

인간중심 제품혁신 연구센터

글 _ 김윤재, 채수원* _ 고려대학교 기계공학부 _ *swchae@korea.ac.kr

1. 서론

우리가 생산하는 많은 제품들의 경우 설계 시 제품을 사용하는 사용자와 제품과의 상호작용을 적절히 고려해야 한다. 이를 위해 기존의 경우 시제품과 인체대리미(dummy) 혹은 사람을 이용한 실험적 평가를 수행하고 그 결과를 설계에 반영하는 접근법을 택해왔다. 하지만 이와 같은 기존의 시행착오에 의한 제품개발 방법은 상당한 비용과 시간을 필요로 하므로 제품의 인체 조화성을 극대화하여 설계에 반영하기가 어렵다. 또한 제품에 대한 고객의 요구가 점차 다양해지고 제품개발 주기가 짧아지는 추세에 대응하기 위해서는 새로운 제품 설계 및 개발 패러다임이 필요하다.

이러한 요구에 따라 2007년 한국과학재단 기초과학 연구사업의 일환인 우수연구센터사업으로 ‘인간중심 제품혁신 연구센터’가 발족하였다. 이 센터는 고려대학교 기계공학부를 중심으로 서울대, 단국대, 경희대, 충남대 등 5개 대학의 14명의 교수들로 구성되어 통합된 인체-제품 모델에 대하여 수치 및 햅틱(haptic) 시뮬레이션으로 제품의 인체조화성을 신속, 정확하게 예측하고, 이를 체계적으로 설계에 반영하는 통합 시스템을 기반으로 하는 새로운 개념의 인체모델 기반 제품설계 프로세스를 개발하는 것을 목표로 연구를 수행하고 있다. 본 고에서는 ‘인간중심 제품혁신 연구센터’의 목표 및 추진 배경 그리고 연구 내용에 대해 간략히 설명하고자 한다.

2. 센터의 목표

2.1 최종 목표

본 센터는 통합된 설계환경에서 사용자의 인체모델과 제품의 모델을 결합한 시뮬레이션을 통해 사용자 친화적인 인간중심 제품혁신 기술개발을 목표로 한다. 여기서 인간중심 제품혁신 기술은 자동차, 의료기기, 스포츠용품, 가전제품, IT기기 등과 같이 인체와 직접 접촉하여 사용되는 제품개발 시에 사용자를 제품과 함께 모델링하여 인간과 제품의 상호작용을 고려하는 혁신적인 제품개발 기술을 의미하며, 궁극적으로 이를 통해 차세대 성장동력산업 등 관련 산업의 국제 경쟁력을 높이고, 고급 인재육성이 이루어지도록 하고자 한다.

2.2 단계별 목표

본 센터의 최종 목표를 달성하기 위해 다음과 같이 단계별 목표를 설정한다. 2007년부터 2009년까지 초기 3년간은 인체 모델링 기술, 제품과 인체의 개별적 해석기술 및 인체에 대한 제품의 적합성 평가기술 및 혁신설계에 대한 요소기술 연구를 수행하고자 한다. 중기에 해당하는 2010년부터 2012년까지 3년간은 인체-제품의 복합 모델링 및 복합 해석 기술의 연구에 중점을 두며, 사용자의 다양한 요구에 대한 제품의 조

화성 평가 및 신뢰성 평가 기술에 대한 연구도 병행할 예정이다. 최종적으로 말기에 해당하는 2013년부터 2015년까지의 3년간은 제품의 인체 조화성 평가 결과를 제품개발 프로세스에 반영하는 기술에 대한 연구를 수행하고, 초기 및 중기에 지속적으로 수행되어 온 산업체 및 국내외 연구기관과의 연구협력결과가 통합되어, 최종적으로 CHOPI(Center for Human Oriented Product Innovation) 시스템에 적용될 수 있도록 연구 결과의 통합화에 역점을 둔다. 또한 연구결과와 실용성 확보를 위해 대표적인 적용 대상 제품을 선정하여, CHOPI 시스템을 이용한 제품개발 결과에 대한 평가를 시행하고 미비점에 대한 보완 연구를 수행하고자 한다.

2.3 연구의 최종 결과

본 과제의 최종 연구결과인 CHOPI(Center for Human Oriented Product Innovation) 시스템은 생체적 특성과 물리적 특성이 각각 반영된 인체 모델과 제품모델의 동시 시뮬레이션을 기반으로 한 설계 시스템, 인체-제품의 적합성 평가 시스템, 그리고 사용자의 다양한 요구에 대응하는 대량 맞춤형 설계기법이다. 이러한 시스템은 설계 과정에서 인체-제품 복합 모델을 이용하여 제품 성능에 대한 시뮬레이션을 가능하게 하며, 시뮬레이션의 결과를 분석하여 문제점에 대한 피드백 및 모델 수정을 통하여 제품 설계를 완성하는 데 필수적인 시스템이다.

3. 센터의 목표 설정 배경

2.1 시대적 배경

1인당 국민소득 3만 달러 달성을 위한 미래형 자동차 등 차세대 성장동력산업의 육성과 제조업의 국제 경쟁력 강화가 국가적 과제가 되고 있다. 혁신적이고 경쟁력 있는 제품 개발을 가능하게 하는 제품개발 지

원 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 또한 삶의 질과 건강에 대한 관심이 높아지면서 스포츠 산업이 활성화되고 사회의 고령화로 인하여 실버산업이 성장함에 따라서 사용자 친화적 제품 개발에 대한 요구가 증가하고 있다.

이러한 미래를 위한 다양한 제품의 국제 경쟁력을 높이는 데는 우수한 생산기술과 더불어 시장의 요구 또는 고객의 성향 및 만족도를 제품개념에 반영하는 것이 무엇보다도 중요한 요소로 부상하고 있다. 특히 사용자와 제품 간의 상호작용이 단순 오퍼레이션이 아니고 인체 여러 부위와의 물리적인 상호작용을 수반하는 자동차, 가전제품, IT 기기, 실버의료기기, 스포츠 제품 등의 경우에는 고객의 제품 적응성이 제품의 성공에 매우 큰 영향을 미친다.

또한 고객의 보편적, 개별적 성향을 제품에 적극적으로 반영하기 위해서는, 점차 개별화되고 다양해지는 시장요구를 체계적으로 수용할 수 있는 제품 개발 프로세스를 갖추는 것이 필수적이다. 개인의 개별적 요구사항을 만족시키는 제품 구성을 MC(mass customization)를 통하여 제공할 수 있다. 제품의 구성이 단순한 편인 컴퓨터, 의류 등과 같은 시장에서는 이미 이러한 개념이 구현되어, 짧은 시간 내에 고객에게 개별적인 성향을 만족시키는 제품을 공급하고 있다.

2.2 산업적 배경

본 센터의 목표를 설정하게 된 국내(외) 산업적 배경은 다음과 같다. 먼저 차세대 성장동력산업의 하나이며 미래 한국 산업의 중추적인 역할을 할 것으로 기대되는 자동차 산업의 경우 2006년의 세계 자동차 생산대수는 6,951만대로 추산되며 한국은 이중 5.5%인 394만대를 생산했다. 생산대수 기준으로 미국, 일본에 이어 세계 5위의 자리를 차지하였다. 자동차산업은 제조업 분야별 2004년도 총 수출액에서 반도체 분야를 제치고 수출 1위의 제조업 분야로 자리매김하였다. 또

다른 중요한 산업은 스포츠용품 산업이다. 예로 현재 스포츠용품 시장 규모는 미국의 경우 460억 달러이고, 한국의 경우 2,500억원 수준이다. 또한 의료기기(medical device) 산업의 경우 2007년의 세계적 시장 규모는 연간 1,790억 달러 규모이고, 이를 바탕으로 한?중? 일의 의료기기와 스포츠 용품의 시장규모를 추정하면 약 1,000억 달러 수준으로 판단된다.

또 다른 중요한 산업적 배경 중 하나는 교통사고로 인한 경제적 손실이다. 현재 한국의 교통사고로 인한 경제적 손실은 14조원 수준이다. 이러한 교통사고로 인한 막대한 사회적, 경제적 손실은 차량의 안전성에 대한 수요를 발생시키고 있다. 자동차 시장에서의 경쟁력을 확보하기 위해서는 안전성과 더불어 조작 편의성, 승차감, 안락성 등이 점차 중요해지고 있다 (그림 1 참조). 또한 미래 고령화 사회에 대비하여 고령 운전자를 위한 자동차설계 및 레이아웃 배치 등 다변화된 고객 지향 설계기술이 더욱 요구되는 시점에 있다. 현재는 이러한 설계 요구조건을 만족시키기 위해서 시승자 및 더미를 이용하여 각종 실험을 실시하고 실험결과를 설계에 반영하고 있다. 본 센터에서는, 물리적인 실험을 최소화하면서 운전자-자동차 간 상호작용에 대한 설계 요구조건 만족 여부에 대한 정량적인 계산을 수행하고 설계에 피드백하는 시뮬레이션 기술에 대한 연구를 수행한다.

마지막으로 본 센터의 목표를 설정하게 된 산업적 배경은 산업재해로 인한 안전사고를 방지하는데 있다. 현재 한국의 산업재해로 인한 안전사고 손실액은 15조 8천억 원에 이르고 있다. 건설, 중공업, 일반 제조업 등의 분야에서 산업재해로 인한 막대한 경제적, 사회적 비용을 절감하기 위하여 많은 노력이 경주되고 있다. 특히, 최근 작업자의 근골격계 질환을 줄이기 위한 작업환경 설계(그림 2 참조)가 산업계 전체적으로 중요한 사회적 문제로 대두되고 있는데, 실험에 의한 설계 및 검증에는 많은 비용과 시간이 소요된다. 본

센터에서는 이 과정에서 인체-작업장 간의 물리적인 상호작용을 통합적으로 시뮬레이션하고 작업 부하를 예측하여 근골격계 질환을 예방하기 위한 다양한 작업 환경을 설계하기 위하여 디지털 인체 모델을 이용한다.

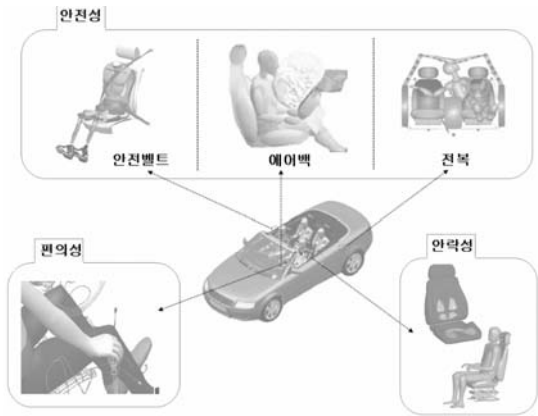


그림 1. 인간중심으로 본 미래형 자동차의 설계 조건.



그림 2. 작업자의 근골격계 질환과 관련된 작업환경.

2.3 기술적 사례

본 센터가 추구하는 설계의 기술적 사례를 운동 기구를 통해 예시해보자. 운동 기구의 경우 저항조절기

구, 의자조절기구, 자전거 바퀴의 플라이휠, 플라이휠에 저항을 전달하는 마찰 벨트 등 다양한 부품으로 구성되어 있다. 이 운동기구 개발 시에 인간의 운동과 관련된 설계 파라미터 선정이 매우 중요하다. 페달의 사이즈, 토크, 의자의 위치, 형상, 쿠션, 각도, 핸들의 크기와 각도 등은 제품 사용자의 인체에 직접적인 영향을 미치므로 이와 같은 설계 파라미터들이 제품의 품질과 경쟁력을 결정하는데 큰 비중을 차지한다.

기존의 설계 방법으로 이러한 운동기구를 설계할 경우 개략적인 인체 데이터를 이용하여 제품의 주요 설계 파라미터를 결정하고, 그 이후는 주로 제품설계의 관점에서 설계 프로세스를 진행한다. 설계의 검증을 위해서는 시작품을 제작하여 실제 사람의 작동에 의한 테스트를 수행하고, 정성적인 테스트 결과를 피드백하여 설계 수정에 반영한다 (그림 3 참조). 이러한 제품개발 프로세스는 개발기간과 비용의 측면에서 비

효율적일뿐 아니라 정량적인 제품의 기능성 평가를 설계에 고려할 수가 없다. 따라서 궁극적으로는 사용자의 제품에 대한 기능적인 욕구를 체계적으로 반영할 수 있는 설계 프로세스로는 부적합하다고 할 수 있다.

반면 본 센터에서 추구하는 인체모델 기반 제품개발 패러다임은 인체와 제품이 서로 상호작용을 하는 상태에서의 복합모델을 구성하고, 해석 및 시뮬레이션을 통해서 최적의 기능성을 제공하는 제품을 개발할 수 있다. 인체-제품 복합모델을 통하여 핸들과 손/팔, 힙과 안장, 페달과 발/다리 간의 상호접촉 및 기구학적, 동역학적 메커니즘을 총체적으로 모델링하고, 동시에 시뮬레이션 함으로써 설계사양의 만족 및 설계 최적화를 기할 수 있다 (그림 4 참조). 이 경우 각기 다른 인체 조건에 따르는 디지털 시뮬레이션을 통해서 대량맞춤 설계 및 제작도 가능하게 된다. 이와 같은 인체모델 기반 제품개발 패러다임의 경우에는 기

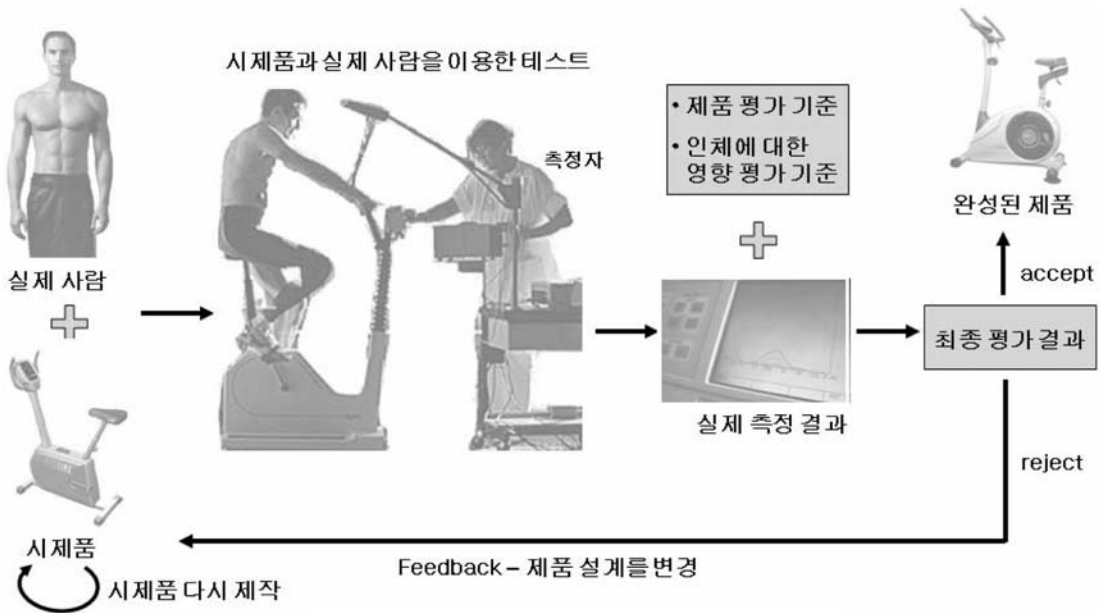


그림 3. 운동기구 개발 사례- 기존의 방법.

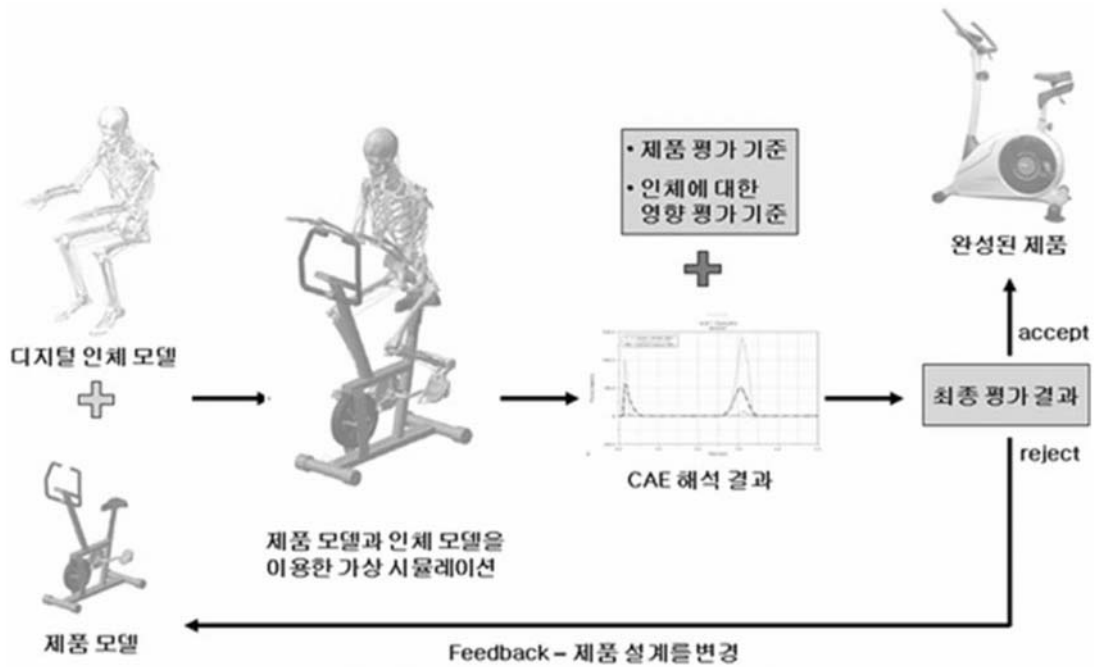


그림 4. 운동기구 개발 사례- 제안하는 방법.

능성의 정량적인 평가를 설계과정에 피드백 함으로써 시작품 제작의 횟수를 획기적으로 줄일 수 있다. 결과적으로 제품개발 기간 및 비용을 절약하며 소비자의 욕구에 부응하는 고품질의 제품을 제공할 수 있다.

2.4 인체모델 기반 제품개발 패러다임

기존의 설계 프로세스에서는 인체와의 상호작용을 고려하기 위해서, 시제품과 인체더미(dummy)를 이용하여 실험적 평가를 수행하고 그 결과를 설계에 반영한다. 이와 같은 기존의 실험적 또는 시행착오법에 의한 제품개발 방법은, 상당한 개발비용과 개발기간을 필요로 하고 제품의 인체 조화성을 정량적으로 평가하여 설계에 반영하기에 적합하지 않다.

이와는 달리 본 센터가 지향하는 인체모델 기반의

제품설계 프로세스는, 제품의 CAD 모델과 디지털 인체모델을 연결한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 객관적이고 정량적인 평가를 수행하고, 이를 체계적으로 반영하는 통합 설계시스템을 기반으로 한다. 이러한 제품개발시스템에서는 개발비용의 절감과 개발기간의 단축은 물론 인체 조화성에 있어서 만족도가 높은 제품 개발을 기대할 수 있을 것이다.

이와 같은 효율적인 인간공학적 설계를 위해서는 기존의 제품 설계를 위한 CAD/CAE 시스템과 인체 모델 시뮬레이션 도구 간의 효과적인 연계가 필수적이지만, 현재 대부분의 CAD/CAE 시스템은 인체 모델 생성 및 동적 시뮬레이션을 지원하지 않으며, 인체모델 시뮬레이션 도구들도 제품 설계 관점에서 기구 또는 기계와의 상호작용을 동시에 시뮬레이션 할

수 있는 기능이 크게 미비한 실정이다. 본 센터에서는 이러한 기술의 수요에 대응하기 위해서 사용자의 디지털 인체모델과 제품의 디지털 모델을 결합한 시뮬레이션 기술을 연구하고자 한다. 이를 기반으로 사용자 친화적인 제품 설계 시스템에 필요한 요소기술과 통합기술을 연구하고 체계적인 설계방법론을 제시할 예정이다.

2.5 인체모델링 기술과 관련 산업과의 유기성

마지막으로 인체모델링 기술과 관련 산업과의 유기성에 대해 살펴보자. 근골격계 인체 모델은 관절로 연결된 골격 구조의 기구학 및 동역학적 특성, 근육의 자율 운동 특성 및 근육과 피부의 변형 특성을 표현할 수 있어야 한다. 이들 중에서 근육의 자율운동 특성은 수동(passive), 반능동(semi-active) 및 능동(active)으로 구분할 수 있다. 또한 근육과 피부의 변형특성은 변형 기능이 없는 강체, 강체 및 변형체의 혼합체, 그리고 변형체 등으로 구분할 수 있다.

본 센터에서 개발하고자 하는 인체모델은 그림 5에서 보인 바와 같이 변형 특성과 운동 자율성 측면에서 3 가지 수준 (I, II, III) 으로 분류할 수 있다. I 수준은 인체의 변형 특성과 운동 자율성이 모두 낮은 수준이며, II 수준은 인체의 변형 특성과 운동 자율성이 중간 정도의 수준이며 III 수준은 변형 특성과 운동 자율성을 완벽히 구현할 수 있는 수준이다. 현재 상용화되어 있는 인체 모델들은 운동 자율성은 있으나 변형 기능이 미흡한 강체 모델이나 운동 자율성이 결여된 변형체 모델이 주종을 이루고 있다.

본 센터에서는 다양한 산업적 응용분야를 갖는 인체모델들을 단계별로 개발한다. 초기에는 차량충돌안전평가, 스포츠용품 등 산업 분야에 적용 가능한 I 수준의 모델을 개발한다. 중기에는 침대, 재활의료기기, IT 제품, 무기체계안전성평가 등의 분야에 적용 가능한 II 수준의 모델을 개발한다. 마지막으로 말기에는

근골격계 작업부하, 산업중장비 작업성평가 등의 분야에 적용 가능한 III 수준의 모델을 개발한다. 각 단계별로 개발된 인체 모델들은 참여기업의 피드백을 받아 신뢰성과 실용성을 검증하게 된다.

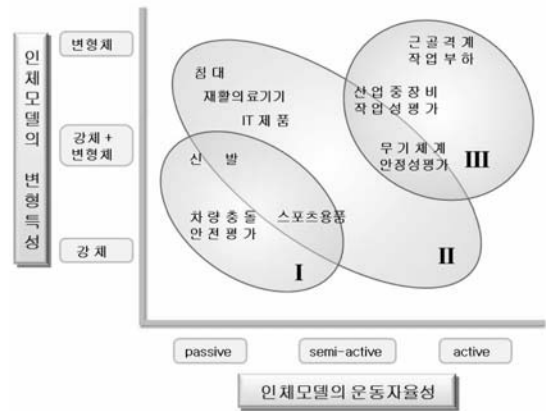


그림 5. 인체모델링 기술과 인간중심 제품산업과의 유기성.

3. 국내외 연구현황 및 미래 전망

본 센터에서 추구하는 인간중심 제품을 개발과 관련된 다양한 연구가 국내·외 다양한 연구기관에서 수행되고 있다. 본 절에서는 인간중심 제품을 개발과 관련된 국내·외 연구동향을 살펴보고자 한다.

3.1 국내 연구 현황

인체의 강제동역학 모델 분야에서는 LifeMOD, SIMM, SantosTM 등 미국이 최고의 기술과 경험을 보유하고 있으나 국내에는 이 분야의 연구개발이 미비한 실정이다. 반면에 인체 변형을 고려한 변형체 동역학 모델에 있어서는 한국의 IPS 사에서 개발한 H-Model의 우수성이 국제적으로 인정되고 있다. 최근에는 Digital Korean 프로젝트에서 한국인의 신체 데이터를 조사, 측정하는 연구가 진행되고 있다.

IPS International (www.ips-i.co.kr)사에서는 1995년

부터 기존의 Hybrid-III 충돌해석 모델을 대체하기 위한 H-Model의 개발에 착수하여 1998년에 상용화되었다. H-Model은 현재 다국적 기업인 ESI의 Pam-Crash/Safe에 탑재되어 각국의 차량 충돌해석에 사용되고 있다. 또한 인체의 변형을 고려한 동역학 모델에 있어서는 H-Model이 국제적으로 가장 앞선 모델로 인정되고 있다. 또한 2003년부터 한국과학기술정보연구원(KISTI)과 가톨릭의대(응용해부연구소)가 공동으로 수행하고 있는 Digital Korean 프로젝트는 한국인의 신체 정보를 체계화하고 디지털화하여 인간공학적인 환경을 개선하고 관련 산업의 경쟁력 강화를 목표로 하고 있다. 이미 3차원 골격계 인체모델 DB를 완성하였고 물성 및 하중조건 DB 구축을 수행하고 있다. 사체를 이용하여 골절이 많이 발생하는 척추, 대퇴골에 대한 물성 시험을 실시하고 있으며, 3차원 인체정보를 제공하기 위한 응용 프로그램도 개발하고 있다.

햅틱분야의 경우 고려대학교, KAIST, 광주과학기술원, KIST 등 국내기관에서 6자유도 힘 및 토크를 사용자의 손에 제시하여 줄 수 있는 6자유도 햅틱 조이스틱 또는 햅틱 핸드 컨트롤러를 개발하여, 다양한 목적으로 활용하고 있다. 또한 촉각제시 및 촉감 재현을 위해 고려대학교는 압전 액추에이터, KAIST는 압전 바이모프, 성균관대학교는 고분자 액추에이터를 사용하는 촉각 제시기를 개발하여, 촉감 재현 및 점자 장치로 활용하고 있다. 개발된 햅틱 장치에서의 안정성을 향상 시키기 위한 알고리즘도 KAIST와 고려대학교에서 연구되고 있으며, 햅틱 렌더링에 대한 연구가 KAIST에 의해서 진행되고 있다. 이러한 햅틱 관련 기술을 궁극적으로 수술용 로봇에 적용하려는 연구도 활발히 진행되고 있다.

제품 설계분야에서는 삼성, LG 등 주로 대기업을 중심으로 TRIZ 기법을 응용하여 혁신설계를 도출하고 산업현장 생산프로세스의 고질적인 문제들의 해결책을 찾는 방법을 연구하고 있다. 하지만 제품평가기

술로서 사용자의 신체적 특성과 인체반응특성을 피드백하여 설계에 반영한 연구사례는 아직 찾아볼 수 없으며, 이제 본 연구계획서를 통해서 구체적으로 태동 단계에 있다.

3.2 국외 연구 현황

미국의 경우 Biomechanics Research Group Inc.는 ADAMS의 플러그인 생체역학 모듈로 LifeMOD를 개발하여 부상, 임상, 인간공학, 인체고정, 산업제품 등 다양한 분야에 적용하고 있다. 또한 Iowa 대학의 VSR(Virtual Soldier Research) 프로젝트는 미국 육군의 지원으로 시작되었으며, 무기체계 개발에 활용할 목적으로 산토스(SantosTM)라는 디지털 휴먼 모델을 개발하고 있다. 미국 스탠포드대학 NeuroMuscular Biomechanics Lab에서는 인체 근골격계 모델링 및 시뮬레이션 프로그램 개발하고 있다. Musculographics Inc.는 1992년 설립되어 생체역학 시뮬레이터 SIMM과 Dynamics Pipeline을 개발하였다. SIMM은 해부학적 정확성에 초점을 맞추고 있으며 주로 의학 분야에 적용되고 있다. 미국 팔로 알토 재할 연구개발 센터에서는 의과학 및 생체역학과 관련된 연구를 수행하고 있으며 개발된 기술을 상용화하는데 성공한 바 있으며, 스탠포드 대학의 여러 관련 연구기관 및 연구실과 다양한 공동연구 수행하고 있다. 미국 Texas 대학 그룹에서는 강체로 가정한 인체모델을 이용하여 걷기, 달리기 등 인체 기본적인 동작에 대한 운동제어 방식의 모델링 및 동작 시뮬레이션에 대한 연구를 수행하고 있다. 또한 미국 스탠포드대학 AI Lab.의 Salisbury 교수는 현재 세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 햅틱장치인 Phantom을 개발한 바 있다. 미국 OSH 국립연구소는 손가락-손-팔 시스템의 복잡한 신체반응 체계 시스템을 이해하기 위해서 손으로 전해오는 진동으로 인한 불편함·상처 등에 관한 폭넓은 연구를 진행하고 있다. 마지막으로 미국 MIT에서는 Axiomat-

ic design 관점에서 창의적 문제해결방식인 TRIZ 에 대한 평가를 수행하고 있다.

유럽의 경우 스위스 제네바 대학 MIRALab 에서는 의료, 가상현실, 의상 모델링, 헤어 모델링 등 분야에서 가상 휴먼 모델과 시뮬레이션 기술들을 연구하고 있으며, 네덜란드 TNO 메디컬 연구센터에서는 인체 근골격계 병변 방지를 위한 기초 임상 연구 및 모델/시뮬레이션 기법을 연구하고 있다. 프랑스의 ESI 그룹에서는 충돌에 의한 인체 상해치 예측을 위한 인체 모델을 개발하고 있다. 이 회사는 PAMCRASH/SAFE 등과 연계하여 사용할 목적으로 머리, 가슴 등을 유한 요소로 표현한 H-Model을 개발하고 있다. 덴마크 AnyBody Technology 사에서는 인체 운동 시뮬레이션 프로그램인 AnyBody 를 개발하여 근골격계 모델링 및 근육 힘, 관절 반작용 등을 계산하는데 응용하고 있다. 또한 컨소시엄 형태로 H-Model의 차세대 모델 개발을 위하여 HUMOS 프로젝트를 추진하고 있으며, 현재 최종 연구 단계에 있는 것으로 알려져 있다. 이 밖에도 의료 분야의 적용을 목적으로 하는 다양한 산학협력 프로젝트가 수행되고 있다. 예로 이태리 Bologna 대학의 DIEM 연구소는 인체의 엉덩이 뼈대구조 등을 확률론적 해석을 통해서 최적화시켜 수술작업 시 임플란트 안전성 연구 등을 수행하고 있다. 영국 Creax Corporation 에서는 TRIZ 의 제품 및 기술 진화의 원리와 실제 산업에서의 기술 및 제품 진화과정을 비교하여 진화 과정을 규명하는 연구를 수행하고 있으며, The Technology Partnership plc 에서는 사용자중심(user-centered) 설계과정을 요약하고 제품의 개발단계에서 제품의 사용성(usability)을 평가하는 방법론에 대한 연구를 수행하고 있다.

마지막으로 최근에 들어서 고객과의 interaction에 의해서 대량 생산되는 맞춤형 제품의 다양한 사례를 접할 수 있다. Proctor & Gamble의 맞춤형 화장품, 아디다스, 나이키 및 독일 Selve AG 사의 맞춤형 기능

성 운동화, 레고사의 맞춤형 레고 세트, 여러 중소기업의 맞춤형 의류 서비스 등이 이러한 사례에 속한다.

4. 센터 연구 내용 및 방법

4.1 총괄 과제 구성

본 연구센터의 사업의 최종 목표를 체계적으로 달성하기 위해 ‘인간-제품 통합 시뮬레이션 기술’의 제1총괄, ‘인간중심 제품 개발을 위한 CAD 시스템’의 제2총괄, 그리고 ‘사용자 지향 제품혁신 기술’의 제3총괄 과제 등 총 3개의 총괄과제를 구성하였다. 각 총괄과제의 1단계(2007년부터 2009년까지) 연구내용은 다음과 같다.

1총괄과제인 ‘인간-제품 통합 시뮬레이션 기술’의 경우 (i) 생체공학적 능동적 변형체 FE 기반 인체모형을 연구하고, (ii) 생체공학적 FE 인체모형에 대한 검증 연구를 수행하며, (iii) 햅틱 압 마스터와 핸드마스터를 개발한다. 2총괄과제인 ‘인간 중심 제품개발을 위한 CAD 시스템’의 경우 (i) 기존 인체모델링방법을 분석하고, (ii) 인체-제품 동시모델링을 위한 프레임워크의 기반을 구축한 뒤, (iii) 기본 template 인체모형을 개발함으로써, (iv) 인체 동작 중 발생하는 골관절 부위에서의 역학작용을 분석하고자 한다. 마지막으로 제3총괄과제인 ‘사용자 지향 제품혁신 기술’의 경우 (i) 사용자 지향 최적 MC 설계를 위한 설계혁신기법을 연구하고, (ii) 제품 신뢰성 평가를 위한 핵심 기술 개발하고, (iii) 인체-제품 적응성 평가를 위한 핵심 기술을 개발하고자 한다.

4.2 총괄과제 간 유기성

본 센터의 연구목표를 원활히 달성하기 위해 각 총괄별로 다음과 같이 유기적으로 협력하며 연구를 수행하고 있으며, 총괄 과제간의 유기성은 그림6에 요약되어 있다. 먼저 제 1총괄과 2총괄의 협력관계를 살

펴보면 제1총괄 과제에서는 제2총괄 과제에서 목표로 하는 인체-제품 복합 CAD 시스템을 이용한 기본설계 결과물인 CAD 모델에 대해, 다양한 해석을 수행할 수 있는 인체-제품 복합 CAE 시스템을 구축하고 제품에 대한 상세설계와 성능 평가를 위한 연구를 수행한다. 제1총괄 과제의 결과물인 인체-제품 복합 CAE 시스템의 해석 결과와 인체와의 조화성 및 성능 평가 결과는 제2총괄 과제의 결과물인 인체-제품 복합 CAD 시스템에 피드백되어 설계를 최적화하는데 이용되며, 제2총괄 과제에서는 디지털 인체 모델과 제품모델을 생성하고 인체모델기반 동역학적 시뮬레이션을 통해 제품의 주요 제원에 대한 기본설계를 지원하는, 인체-제품 복합 CAD 시스템 기술에 대한 연구를 수행한다.

제 2총괄과 3총괄의 협력관계를 살펴보면 제3총괄 과제에서 사용자의 다양한 신체조건과 제품에 대한 요

구사항을 제품사양 스펙트럼으로 정리하고 이를 근거로 MC 제품 구조(mass customization product architecture)를 도출한다. 여기서 얻어진 신체조건 스펙트럼과 제품 구조를 제2총괄 과제의 인체-제품 통합 CAD 시스템에 제공한다. 제2총괄의 CAD 시스템에서는 이러한 소비자 정보와 제품 정보를 데이터베이스화하여 인체모델 기반 제품설계에 활용한다. 한편 제2총괄의 CAD 시스템은 제3총괄의 제품평가 및 설계 시스템에서 활용할 수 있도록 정적 또는 동적 제품모델을 제공한다.

마지막으로 제3총괄과 1총괄의 경우 제3총괄 과제에서는 사용자 지향의 제품 설계 및 개발을 위한 요소 기술을 연구한다. 사용자의 다양한 신체조건과 제품에 대한 요구사항은 제품사양의 스펙트럼으로 정리되어 MC 제품 구조를 도출하게 되고 이 결과는 제1총괄 과제의 인체-제품 복합 CAE/Haptic 시뮬레이션 시스템

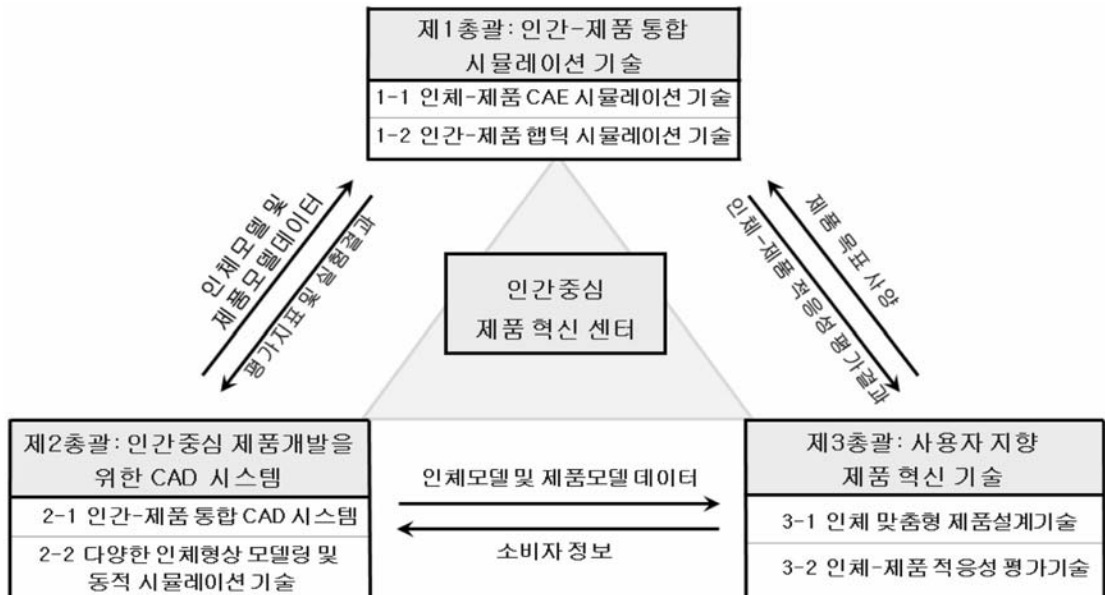


그림 6. 총괄과제간의 유기성.

에 제공되어 제품의 사용자 조화성 예측에 사용된다. 해석 시뮬레이션으로 실물 실험을 대체하려면, 성능 예측이 매우 정교하여 실물실험에 근사하는 결과를 얻을 수 있어야 한다. 이를 위해 성능평가 기술의 정량화, 고급화가 요구되는데 제3총괄 과제에서 연구하는 인체-제품 적응성 평가 기술이 이때 활용된다. 또한 제1총괄에서 다루는 인체영향 및 제품의 사용성 시뮬레이션 결과를 제3총괄의 MC 설계 시스템에 피드백하여 사용자 지향적 제품 설계에 활용하도록 한다.

4.3 추진 전략

본 센터의 연구결과와 파급 효과를 극대화하기 위해 국내외 협력기관 및 관련 산업계와 긴밀한 협조 하에 연구를 수행하고 있다 (그림 7참조). 먼저 국내 협력기관으로는 재활공학연구소, 가톨릭대학교 응용해부학연구소, 국립과학수사연구소 등이 있으며 참여기업으로는 현대자동차, 현대모비스 등 완성차 및 부품 업체와 ESI, TNO, INUS 등 CAD/CAE 소프트웨어 업체 및 IT 업체들이 있다. 특히 ESI 사는 다년간 H-Model을 개발해 온 실질적인 주체로서 인체 각 부위의 변형체 모델을 보유하고 있으며 TNO 는 MADYMO 인체모델을 보유하고 있다는 점에서 본 센터의 연구 내용과 밀접한 관계가 있다. 또한 KISTI의 Digital Korean 사업으로부터 축적된 인체 근골격계의 해부학적 데이터와 물성 자료를 활용할 예정이다. 또한 본 센터를 국제적 경쟁력을 갖춘 센터로 육성하기 위해 각 총괄과제별로 다음과 같은 외국의 협력기관과의 협력을 하고 있다.

- 인체모델링 및 CAD 분야

Baylor College of Medicine, Biomechanics Research Group, Inc., Geneva 대학 MIRALab.

- 인체거동 해석 및 CAE 분야

General Motors, Orthopedic Hospital, Rehabilitation Engineering Program, Univ. of Iowa, Spine Lab.,

Univ. of Cincinnati, Applied Bio-Acoustics and Mechanics Lab.

- 제품개발프로세스

Indian Institute of Science, Center for Product Development and Manufacturing

MIT Laboratory for Manufacturing and Productivity

이러한 해외 협력기관과의 적극적인 인력교류를 통하여 본 센터 참여자들의 교육과 훈련 효과 또한 극대화할 수 있으리라 본다.

특히 인간중심 제품혁신기술은 자동차, 가전제품, IT 기기, 무기체계, 산업기계, 스포츠제품 등과 같은 기존 제품뿐만 아니라 최근 실버 및 웰빙 관련 제품에 대한 관심의 증가와 맞물려 국내외 연구 및 관련 산업에 새로운 패러다임을 제공할 것으로 기대된다. 본 센터에서 지향하는 연구내용은 산업체와 밀접한 연관이 있는 응용기술에 많은 비중을 두고 있기 때문에 연구 초기부터 활발한 산학협력을 펼쳐나갈 예정이다. 구체적인 협력방안은 센터 설립인가와 함께 구성될 운영 위원회에서 참여기업의 조건, 참여형태, 연구비 규모, 기업인력 활용방안 및 기술 이전방안 등에 관한 세부적인 조건을 마련한 후, 점진적으로 이루어질 예정이다. 현재 1단계로 구상하고 있는 참여기업과의 협력내용은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 현대자동차: 개발기술 수요자 및 기술사양 제공 역할, 충돌해석 연구경험에 의해 축적된 기술을 기반으로 연구방향 검토 및 제시

- INUS: CAD 소프트웨어 제공 (Rapidform XOS)

- FEA Soft: 해석소프트웨어 제공 및 해석기술 공동개발

- TNO, 한국ESI: 인체모델링에 대한 정보 공유 및 인체모델 기반 해석기술 공동 연구

- Solutionix, K&I Technology: 인체모델링 및 측정에 필요한 소프트웨어 및 하드웨어 기술에 대한 공동연구

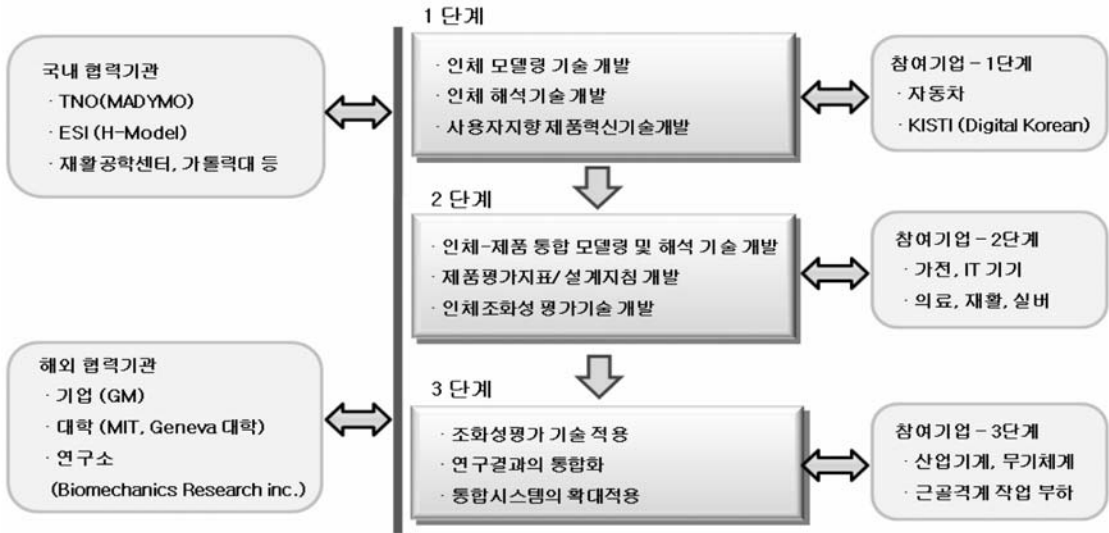


그림 7. 본 센터 연구를 위한 추진 체계.

5. 미래 전망 및 결론

5.1 미래 전망

본 센터의 연구목표와 관련된 핵심 요소기술들을 크게 나누면 (i) 인체모델링 분야, (ii) 생체역학 분야, (iii) 해석/시뮬레이션 분야, (iv) 인체-제품 적합성 평가분야, 그리고 (v) MC 제품설계 분야 등으로 들 수 있다. 이들 각각의 요소 기술 분야는 다음과 같이 발전할 것으로 예측된다.

디지털 인체모델링 분야에서는 강체모델로부터 시작하여 현재는 H-모델이 가장 진보한 모델로 평가 받고 있으나, 10년 정도 후에는 기하학적 형상, 물리적인 성질 및 생리학적 특성이 모두 고려된 상태의 개인화된 모델링이 가능할 전망이다. 체형 측정 기술 및 의료 이미지 기술과 데이터 변환 기술 등이 복합적으로 발전하여 이를 가능하게 할 전망이다.

생체역학 분야에서는 현재 개별적인 장기 시스템의 모델링에 의한 해석이 일반적이나, 미래에는 장기 시

스템의 복잡한 모델링 및 해석으로 발전하고, 장기적으로 전체 인체 시스템이 통합적으로 고려될 전망이다.

해석 및 시뮬레이션 분야에서는 각각의 물리적인 특성에 대한 해석이 개별적으로 이루어져 왔다. 최근에 들어서 여러 가지의 물리적인 현상을 동시에 모델링하여 복합적으로 해석하는 Multi-Physics 모델링 및 해석 기법이 도입되고 있다. 예를 들어 화학반응이 일어나서 열이 발생하고 이로 인해 변형이 발생하는 coupling된 문제의 경우에 동시해석법이 매우 효율적이다. 앞으로는 이러한 Multi-Physics 해석 기법의 발전 및 적용 범위의 확대가 예상되고 있다. 본 센터의 효과적인 연구 수행을 위해서도 이러한 발전 동향을 주시하고 새로운 해석 기법에 대해 연구하고 적극적으로 적용할 필요가 있다.

햅틱 기술은 로봇(또는 기계)과 인간 사이의 인터페이스를 위해 개발되었다. 하지만 최근 제품설계를 위한 도구로 활용 가능성이 연구되어 스탠포드에서 개

발된 팬텀 햅틱장치를 활용하여 디지털 조각에 응용 되기에 이르렀다. 향후 인간-제품 상호작용이 제품설 계에 본격적으로 반영될 것으로 예상됨에 따라 햅틱 기술의 활용 가능성이 크게 부각될 것이다. 즉 미래의 제품설계 환경은 컴퓨터뿐만 아니라 물리적 특성 테스트를 초기설계 단계에서부터 즉석에서 시도해볼 수 있는 햅틱기술이 반드시 포함될 것이다.

공리설계, 트리즈(TRIZ) 등 설계혁신기법에 대한 연구와 응용기술이 본격적인 궤도에 올라 사용자 지향 적인 대량고객맞춤형 제품개발(MC)을 구현하기 위한 제품혁신 기술이 성숙단계에 도달하게 되고 국내 관련 산업의 국제경쟁력이 비약적으로 향상되는 계기가 될 것이다.

5.12 결론

본 센터에서 지향하는 연구 방향은 요소기술의 측면에서는 이러한 발전 방향에 맞게 연구를 수행하되, 각 요소 기술들을 융합하여 인간 친화적인 제품개발 패러다임을 창출하는 데에 있다. 특히 인체-제품 복합 모델링 및 시뮬레이션 분야는 아직 미성숙 분야로써 체계적인 추진이 이루어질 경우에는 선진국에 비해서 우위를 점할 수 있는 가능성이 많은 연구 분야이다. 인체-제품 적합성 평가분야로서 사용자의 다양한 신체적 특성과 인체반응 특성의 통계적 분석과 제품의 확률론적인 정적·동적 특성 평가를 수행하고자 하는 관련 연구는 창의적이고 필수적인 내용이며 이들의 상관관계를 규명함으로써 사용자 지향 신뢰성 및 안락성의 기준을 마련하고 최종적으로 제품설계에 반영함으로써 독보적인 차세대 제품평가기술로 자리매김을 할 수 있을 것이다.