

# 의료융합 콘텐츠: 시뮬레이션

한국정보통신대학교 | 박진아\*

## 1. 서론

어린이들은 가게놀이, 학교놀이, 엄마놀이, 병원놀이 등의 다양한 놀이를 통하여 실세계를 경험하고 배운다. 이런 '역할놀이'는 어린이들의 인지능력뿐만 아니라 사회성 등을 향상시켜줄 수 있기 때문에 요즘 유치원이나 어린이집뿐만 아니라 어린이박물관과 같은 곳에서도 이러한 역할놀이를 경험 할 수 있는 공간을 만들어 주고 있다. '시뮬레이션'이라 함은 실세계에서 일어날 수 있는 상황들에 대한 대체 경험을 제공하는 기법들을 총칭하며, 특히 복잡한 문제나 현상을 해석하고 더 나아가 해결책을 찾기 위하여 실제와 비슷한 모형을 만들어 모의적으로 실험하여 그 특성을 파악하는 일을 지칭하는데, 실제 모형을 이용하는 물리적 시뮬레이션과 수학적 모델을 컴퓨터에서 다루는 논리적 시뮬레이션으로 구분하기도 한다[1]. 시뮬레이션 자체는 기술이라고 볼 수 없지만 이를 실제로 구현하기 위해서는 컴퓨터 기술을 포함한 다양한 기술 개발이 요구되며, 더 나아가 이런 기술들이 시뮬레이션하고자 하는 분야와 유기적으로 연계되어야 한다. '의료 시뮬레이션'은 논리적 시뮬레이션 영역에서 시작하나 이의 콘텐츠는 어린이들의 역할놀이와 같은 경험을 제공해주는 보다 포괄적인 파급효과를 기대하는 영역도 포함하고 있다. 본 논문은 여러 관련 분야에 대한 개괄적인 이해를 통하여 의료시뮬레이션의 현주소를 파악하고자 한다.

## 2. 의료 시뮬레이션

### 2.1 필요성

21세기에 들어오면서 수십 년 동안 이루어지고 있던 의료교육 방법이 환자의 안전과 직결되는 문제점들과 연계되어 대두되면서 이에 대한 대안으로 의료교육의 패러다임이 바뀌기 시작하였다. 기존의 의료

교육은 의과대학 교과과정에서 지식을 배우고 수련을 통한 실습으로 병원에서의 인턴 과정을 거치게 된다. 전통적인 인턴 교육과정의 기본 문제점은 기회적인 경험 - 당시에 접한 환자들의 질병에 대한 경험 - 만이 가능하기에 보다 종합적이고 체계적인 수련 기회를 제공하지 못한다는 점을 들 수 있다. 특히 의료사고가 보다 높은 빈도로 지적되면서 환자들의 안전에 대한 의식이 더욱 높아졌고, 이에 따라 인턴들에게는 그나마 실제로 경험해 볼 수 있는 기회가 더 많이 줄어들고 있다. 또한 다양한 새로운 질병들이 발생하고, 이와 더불어 수많은 기술들이 개발 적용되고 있어 이에 맞는 새로운 의료 기술에 대한 학습이 더 많이 요구되고 있는 실정이다.

풍부한 경험을 통해 실력을 쌓은 의사를 우리는 신뢰한다. 의료시뮬레이션은 통제된 환경에서 가상적으로 실제와 같은 상황을 제공하는 것을 의미하며, 이것이 성공적으로 이루어 질 수 있다면 무한한 경험뿐만 아니라 각각의 경험을 저장하여 정량적인 분석할 수 있는 환경을 제공해 줄 수 있기 때문에 앞서 언급된 의료교육의 문제점을 해결할 수 있는 매우 효과적이며 효율적인 대체 수단이 될 수 있다는 기대로 많은 관심이 모아지고 있다.

### 2.2 의료시뮬레이션의 유형

의술로 병을 고치는 의료(health care)는 많은 분야들을 포함하고 있으며 이에 따라 의료시뮬레이션이 적용될 수 있는 내용도 매우 다양하다. 의료시뮬레이션의 선두적인 역할을 하고 있는 미국 스탠포드(Stanford) 의과대학 마취과 교수인 Dr. Gaba는 의료 시뮬레이션 적용 영역을 다음과 같은 11가지 차원으로 나누어 제시하고 있다[2].

- 1) 시뮬레이션 활동의 목적: 교육, 훈련, 수행능력평가, 임상리허설, 인간요인(human factors) 관련 연구
- 2) 시뮬레이션에 참여하는 단위: 개인, 크루(crew), 조(team), 작업단위(work unit), 조직(organization)

\* 정회원

3) 시뮬레이션 참여자의 경험도: 학부생, 인턴과정, 레지던트, 전문의

4) 시뮬레이션 적용 의료 범위: 영상분야(방사선의학, 병리학), 1차진료(응급조치 및 정신의학), 내원(내과, 소아과), 절차적인 영역(외과, 산부인과), 역동적이며 위험적인 영역(응급실, 중환자실)

5) 시뮬레이션 참여자의 의료 분야: 봉사자, 기술자(technician), 간호사, 의사, 관리자

6) 지식 능력 요구 내용: 개념적인 이해도, 기술적 능력, 결정 능력, 팀워크

7) 시뮬레이션 대상 환자의 연령대: 신생아, 어린이, 청소년, 어른, 노인

8) 시뮬레이션 적용 기술: 음성(역할놀이), 스탠더드 환자(연기자), 물리적인 대상(가상연습), 컴퓨터환자(스크린기반 가상세계), 일렉트로닉환자(가상현실)

9) 시뮬레이션 참가자의 장소: 가정/사무실, 학교/도서관, 실험실, 모의임상환경, 실제환경

10) 시뮬레이션 참가자의 참여범위: 원격 조망(상호작용 없음), 원격 조망과 음성 상호작용, 조망과 실제 경험적(hands-on) 상호작용(원격 햅틱 수술 연습), 현장(on-site) 실제 경험 상호작용, 몰입형

11) 피드백 제공: 사용자의 임의경험(no feedback), 시뮬레이터에 의한 실시간 또는 지연된 자동 논평, 수행된 내용에 대한 지도자(instructor)로부터의 논평, 실시간 멘토링, 복명(debriefing), 개인/그룹 대상.

위와 같이 제시된 11차원의 각 차원마다 대략적으로 다섯 가지의 기준으로 분류하고 있는데, 따라서 이를 조합하면 의대생을 위한 학교에서의 개인 훈련 목적으로 만들어진 내용으로부터 응급실에서 팀워크를 통한 위기상황 대처훈련까지 무수히 많은 유형의 응용프로그램 및 시스템이 만들어 질 수 있다.

### 3. 컴퓨터 그래픽스와 의료분야

의료 시뮬레이션 환경을 구현하기 위하여 우선적으로 필요한 기술은 시각적인 피드백을 제공하는 컴퓨터 그래픽스 기술이다. 물체를 각각의 성질에 맞도록 표현하는 모델링 방법과 특수 효과를 실시간으로 제시해야 하는 렌더링 기법들을 요구한다. 필자는 [3]에서 가상현실(Virtual Reality) 기술이 의료분야와 접목하면서 대두된 가상 수술(Virtual Surgery) 분야의 기술 발전에 대한 내용을 제시하였고, [4]에서는 수술 시뮬레이션에 관련 되어 인체 장기의 3차원 모델 구성 방법과 상호작용 및 렌더링 기법에 대하여 소개하였다. 본 고문에서는 역사적인 발전에 대한 내용을 중심으로 발전 경향을 살펴보고 콘텐츠 개발 가능성에

대하여 논의하고자 한다.

컴퓨터 그래픽스가 의료에 접목되어 CT(Computed Tomography)로부터 얻어진 영상데이터들로부터 인체의 장기 및 구조들을 3차원으로 재구성하여 렌더링 한 결과를 보여준 1970년대에는 오히려 불신감을 초래하기도 하였다[5]. 당시 개발된 표면 셰이딩 기법, 레이 트레이싱 기법들은 그래픽스 세계에서 실감(realism)을 제공해주는 혁신적인 기술이었지만, 의료진에게는 가상적으로 만들어진 이러한 실감이 호기심을 유발하기는 하나 임상적으로는 착각을 유발할 수 있는 위험성을 다분히 가지고 있다고 판단되었고, 어디까지가 환자의 실체이며 어디까지가 3차원 그래픽스가 만들어낸 합성물인지 믿을 수 없었던 것이다. 또한 구조의 표면이 명확히 정의되는 그래픽스의 시조가 되는 CAD/CAM 분야와는 달리 의료영상으로부터의 ‘물체’라는 것은 따로 구분되어 있지 않고 복셀(voxel) 데이터 값에 의거하여 대략적인 경계를 결정해야 하기 때문에 근본적인 데이터 실체에 대한 이해가 필요하였다.

80년에 들어와 CT뿐만 아니라 자기공명영상(MRI), 핵의학영상(PET) 등 다량으로 발생하는 영상데이터들을 효과적으로 처리하여 의사들의 이해를 돕는데 시각화기술이 큰 역할을 차지하기 시작하였고, 80년대 후반에 들어서는 자기공명 혈관촬영법(MRA, magnetic resonance angiography)과 같이 볼륨 투영 기법에 의거한 방법이 임상적 적격심사(screening) 도구로 유용하다고 받아들여지는 등 의료분야에 성공적으로 접목된 사례들이 많이 보이게 되었다.

2차원 단층영상들을 쌓아 이루어진 3차원 볼륨데이터의 복셀들의 투명도와 색을 조절하여 원하는 부분의 구조를 반투명한 주위 구조와 함께 볼 수 있는 볼륨렌더링 기법은 90년대에 꾸준히 발전하여 2000년도에 들어와서는 사용자가 고급화된 변이함수(transfer function)를 적용하며 원하는 시점에서 원하는 부위들을 실시간에 관측할 수 있게 되었다[6]. 더욱이 최근 그래픽스 기술은 GPU(Graphics Processing Unit)의 혁신적인 발달과 함께 대용량의 데이터 처리도 실시간에 가능하게 되어 이로부터 매우 효과적인 시각적 결과 영상을 만들어 줄 수 있게 되었다. 따라서 이러한 시각화 기술이 의료분야의 응용에도 접목 확산 될 것으로 전망한다.

#### 3.1 의료영상데이터 융합

현재 우리는 다양한 의료영상 기기로부터 필요한 정보를 습득할 수 있다. 뼈의 구조를 선명하게 보여주는 CT, 조직의 세부 구성내용을 보여주는 MRI, 기

능 활동 경향을 보여주는 PET, 손쉽게 상호작용을 통하여 내부를 관찰하는 초음파(ultrasound) 등 특정 인체 부위에 대해서도 다양한 기기로부터 각각 특성화된 정보를 가지고 올 수 있다. 예를 들어 신경외과에서는 MRI를 이용하여 두뇌에 대한 고해상도의 해부학적 영상을 제공 받을 수 있으며 손상된 조직(lesion)은 이미징 기법에 따라 두드러지게 나타날 수 있도록 하고, 대뇌 피질의 활동은 functional MRI(fMRI)를 이용하여 감지하고, 백질(white matter)의 주요 궤도(track)는 확산텐서촬영법(DTI, diffusion tensor imaging)으로부터 재구성한다. 최근 독일의 한 연구소에서는 위와 같은 다중모달 데이터를 융합하여 신경외과 수술 예비 기획(surgical planning)에 적용하고자 하였다[7].

의료영상데이터의 시각화 기법은 통상적으로 표면 렌더링과 볼륨렌더링으로 구분하고 있는데, 이외에도 최근에는 비실사렌더링(NPR, non-photorealistic rendering) 기법도 적용되고 있다. 각각의 영상특성에 대한 시각화 기법에 대한 연구도 필요하나 앞서 제시되었듯이 다중 의료 정보들이 효과적으로 활용되기 위해서는 이들을 융합적으로 검토 해 볼 수 있는 새로운 알고리즘과 시각화 환경 개발 또한 의미 있는 연구주제가 될 수 있다.

### 3.2 가상 내시경

가상내시경 어플리케이션은 컴퓨터 그래픽스 기술이 성공적으로 적용되어 많은 가능성을 보여주고 있는 분야이다. 내시경검사(endoscopy)는 보통 몸의 자연 경로를 통하여 카메라를 몸 속에 삽입하여 우리 몸의 내부를 의학적으로 검사하기 위하여 실시하며 검사 부위에 따라 식도내시경, 위내시경, 기관지내시경, 직장S상결장경, 방광경 등의 검사기구를 사용한다. 이 검사를 할 때는 보통 국소마취를 하지만 때에 따라 전신 마취를 하기도 하는데, 환자의 불편함도 따르며 간혹 시술의 오류로 내부 장기에 손상을 줄 수 있는 위험부담도 가지고 있다. 이에 비하여 가상내시경(virtual endoscopy)[8]은 환자의 몸을 CT와 같은 스캐너를 통하여 영상으로 습득하여 가상공간에 재구성하여 환자 몸 속을 검사하는 것으로서 침습적이지 아니라는 매우 큰 장점을 가지고 있으며, 조명의 방향 조정도 용의할 뿐만 아니라 관측범위에 별도의 제한을 받지 않기 때문에 더욱 정교한 관찰도 가능하다. 다만 시각화되는 결과물이 전적으로 영상 세그멘테이션(segmentation) 결과에 의존하기 때문에 정확한 세그멘테이션 기법 개발이 매우 중요하다. 또한 가상내시

경은 개념적인 것으로서 실제 내시경을 대체할 수는 없다. 그 이유는 환자의 몸 속에 실제로 침투하지 않기 때문에 병든 조직을 제거할 수는 없기 때문이다. 하지만 환자의 영상만 습득해두면 이로부터 검사가 가능하기 때문에 특정 질병의 스크리닝(screening)으로는 매우 유용하게 활용 될 수 있으며, 실제로 가상대장내시경(virtual colonoscopy)[9]은 이미 많이 보편화되어 미국과 유럽 등지의 여러 나라 병원에서 사용되고 있다.

대장내시경의 경우에는 돌기(polyps)와 같이 구조적인 변이 상태를 주로 찾기 때문에 현재까지 제안된 3차원 재구성 알고리즘과 렌더링 기법으로 완성된 어플리케이션 개발이 가능하였다고 생각한다. 하지만 실제 내시경에서 얻을 수 있는 것은 구조뿐만 아니라 조직의 색이나 점도 등으로 매우 다양할 수 있다. 이런 부분들은 가상적으로 재구성 할 수 있는 것이 아니기에 임상 목적으로 사용할 수는 없지만, 실제 내시경을 통하여 습득된 영상자료들을 저장하여 가상적으로 다양한 사례들을 접해보고 훈련할 수 있는 교육용으로는 매우 유용할 것으로 간주되며 이에 관련된 콘텐츠 활용도는 매우 높을 것으로 생각된다.

## 4. 수술 시뮬레이션

내시경검사와는 달리, 몸에 적당한 경로가 없을 때는 조명이 달린 카메라 도구를 삽입할 수 있도록 절개를 해야 하는데 예를 들어 결핵환자의 폐 표면을 보기 위해서 사용하는 흉강경검사, 복부의 담낭 등을 살펴보는 복강경검사 등이 있다. 이들은 검사의 목적뿐만 아니라 실제 수술을 적용하기 위해 시행하기도 하는데, 흔히 말하는 수술인 개방수술(Open Surgery)에 비교하여 이들은 키홀수술(Keyhole Surgery)이라고 지칭되며, 최소침습수술(MIS, minimally invasive surgery 또는 MAS, minimal access surgery)이라고도 한다. 이의 대표적인 예가 복강경 수술(laparoscopic surgery)로 개복을 하지 않고 필요한 부분에 작은 구멍을 내어 특수 카메라가 부착된 복강경과 수술 도구를 몸 속에 삽입하여 비디오 모니터를 통해서 관측하며 레이저나 특수외과 전기술 등을 이용한 특수기구를 이용하여 미세 수술을 한다. 작은 부위에만 상처가 생기기 때문에 환자의 회복기간이 매우 단축되는 장점을 보여주어 지난 10여년 간에 걸쳐 결장수술(colon surgery), 담낭절제술(cholecystectomy), 비만수술(bariatric surgery), 무릎 및 어깨 수술(arthroscopy) 등을 포함하여 Open Surgery의 상당 부분이 MIS로 대체되어 실시되고 있다.

종전의 개복수술의 경우에는 의사가 직접 환부를 보고 만질 수 있으나 복강경 수술인 경우에는 카메라를 이용하여 제한된 부분만을 볼 수 있고 또한 도구를 이용하여 수술을 하기 때문에 의사의 관점에서는 다소 어려운 기술법이라 할 수 있다. 하지만 이러한 제한 요건이 오히려 컴퓨터의 구현을 가능하게 해 주고 가상현실 기술이 잘 적용될 수 있는 분야로 각광을 받기 시작하였다[3]. 앞서 언급한 것과 같이 의료시뮬레이션을 하는 이유는 의료진에게 고난도의 경험을 제공해 주고, 환자를 보호하며 의료기술을 습득할 수 있도록 함이다. 기존에는 이런 연습을 위하여 특히 수술 분야는 동물이나 사체를 많이 사용했는데 동물은 사람과 다른 해부학적인 구조를 가지고 있고 사체는 생리학(physiology)적인 성질이 다르기 때문에 효과적이라고 볼 수는 없다. 이와 함께 최근에는 기존 교육 시스템 인턴과정을 통하여 직접 환자를 대상으로 연습할 수 있었던 기회도 많이 제한되고 있기 때문에, 교육과정에 포함될 수 있는 내용의 수술시뮬레이션 콘텐츠가 개발 된다면 이를 통하여 좀 더 풍부한 경험을 가진 의사를 배출하는데 기여할 수 있을 것으로 본다.

시뮬레이션 적용의 성공적인 예로 비행기 조종사를 위한 비행시뮬레이터(flight simulator)가 흔히 언급되는데, 가상현실 기술을 복강경수술 연습으로 응용하는 방향으로 가상의료분야를 활성화시킨 Stava 교수[10] 등의 노력으로 이미 10여 년 전부터 세간의 관심을 가지고 개발되어, 그 결과 상용화된 제품들도 많이 나오고 있다. 예를 들어, Reachin(1997년 설립)의 복강경 트레이너(RLT, Reachin's Laparoscopic Trainer)는 담낭절제술(cholecystectomy) 연습을 할 수 있는 시스템이며, SimSurgery(1999년 설립)의 가상 봉합 트레이너(VR anastomosis trainer)는 복강경을 이용한 꿰매기 연습 프로그램을 제공하며, 스웨덴의 Mentice 사는 무릎과 어깨의 관절경검사(arthroscopy) 시뮬레이션으로부터 시작된 프로시디커스(Procedicus)라는 모듈화된 시뮬레이션 환경을 제공하며, 2000년도에 설립된 Select-IT VEST(Virtual Endoscopic Surgery Training) 시스템은 담낭절제술 뿐만 아니라 부인과의학(gynecology) 훈련도 제공한다. Surgical Science(1999년 설립)의 LapSim은 절개(dissection), 잡기(grasping), 꿰매기(suturing) 등을 포함한 9가지 기본적인 훈련 모듈들을 해부학적 다양성과 함께 제공하며, Immersion 사(1993년 설립)는 기구의 움직임을 추적하는 시스템인 가상 복강경 인터페이스(VLI, virtual laparoscopic

interface)와 힘 피드백을 제공하는 복강경 수술 워크스테이션(LSW, laparoscopic surgical workstation)을 디자인 하였다. 1997년부터 MIS시뮬레이터 개발을 해 온 Symbionix사는 LapMentor라는 대표적인 복강경 수술 시뮬레이션 플랫폼을 개발하여 환자의 CT/MRI 영상으로부터 데이터를 가지고 올 수 있도록 하였으며, 위내시경(gastrosocopy), 비뇨기과(urology), 피부과(percutaneous), 내시경 초음파(endoscopic ultrasound)와 같은 다양한 분야의 시뮬레이터도 개발하고 있다. 스위스의 Xitact(2000년 설립)사는 LS500이라는 복강경 시뮬레이터를 위한 개방 플랫폼을 제공하고 있다. 이들 회사들과 대표적인 개발내용들의 개요 및 장단점은 Schijven과 Jakimowicz 논문[11]에 잘 정리되어 있다.

가상 세계에서 실제감을 얻기 위해서는 기본적으로는 시각적으로 사실적인 표현이 필요하지만 그 외에도 촉감이나 소리에 관련된 감각기관의 자극 전달이 필요하다. 현재까지 개발된 시스템들은 대부분 가상 물체를 잡고 옮기기과 같은 기초적인 수술기법의 정신운동적 기능(psychomotor skill) 향상을 위한 내용을 다루고 있으며, 물리적인 장기의 움직임이나 햅틱(촉감) 피드백은 매우 제한적으로 제공하고 있다. 보다 효과적인 시뮬레이션 프로그램을 제공하기 위해서는 가상물체의 시각적 렌더링에 물질의 성질을 반영한 움직임, 그리고 이에 대한 촉감 피드백, 더 나아가 상황에 맞춘 음향효과 등이 통합된 멀티모달 콘텐츠 개발이 요구된다.

## 5. 햅틱스와 복강경수술

햅틱스(haptics) 분야는 크게 세가지로 분류한다. 인간의 촉각의 지각 및 인지에 관련된 정신물리학을 포함하는 휴먼햅틱스(human haptics), 촉감을 만들어 낼 수 있는 기기를 연구하는 기계햅틱스(machine haptics), 그리고 가상물체의 가상적인 촉감을 컴퓨터를 통해 생성해 내는 컴퓨터햅틱스(computer haptics)가 있다. 수술시뮬레이터에는 위의 세가지 햅틱스 연구분야가 모두 포함되어야 한다. 가상물체로부터 휴먼햅틱스 연구에 의거하여 그럴 듯하게 느낄 수 있는 가상의 힘을 컴퓨터햅틱스 기술로 렌더링해 주어야 하며 이를 사람이 감지할 수 있도록 기계햅틱스를 통한 기기가 개발되어야 하기 때문이다.

가상현실의 실현에서 중요한 몰입감은 '만질 수 있다'는 느낌에 의하여 한층 더 업그레이드 된다. 비록 그 느낌이 실제와는 많이 다르다 하더라도, 실시간 충돌처리가 가능하여 이미지에 불과한 가상 물체를 물

리적으로(pseudo-physically) 만져보며 상호작용을 할 수 있다는 것은 매우 놀랍고 실감 있는 경험을 제공한다.

[11]에서 소개된 수술시뮬레이터들 중에서 햅틱 피드백을 제공하는 시스템은 50% 미만이며, 이들도 매우 제한적인 햅틱 피드백(예를 들어 위치에만 근거한 힘피드백)만 제공하고 있다. 그 이유는 아직 햅틱스 기술이 보편화되어 있지 않으며 이를 실감있게 구현하기에는 보다 많은 연구들이 수행되어야 하기 때문이다. 아직 적절한 햅틱스가 추가된 시스템은 개발되지 않았으나 최근 들어 보다 많은 연구자들이 이에 관심을 가지고 연구하고 있기에 차세대 시뮬레이터에는 햅틱스가 기본적으로 추가되어 있을 것으로 전망된다.

Westebring 외 [12]는 의료와 햅틱스에 관련된 연구들을 최소침습수술(MIS), 최소침습로봇수술(MIRS), 그리고 MIS를 위한 가상훈련(VRT)으로 구분하여 현재까지 나온 햅틱 관련 연구들을 검토 정리하였다. MIS 도구로부터 전달 받을 수 있는 햅틱 정보는 사실상 다양하다. 맨 손을 통한 느낌과는 비교할 수 없지만, 또한 도구에 따라서 느끼는 차이가 많기는 하지만, 도구를 통해서도 어느 정도의 감촉이나 모양, 물질의 정도나 성질들을 감지할 수는 있다. 그런데 감지되는 촉감의 종류는 조직(tissue)의 간접적인 접촉에 의한 느낌 외에도 투관침(trocar)의 마찰(friction), 복부벽의 저항력(resistance), 팁 힘(tip force)의 임의적인 크기 조정 등을 포함하고 있다. 이러한 햅틱 느낌의 간섭요소는 경우에 따라서는 실제 장치와 도구의 접촉으로부터 일어나는 상호작용에서 오는 촉감을 능가할 수도 있어서 이를 정확하게 사실적으로 렌더링한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 그럼에도 불구하고 햅틱스는 MIS에서 필수적으로 필요한 부분이며, 이미 촉감과 음향의 피드백이 추가 되었을 때의 수행결과가 높았음을 보고하고 있다[13]. 단순 접촉뿐만 아니라, 물체를 잡는 것(grasping)과 미끄러지지 않게(slipping) 적당히 힘을 가할 수 있는 피드백에 관련된 연구 등 햅틱스 연구분야에서 다양한 접근이 필요하다.

## 6. 맺음말

시뮬레이션은 위험한 것에 대한 대체로써 군사, 항공, 원자력 분야에서 이미 많이 활용되고 있으며, 1980년대부터 소수의 연구자들에 의해 의료 분야에도 적용되기 시작하였다. 스탠포드 의과대학에서 시뮬레이션 목적으로 개발된 생리화적인 반응을 하는 프로그램을 가진 초창기의 마네킹(computerized manikin)은

이제는 사람과 같은 피부를 가진 iSTAN 마네킹(Medical Education Technologies, Inc.)으로 진보되었으며, 최근 무선통신기술 개발과 함께 더 이상 전선줄에 매이지 않게 되어 응급실, 수술방, 중환자실과 같은 위기상황을 시뮬레이션을 통하여 학습 능력을 높이는 데 크게 기여 할 것으로 보인다[14]. 또한 지난 10년간의 컴퓨터 그래픽스, 기계공학, 영상처리 등 관련 기술들의 진보적인 발전에 따라 가상현실 기반 기술 융합 형태의 결과물으로써 수술시뮬레이터가 개발되기 시작하여 향후 많은 파급효과를 줄 것으로 기대하고 있다. 그리고 다빈치 로봇(Da Vinci, Intuitive Surgical, Inc.)의 성공적인 로봇수술 사례들로부터 로봇수술 연습 및 훈련을 위한 시뮬레이터 콘텐츠 개발도 요구되고 있다. 이제는 점차적으로 특정 환자의 영상으로부터 재구성된 환경에서 특정 수술 예행연습을 해 볼 수 있는 시뮬레이터 개발의 가능성도 보여주고 있다[15]. 하지만 핵심은 더 이상 시뮬레이터가 아니라 이를 이용한 교육과정이며[16], 정신운동적 기술(psychomotor skill) 뿐만 아니라 인지(cognitive) 능력을 향상해 줄 수 있는 의료교육과정을 채워 넣을 융합콘텐츠 개발에 초점을 두어야 한다.

## 사사

이 논문은 2008년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2008-000-11678).

## 참고문헌

- [1] <http://kordic.empas.com> 엠파스사전
- [2] DM Gaba, "The future vision of simulation in health care," Qual. Saf. Health Care, Vol. 13, pp. i2~i10, 2004.
- [3] 박진아, "의료시뮬레이션: 가상수술", 정보과학회지 특집 의료영상시스템, 제23권, 제10호, pp. 49-52, 2005.
- [4] 박진아, "인체장기의 모델화", 기계저널 테마기획: 의료시뮬레이션, 제46권, 제11호, pp. 41-47, 2006.
- [5] ML Rhodes, "Computer Graphics in Medicine: The Past Decade," IEEE Computer Graphics & Applications, pp. 52-54, January 1991.
- [6] J Kniss, G Kindlmann, C Hansen, "Interactive volume rendering using multi-dimensional transfer functions and direct manipulation widgets," Proc. of IEEE Visualization 2001, pp. 255-262, 2001.
- [7] A Kohn, F Weiler, J Klein, O Konrad HK Hahn, HO

Peitgen, "State of Art Computer graphics in Neurosurgical Planning and Risk Assessment", Proc. of Eurographics 2007, pp. 117-120, 2007.

[8] D Bartz, A Linney, Y Wu, "Advanced Virtual Medicine," Eurographics 2004 Tutorial.

[9] D Chen, Z Liang, M Wax, L Li, A Kaufman, "A novel approach to extract color lumen from CT images for virtual colonoscopy," IEEE Trans. on Medical Imaging, Vol. 19, No. 12, pp. 1220-1226, 2000.

[10] RM Satava, "Virtual Reality Surgical Simulator: The first step," Surg Endosc, Vol. 7, pp. 203-205, 1993.

[11] M Schijven, J Jakimowicz, "Virtual reality surgical laparoscopic simulators: how to choose," Surg Endosc, Vol. 17, pp. 1943-1950, 2003.

[12] EP Westebring, VD Putten, RHM Goossens, JJ Jakimowicz, J Dankelman, "Haptics in minimally invasive surgery - a review," Minimally Invasive Therapy, vol.17, no. 1, pp. 3-16, 2008.

[13] HY Yae, V Hayward, RE Ellis, "A tactile enhancement instrument for minimally invasive surgery," Computer Aided Surgery Vo. 10, pp. 233-2339, 2005.

[14] KR Rosen, "The history of medical simulation," Journal of Critical Care, Vol. 23, pp. 157-166, 2008.

[15] L Soler, J Marescaux, "Patient-specific surgical simulation," World J Surg, Vol. 32, pp. 208-212, 2008.

[16] RM Statva, "Historical review of surgical simulation - a personal perspective," World J Surg, Vol. 32, pp. 141-148, 2008.



### 박진아

1988 미국 콜롬비아 대학교 학사  
 1989 미국 IBM Thomas J. Watson 연구센터 연구원  
 1991 미국 펜실바니아 대학교 석사  
 1996 미국 펜실바니아 대학교 박사  
 1996~1998 미국 펜실바니아 대학교 박사후과정  
 1999~2002 한국과학기술원 연구교수 및 초빙교수

2002~현재 한국정보통신대학교(ICU) 부교수  
 2008~현재 한국정보통신대학교 IT영재교육원 원장  
 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 가변형 모델, 의료영상 데이터 가시화, 햅틱 렌더링, 정보가시화  
 E-mail : jinah@icu.ac.kr

### 컴퓨터시스템 연구회 2009년도 동계 워크샵

- 일 자 : 2009년 1월 19~21일
- 장 소 : 휘닉스파크 한화콘도
- 주 최 : 한국정보과학회 컴퓨터시스템 연구회
- 상세안내 : <http://www.sigcs.or.kr/>