, *PRESENCE-Teleoperators and Virtual Environment*, 3(1), 81-86.

- Jack D., Boian R., Merians A., Adamovich S.V., Tremaine M., Recce M., Burdea G.C., and Poizner H. (2000) A Virtual Reality-Based Exercise Program for Stroke Rehabilitation, *Proc. of the 4th International ACM Conference on Assistive technologies*, 56-63.
- Kostoff R. N. and Schaller R. R. (2001) Science and Technology Roadmaps, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48(2), 132-143.
- Millman P. A. and Colgae J. E. (1991) Design of a Four Degree of Freedom Force-Reflecting Manipulation with a Specified Force/Torque Workspace, *Proc. IEEE Robotics and Automation*, Vol. 2, Sacramento, CA, 1488-1493.
- Rolling A. and Morris D. (2000) Game Architecture and Design, Coriolis, Arizona.
- Strategic Business Development Department (1998) Fundamentals of Technology Roadmapping, Technical Report, Sandia National Laboratories.
- US Department of Energy (1988) A Critical Technology Roadmap., Washington D.C.
- Virtual Technologies, Inc. (1999) CyberGrasp User's Guide, Virtual Technologies, Inc. Miami. FL..
- Willyard C. H. and McClees C. W. (1987) Motorola's Technology Roadmap Process, *Research Management*, September-October, 13-19.
- Youngblut C., Johnson R. E., Wienclaw R. A., and Will C. A. (1996) Review of Virtual Environment Interface Technology, Institute for Defence Analysis, Virginia.
- Horie T., Abe N., Tanaka K., and Taki H. (2000) Controlling Two Remote Robot Arms with Direct Instruction Using HapticMaster and Vision System, <http://vrsj.t.u-tokyo.ac.jp/ic-at/papers/list.html>
- Howe R. (1998) Introduction to Haptic Display: Tactile display, The Haptics Community Webpage, <http://haptic.mech.nwu.edu/intro/tactile/>.



### 이성일

서울대학교 산업공학 학사  
 서울대학교 산업공학 석사  
 University of Wisconsin-Madison 공학박사  
 현재: 성균관대학교 시스템경영공학부 조교수  
 관심분야: 인간공학, 인지공학, HCI,  
 Accessibility & Usability Engineering



### 김성용

성균관대학교 산업공학 학사  
 성균관대학교 산업공학 석사  
 현재: The DNA(주) 연구원  
 관심분야: 인간공학, 인지공학, HCI, UI 디자인,  
 Usability Engineering