

인터랙티브 제품 디자인을 위한 프로토타이핑 도구: MIDAS의 활용 사례 및 유용성 연구

Investigation into a Prototyping Tool for Interactive Product Design: Development,
Application and Feasibility Study of MIDAS (Media Interaction Design Authoring System)

주저자 : 임지동 (Ji-Dong Yim)

한국과학기술원 산업디자인학과

공동저자* : 남택진 (Tek-Jin Nam)

한국과학기술원 산업디자인학과

*교신저자. 본 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. KRF-2005-041-G00050)

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구 목표 및 방법

2. 관련 연구 분석

3. 프로토타이핑 도구의 요건 파악을 위한 인터뷰

- 3-1. 디자인에서 기능적 프로토타이핑의 역할
- 3-2. 디자인 프로토타이핑 도구의 활용 현황
- 3-3. 새로운 디자인 프로토타이핑 환경의 요건

4. 디자이너 중심의 인터랙티브 제품 프로토타이핑 도구: MIDAS

- 4-1. MIDAS의 주요 기능
- 4-2. MIDAS를 활용한 프로토타이핑 방법
- 4-3. MIDAS의 구현

5. MIDAS 활용 사례

- 5-1. 사례 연구 분석

6. 결론 및 향후 연구

참고문헌

(要約)

본 논문은 인터랙션 디자인 관련 디자이너들이 기능적 프로토타입(Working Prototype)을 제작할 때 쉽게 활용할 수 있

는 저작 도구 MIDAS(Media Interaction Design Authoring System)를 제안하며, 그에 관련된 조사 연구와 사례 연구를 통해 검증된 유용성에 관해 기술한다. MIDAS는 기술적 구현 경험이 부족한 디자이너들이 디지털 아날로그 입 출력 제어, 소프트웨어-하드웨어 통합, 혼합 현실 기술 등을 디자이너들이 사용하는 기존 멀티미디어 제작 환경 내에서 간편히 응용할 수 있게 한다. 디자이너들에게 필요한 인터랙티브 제품 프로토타이핑 도구의 요구 사항을 도출하기 위해 인터랙션 디자인 과정 고찰, 관련 연구 분석, 실무 디자이너 인터뷰를 수행 하였다. 이를 바탕으로 널리 활용되고 있는 멀티미디어 저작 도구인 디렉터와 플래시를 기반으로 프로토타이핑 도구를 개발하였다. 이 도구를 활용하여 다양한 인터랙션 디자인 프로젝트 사례 연구를 진행하였다. 사례연구를 통하여 디자이너들이 기존 디자인 구현 과정에서 겪던 기술적인 어려움들이 MIDAS를 통해 효과적으로 해소함을 알 수 있었다. 본 연구에서 제안하는 프로토타이핑 도구 및 방법은 인터랙티브 제품 디자인 영역 이외에도 인터랙티브 미디어 아트, 탠저블 인터페이스와 연관된 인간 컴퓨터 상호작용(Human Computer Interaction)분야의 교육 및 연구에도 기여 할 수 있을 것으로 기대된다.

(Abstract)

This paper presents MIDAS (Media Interaction Design Authoring System), an authoring toolkit for designers and artists to develop working prototypes in new interaction design projects. Field research were conducted to identify the requirements and a case study of designing new interactive products was carried out to examine the feasibility of the new tool. MIDAS provides easier ways of integrating hardware and software, to manage a wide range of electric input and output elements and to employ 3D Augmented Reality technology within conventional multimedia authoring tools, such as Director and Flash, which are popularly used by designers. MIDAS was used in case study projects of design education as well as by voluntary designers for evaluation. From the result of case studies, it was found that many design projects were successfully accomplished using MIDAS. Designers who participated in the projects reported that MIDAS not only helped them to concentrate more on ideation but also was very easy to use as they implemented the physical interface concepts without advanced engineering skills. It is expected that MIDAS can also support prototyping in interactive media art, tangible user interface development and related human computer interaction fields.

(Keyword)

Prototyping, Design Tool, Interactive Digital Product Design, Tangible Media, Physical Computing, Interactive Media Art

1. 서론

1-1. 연구 배경

정보사회가 성숙 되면서 디자인의 주요 대상이 되는 제품이 다양해지고 있다. 특히 지능화, 복합화, 다기능화 된 인터랙티브 제품 혹은 연계된 서비스의 개발 프로젝트에서 디자이너들의 역할이 더욱 중요해지고 있다. 크로포드는 '인터랙션'을 대화에 비유하면서 '두 대상이 듣기, 생각하기, 말하기를 반복하여 원하는 바를 이루어가는 과정'으로 설명하고 있다.1) 이러한 인터랙션의 개념을 바탕으로 인터랙티브 제품은 '사용자와의 긴밀한 인터랙션을 통해 인간 환경을 개선하는 제품 또는 시스템'으로 정의할 수 있다.2)

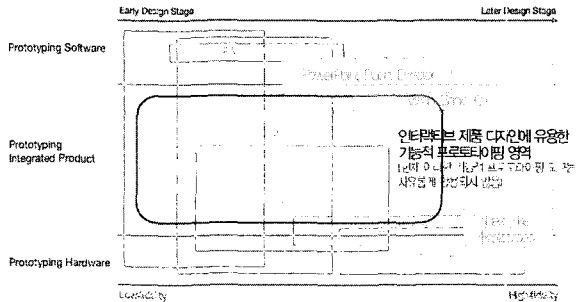
최근 인터랙티브 제품은 디지털 혹은 네트워크 기술과 접목되면서 전통적인 제품과 차별화된 속성을 가지게 되었다. 특히 휴대형 전자 제품, 엔터테인먼트 로봇, 유비쿼터스 컴퓨팅 기반의 제품 및 서비스 등은 전통적인 산업 사회의 공산품에 비해 많은 정보를 다루거나 표현해야 하며, 기능적으로 복잡하고 지능화되고 있다. 또한, 하드웨어와 소프트웨어가 유기적으로 통합된 기기들이 증가하고, 사용자의 지적 특성을 고려한 상호작용(interactivity)에 대한 배려가 더욱 중요시 되고 있다.

이러한 변화에 따라 심미적인 조형 능력이 디자이너의 가장 중요한 덕목이었던 전통적 디자인 패러다임에도 변화가 요구되고 있다. 사용자의 인지과정과 니즈(Needs)의 파악이 중요해지면서 보다 심도 깊은 사용자 중심 디자인 방법이 필요하게 되었다. 또한 다양한 기술에 대한 이해가 필요하게 되어 학제적인 협업 프로세스가 요구되고 있다. 즉, 인터랙티브 제품을 개발하는 디자이너는 제품 심미적 외형을 만드는 것과 같은 가시적인 결과물을 생산하는 것뿐만 아니라 사용자의 지적 특성을 이해하고 하드웨어와 소프트웨어 구현에 관한 전반적인 기술적인 이해를 바탕으로 시스템과 서비스의 다양한 응용 방안을 제안하는 역할을 수행하고 있다.

한편 제품 디자인 작업에서 스케치 및 모델링을 통한 형태의 전개는 창의적이고 순환적인 컨셉 발전을 위해 필수적인 과정으로 인식되어 왔다. 쉘네일 스케치와 같은 간단한 방법 외에도 3D CAD를 활용한 모델링, 소프트 폼 목업 제작, 클레이모델링 등과 같은 물리적인 모형을 제작하는 과정들도 스케치의 역할을 수행하기 위해 활용된다. 인터랙티브 제품을 개발하기 위해서는 이와 같이 제품의 가시적인 측면 외에도 인터페이스 방식, 콘텐츠, 하드웨어-소프트웨어 통합 등 비가시적이고 동적인 속성들을 함께 스케칭(Sketching) 할 필요가 있다. 그러나 하드웨어와 소프트웨어가 통합된 인터랙티브 제품의 개발에 참여하는 디자이너들에게는 컨셉을 자유롭게 발상하고 구체화하기 위한 스케칭 방법은 부족한 실정이다.

그림 1-1은 디자인 단계와 디자인 대상물에 따른 기존 프

로토타이핑 방법들, 혹은 광의의 스케칭 도구들을 디자인 단계와 디자인 대상의 유형에 따라 분석한 것이다.[남택진 & 임지동, 2005] 그림에 나타난 바와 같이, 회색 음영 처리된 소프트웨어 개발 도구나 정밀한 제품 모델을 제외하면 하드웨어와 소프트웨어의 기능을 함께 구현해볼 수 있는 도구와 활용 기법들은 절대적으로 부족함을 알 수 있다.



[그림 1-1] 디자인 단계와 영역에 따른 프로토타이핑 도구 분류: 인터랙티브 제품의 디자인을 위한 기능적 프로토타이핑 도구의 부족 [남택진, 2005]

또한 전통적인 제품 개발 프로세스에서 디자이너에게 익숙한 스케치와 3D 모델링, 모형 제작 등의 방식들로는 인터랙티브 제품들이 가지고 있는 새로운 특성들을 충분히 검토하기 어렵다. 특히 웨어러블 컴퓨팅, 가상 및 증강현실, 유비쿼터스 컴퓨팅 등의 신기술이 적용된 다양한 컨셉을 발전시키기 위한 프로토타이핑 기법들은 엔지니어링 기초에 대한 훈련을 받지 않은 디자이너들이 자유롭게 활용하는 데 큰 어려움이 있다. 이와 같이 기술의 발전으로 출현한 새로운 유형의 디자인 프로젝트에 참여하는 디자이너들은 컨셉을 자유롭게 발상하고 구체화하기 위한 방법들의 부재로 인하여 학제적인 팀에서 심미적인 조형을 구체화하는 제한적인 역할을 수행하고 있는 실정이다.

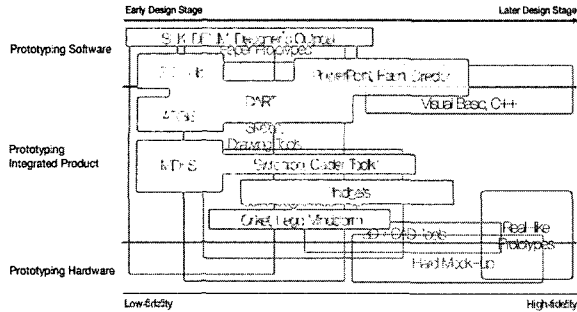
1-2. 연구 목표 및 방법

본 연구는 새로운 유형의 디자인 대상 즉, 하드웨어와 소프트웨어가 융합되고 복합화, 지능화된 인터랙티브 제품을 개발하는 디자이너들이 컨셉 전개에 겪는 어려움을 최소화할 수 있는 새로운 프로토타이핑 도구를 제안하고 유용성을 밝히는 것을 목표로 한다. 특히 인터랙션 디자인을 위한 프로토타이핑 도구의 요구사항을 파악하고 이를 바탕으로 디자이너를 위한 도구를 제안하는 것에 초점을 맞추었다. 또한 다양한 인터랙션 디자인 사례를 통해 개발된 도구의 유용성을 평가하고자 하였다. 이를 위해 먼저 문헌 조사를 진행하여 기존 디자인 프로토타이핑 도구의 활용 현황 및 관련 연구를 분석하였다. 또한 실무 디자이너들과의 인터뷰를 통하여 인터랙티브 제품 디자인 프로젝트 과정에 겪는 어려움들을 조사하였다. 요구사항에 대한 파악을 기반으로 전기, 전자 등 기술적 노하우가 부족한 디자이너들이 최소한의 노력으로 프로토타입 구현에 활용할 수 있는 새로운 프로토타이핑 도구 및 적용 방안을 제시하였다. 제시된 도구의 유용성을 검증하기 위하여 교육 및 실무 프로젝트에 적용하였다.

1) "Interaction is a cyclic process in which two actors alternatively listen, think, and speak." (Chris Crawford. (2002). *The Art of Interactive Design*. No Starch Press (pp 5))
 2) 남택진. (2005) 인터랙티브 제품 디자인을 위한 프로토타이핑 도구 조사. *디자인학연구 Vol 19*

2. 관련 연구 분석

디자인을 위한 프로토타이핑 도구 및 관련 연구들을 디자인 대상과 활용 단계에 따라 그림 1-1의 좌표공간에 위치시키면 그림 2-1과 같이 분류할 수 있다.



[그림 2-1] 인터랙티브 제품을 위한 기능적 프로토타이핑 도구의 분류 [남택진, 2005]

SILK[Landay et al., 1995], DENIM [Newman et al., 2003], STCtools[남택진, 2004] 등은 소프트웨어 중심의 디자인 프로젝트의 디자인 초기단계에 활용 가능한 프로토타이핑 도구라 할 수 있다. 이들 모두 스케치를 활용하기 때문에 보다 직관적인 컨셉 개발이 가능하다. Swicheroo[Avrahami and Hudson, 2002]나 Calder Toolkit[Lee et al., 2004]의 경우 디자인 초기에 하드웨어와 소프트웨어 통합에 효과적으로 활용할 수 있는 무선 입력 기술을 지원한다. 그러나 무선 입력 기기의 다양화가 어렵고, 소형화할수록 좁은 범위 내에서만 활용이 가능하다는 제약이 따른다. 또한 디자인 프로세스에 접목하기 위해서는 심미적인 부분을 동시에 검토할 수 있도록 보완되어야 한다. 이러한 제약은 레고 마인드스톰(Lego Mindstorm)에서도 동일하게 발견된다. 레고 마인드스톰은 소형 컴퓨터가 내장된 블록과 센서를 이용해 기술적 지식이 없는 일반인도 손쉽게 작동 가능한 인터랙티브 시스템을 제작할 수 있도록 하지만, 블록이라는 형태적인 제약을 벗어나기 어렵고 지능적인 시스템 구현에 한계가 있다. 다양한 센서 및 전기/전자 입력력 장치를 컴퓨터에 연결해주는 Phidgets는 공학기반 사용자들에게는 효율적이지만 디자이너들이 쉽게 활용하기 어려운 개발 환경을 사용하고 있다.

DART는 디렉트 기반으로 증강현실기술을 보다 쉽게 활용할 수 있도록 지원하는 도구이다 [MacIntyre et al., 2004]. 이는 초기 시뮬레이션 등에 효과적인 기능을 갖추었으나 사용 방법의 측면에서 디자이너들이 접근이 쉽지 않다. 디자이너들이 보다 쉽게 이해하고 활용하기 위해서는 보다 직관적인 설치 방법과 디자이너의 사고방식에 익숙한 활용법이 필요하다.

3. 프로토타이핑 도구의 요건 파악을 위한 인터뷰

새로운 인터랙티브 제품 디자인을 위한 프로토타이핑 도구의 요건을 파악하기 위해 실무 디자이너들과의 심층 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰는 하드웨어와 소프트웨어가 통합된 제품의 디자인 프로젝트를 수행하였고 디자인 프로토타이핑의 경험이 있는 실무 디자이너들을 대상으로 하였다. 이들은

모바일 기기 및 웹 디자인에 관련된 사용자 인터페이스 컨설턴트와 가전제품 선행 부문 디자이너들로 구성되었으며, 각각 관련 분야의 디자인 과정을 설명하고 프로토타이핑 현황과 어려움에 대한 질문을 중심으로 인터뷰 하였다.³⁾

심층 인터뷰를 통해 먼저 디자인 과정 중 기능적 프로토타이핑이 갖는 의의와 역할에 대해 질문하였으며, 이러한 역할을 수행하기 위해 주로 사용되는 도구들의 현황을 중점적으로 조사하였다. 이를 바탕으로 기존 프로토타이핑 방식들의 한계점을 알아보고 새로운 인터랙티브 제품 디자인을 위한 프로토타이핑 도구의 요구사항을 도출하였다.

3-1. 디자인에서 기능적 프로토타이핑의 역할

인터뷰에 참여한 디자이너들은 디자인 과정에서의 프로토타이핑은 디자이너들뿐 아니라 기획자, 엔지니어, 마케팅 담당자 등 인터랙티브 제품 개발 프로젝트의 다양한 구성원들에게도 그 중요성이 높다고 언급하였다. 특히 프로토타이핑은 커뮤니케이션, 아이디어 발상, 검증 및 경험의 측면에서 중요한 역할을 하는 것으로 지적하였다. 주목할 점은 프로토타입이 종종 설득의 도구로 활용된다는 점이다. 예를 들어, 클라이언트나 부서의 상급자를 설득하여 디자이너가 의도하는 결과를 유도하는데 프로토타입은 결정적인 역할을 수행하고 있었다. 휴대형 디지털 제품의 디자인을 수행한 디자이너들의 경우에는 프로토타이핑 능력이 동종 업체와의 프로젝트 수주 경쟁에서 유리한 위치를 점할 수 있는 중요한 요소 중 하나라고 지적하였다. 이 밖에, 대기업의 휴대 전화 개발팀에서는 인터페이스 디자인의 개선 효과를 프로토타이핑을 통해 보여줌으로써 디자이너가 제품 개발 프로세스를 주도하는 사례도 점차 증가하고 있었다.

3-2. 디자인 프로토타이핑 도구의 활용 현황

인터랙티브 제품의 사용자 인터페이스를 디자인할 때 디자이너들은 파워포인트 등의 문서 작성 도구, 일러스트레이터나 포토샵 등의 그래픽 디자인 도구, 기능적 구현을 위한 멀티미디어 저작 도구 등을 주로 활용하는 것으로 나타났다. 이 중, 제품의 기능적인 부분을 구체화하는 과정에는 마이크로소프트 파워포인트와 매크로미디어 플래시가 가장 빈번하게 사용되고 있었다. 파워포인트는 기능을 플로우-차트(flowchart)나 트리 구조(tree-structure) 등으로 구체화하기 적절하며, 플래시는 기능을 가상적으로 구현하고 경험할 수 있게 한다. 플래시 프로토타입은 주로 컴퓨터 화면 안에서 마우스나 키보드로 조작하는 소프트웨어로 제작됨을 알 수 있었다. 이밖에도 많은 기능적 구현 도구들이 제안되고 있지만 이에 관한 실무 디자이너의 인지도가 낮으며, 디자이너들에게 익숙한 환경을 제공하고 있지 못하다는 점이 큰 제약으로 인식되고 있었다.

3) 인터뷰는 2005년 1월 26일부터 3월 14일까지 총 3회에 걸쳐 진행되었다. 인터뷰 대상은 25~32세의 디자이너들로 2~5년의 경력자들 중 선별하였다. 이들은 3명의 UI 컨설턴트와 2명의 가전제품 선행 담당 인하우스(in-house) 디자이너로 구성되었으며, 세 그룹으로 나누어 각각 인터뷰에 참여하였다.

3.3. 새로운 디자인 프로토타이핑 환경의 요건

인터랙티브 제품 및 그 디자인 과정의 특성을 파악하고, 실무 디자이너 인터뷰 결과 및 기존 도구들의 장단점을 분석함으로써 현재 실무 디자인 분야의 프로토타이핑 환경에서 발생하는 어려움과 새로운 요구사항들을 다음과 같이 크게 네 가지 항목으로 요약할 수 있었다.

다양한 실제적 인터페이스 구현이 가능한 환경 인터랙티브 제품의 가능성을 충분히 검토하기 위해서는 인터랙션이 갖는 대화의 특성 중 듣기와 말하기 과정을 다양화할 수 있어야 하며, 이것을 작동 가능한 결과물로 제작할 수 있어야 한다. 컴퓨터에서 듣기와 말하기란 입력(input)과 출력(output) 과정이라 할 수 있다. 그러나 현재 컴퓨터가 가지고 있는 단편적인 입출력 방식을 벗어나 새로운 인터페이스를 구현하기 위해서는 전기/전자 공학 및 센서 관련 기술이 필요하고, 이를 전통적인 디자인 분야에서 해결하는데 많은 어려움이 있다. 인터뷰 결과 많은 디자이너들이 기존 멀티미디어 제작 환경에 익숙해져 있었지만, 작동 가능한 하드웨어를 제작하여 소프트웨어와 통합하는 데에는 기술적인 어려움을 느끼고 있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 새로운 프로토타이핑 환경은 컴퓨터 외부에 존재하는 다양한 기기들을 쉽고 간편한 방법으로 제작하고 컴퓨터와 통합할 수 있도록 해야 한다.

지능적인 프로세스를 쉽게 구현할 수 있는 환경 인터랙션이 원활히 진행되기 위해서는 제품이 갖는 다양한 듣기와 말하기, 즉 입력과 출력을 제어할 수 있는 지능적인 생각하기 과정이 수반되어야 한다. 이것은 컴퓨팅 프로세스에서 일종의 계산(process) 과정을 통해 만들어진다. 컴퓨터에 입력되는 신호를 해석하고 상황에 맞는 정보와 연관지어 적절한 출력을 제공하는 것들은 모두 이 계산 과정의 일부이며, 일련의 작은 계산 과정들이 결합되어 지능적인 시스템을 구성한다. 컴퓨터의 계산 과정을 구체화하기 위해서는 적절한 프로그래밍 환경(programming environment 또는 scripting environment) 또는 알고리즘(algorithm) 구현 환경이 필요하다.

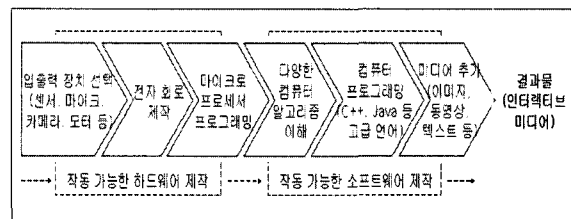
기존 디자이너들에게 익숙한 환경 디자이너들은 심미적인 아름다움과 기능적인 가능성을 동시에 검토할 수 있는 프로토타입을 필요로 한다. 실무 디자이너 인터뷰에서 언급된 바와 같이, 현업에서 가장 활발히 활용되고 있는 멀티미디어 제작 도구는 플래시였으며, 이미 많은 디자이너들이 이를 통해 그래픽 개체 등의 다양한 심미적 요소와 정보를 효과적으로 결합하는 노하우(Know-How)를 습득하고 있었다. 그러나 앞서 제시된 실제적 인터페이스와 지능적인 프로세스를 통합하기 위한 도구는 여전히 부족한 실정이며, 디자이너들이 C++, Java, 비주얼 베이직(VB: Visual Basic) 등 공학적 도구를 새롭게 익히는 것은 현실적으로 큰 어려움이 된다. 따라서 기존의 디자인 환경 내에서 엔지니어링 분야의 기술들을 구현하도록 함으로써 디자이너들이 새로운 환경에 익숙해져야 하는 부담을 줄이고 심미적이면서도 기능적인 완성도를 갖춘 디자인 결과물을 제작하도록 지원할 수 있다.

시스템 기반 시뮬레이션에 확장하여 적용할 수 있는 환경 기능적 프로토타이핑 환경이 인터랙티브 제품 디자인에 효율적으로 활용되기 위해서는 단일 제품 뿐 아니라 시스템이나 서비스의 시뮬레이션에도 유연하게 적용될 수 있어야 한다. 인터랙티브 제품은 대부분 복합적인 시스템의 일부로 작동하기 때문이다. 이러한 제품들은 상용 서비스에서 다른 제품군과 유기적으로 연결되고, 동적인 정보를 다루며, 시스템에 따라 변화하는 특성을 갖는다. 따라서 시스템과 서비스의 컨셉을 반영할 수 있는 디자인 구현 기법이 필요하다.

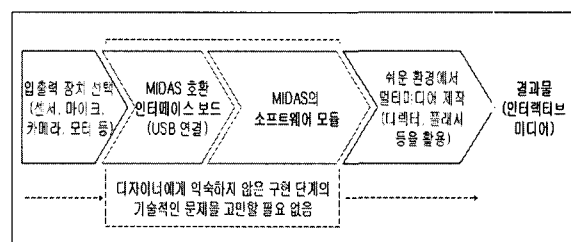
4. 디자이너 중심의 인터랙티브 제품 프로토타이핑 도구: MIDAS

본 연구에서는 앞서 제시된 요구사항을 바탕으로 디자이너를 위한 인터랙티브 제품 프로토타이핑 도구인 MIDAS(Media Interaction Design Authoring System)를 개발하였다. 이 도구는 디자이너들이 디렉터, 파워포인트, 플래시 등 기존의 디자인 도구를 그대로 사용하면서도 센서, 조명, 모터, 증강 현실, 네트워킹 등의 기술적 구현을 쉽게 활용할 수 있도록 지원한다.

그림 4-1은 작동 가능한 프로토타입을 제작하기 위해 활용되어온 기존 환경과 MIDAS를 이용하여 제안된 개선된 저작 환경을 비교하여 보여준다. 인터랙티브 제품의 특징인 다양한 입출력 장치들을 접목하고자 할 때, 기존의 환경에서는 디자이너들이 센서 및 전자 회로, 마이크로 프로세서 프로그래밍, C 또는 Java와 같은 고급 프로그래밍 언어 등에 대한 전반적인 구현 능력을 두루 갖추어야 함을 알 수 있다[그림 4-1a]. 반면 MIDAS를 이용한 환경에서는 회로 구현에 대한 부담이 크게 줄어들 뿐만 아니라 마이크로프로세서 및 고급 프로그래밍 부분이 기존의 디자인 도구, 즉 플래시나 디렉터와 같은 하나의 저작 환경 내에서 모두 해결된다[그림 4-1b]. 이 과정은 기존의 멀티미디어 제작 과정과 매우 유사하기 때문에 디자이너로 하여금 디자인 프로세스에 곧바로 접목하여 심미성과 기능성을 갖춘 프로토타입을 쉽게 제작할 수 있게 한다.



[그림 4-1a] 기존 환경을 활용한 작동 가능 프로토타입 제작과정



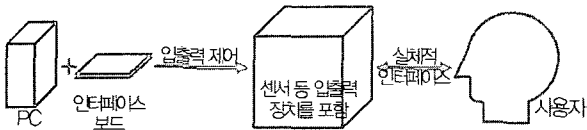
[그림 4-1b] MIDAS를 활용한 작동 가능 프로토타입 제작과정

4-1. MIDAS의 주요 기능

인터랙티브 제품의 다양한 입력, 출력 방식들을 구현하기 위해 MIDAS는 다음과 같이 크게 두 가지 기능을 제공한다.

1) 외부 하드웨어 기기와 컴퓨터의 연동

MIDAS의 하드웨어 연동 기능을 사용하면 각종 전기/전자 회로, 센서, 모터와 같은 외부 기기들을 컴퓨터에 연결하여 손쉽게 제어할 수 있다. 이 기능은 세분화된 여러 개의 작은 소프트웨어 모듈을 통해 활용 가능하며, Phidgets [Greenberg, 2001], Velleman Interface Board [Velleman, 2006] 등의 상용 인터페이스 보드들과 연동하여 센서 모터 등의 외부기기를 제어할 수 있다. [그림 4-2]는 컴퓨터와 외부 장치들을 연결하여 제작된 프로토타입의 구조를 보여준다.



[그림 4-2] 컴퓨터와 외부 장치의 연결 개요

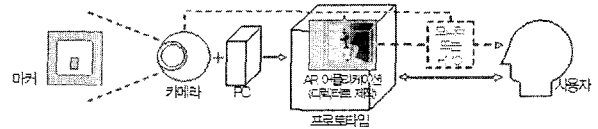
인터페이스 보드에 연결하여 제어가 가능한 회로에는 여러 가지가 있으나 인터랙션 사이클의 입력과 출력으로 분류하여 크게 다음과 같은 4가지로 요약할 수 있다.

- 디지털 인풋: 버튼, 키보드, 마우스의 클릭과 같은 단순한 On/Off 입력
- 디지털 아웃풋: 전구의 상태를 제어하는 등의 출력
- 아날로그 인풋: 볼륨 조절 장치와 같은 가변 입력
- 아날로그 아웃풋: 모터 회전을 제어하는 등의 출력

이러한 외부 신호를 자유롭게 검사하고 제어하는 것은 오감을 활용한 실제적인 인터페이스의 개발 및 구현을 간편하게 한다. 먼저, 거리 센서, 가속도 센서, 스마트 태그(RFID) 등 다양한 센서를 활용함으로써 행동 인식(Gesture Recognition) 기반 입력 장치와 같은 새로운 '듣기'의 아이디어를 구체화할 수 있다. 또한, 진동자(Vibrator), 서보모터(ServoMotor) 등의 출력 장치를 활용하면 햅틱 인터페이스와 같은 인터랙티브 제품의 풍부한 '말하기' 기능을 구체화할 수 있다.

2) 실시간 3D 증강현실 비디오 지원 기능

MIDAS의 또 다른 주요 특징은 디자이너들이 증강 현실(AR; Augmented Reality)을 응용한 다양한 프로토타입을 손쉽게 제작할 수 있도록 한다는 점이다. 이는 디렉터 환경 하에서 가능하며, USB Camera와 같은 저가의 PC용 화상 카메라를 통해 구현할 수 있다. 카메라에 입력되는 비디오 스트림(Stream)은 MIDAS의 증강현실 개체에 전달되어 실시간으로 비디오 화면을 출력하고 화면 내의 특정 마커 이미지를 인식하여 3차원 위치를 추적하고 가상의 물체를 실제 영상에 합성한다. [그림 4-3]은 3D 증강현실이 적용된 프로토타입의 구조를 보여준다.



[그림 4-3] 증강현실을 적용한 프로토타입의 구조

디자이너는 MIDAS의 가상 현실기능을 활용함으로써 PC-디지털 비디오 카메라를 위치추적, 움직임 감지 등의 다양한 '듣기' 기능을 구현할 수 있다. 또한, 가상의 물체를 실제 환경에 합성하여 증강현실 기술을 접목한 다양한 프로토타이핑을 시도할 수 있다.

4-2. MIDAS를 활용한 프로토타이핑 방법

MIDAS는 여러 멀티미디어 저작 환경 하에서 활용 가능하지만 매크로미디어사의 디렉터와 플래시에 최적화되어 개발되었다. 디렉터와 플래시는 매우 비슷한 저작 환경을 제공하고 있으므로, 이 논문에서는 디렉터를 중심으로 센서나 모터와 같은 외부 기기를 제어하는 프로토타이핑 과정을 설명하도록 한다. 그에 앞서, 디렉터를 통해 그림 파일을 다루는 것과 같이 기존 디자이너들에 익숙한 멀티미디어 구현 순서를 살펴보면 다음과 같다.

- ① 그림 파일을 디렉터 환경으로 불러들여 등록한다.
- ② 이를 화면에 배치한다.
- ③ 제어를 위한 스크립트를 입력한다.
- ④ 디렉터 무비를 실행하고 테스트한다.

이와 같은 멀티미디어 제작 순서는 MIDAS를 이용한 프로토타입 제작에도 동일하게 적용된다. MIDAS 개체는 하나의 그림 파일과 비슷하여, MIDAS를 통해 컴퓨터 외부의 센서 또는 전자 회로를 제어하는 방법 또한 기존 이미지 개체를 다루는 방법과 큰 차이가 없다. 다음은 디렉터에 MIDAS를 접목하는 일반적인 프로토타이핑 순서이다.

- ① MIDAS 개체를 디렉터 환경으로 불러들여 등록한다.
- ② 이를 화면에 배치한다.
- ③ 제어를 위한 스크립트를 입력한다.
- ④ USB 등의 하드웨어 연결을 확인한다.
- ⑤ 디렉터 무비를 실행하고 프로토타입을 테스트한다.

위 과정 중 기존 멀티미디어 제작 과정에는 포함되지 않은 ④번 항목은 MIDAS의 활용을 위해 특화된 단계이다. 이 과정은 컴퓨터와 외부 기기들 사이의 연결을 확인하는 작업으로써, 주로 USB 등 단순한 연결선을 통해 이루어진다.

MIDAS의 기능들은 링고(디렉터의 경우)와 액션스크립트(플래시의 경우)와 같이 저작 환경 내에 포함된 스크립트를 통해 접근할 수 있다. [표 4-1]과 [표 4-2]는 일반적인 이미지 개체를 다루는 링고 스크립트와 MIDAS를 통해 외부 센서의 입력을 처리하는 링고 스크립트가 매우 유사함을 보여준다.

[표 4-2]의 스크립트를 살펴보면 [표 4-1]과 비교하여 ②번 항목에만 변화가 생겼음을 알 수 있다. ②번 항목에 사용된

'getDigitalInput(번호)'는 연결된 인터페이스 보드의 '번호' 채널에 입력되는 외부기기의 값을 저장하기 위한 MIDAS의 명령어이다.

결과적으로, 이미지 개체와 MIDAS의 사용상의 유사점은 외형적인 부분만이 아니라 개체의 등록 및 배치, 스크립트를 통한 명령의 전달 과정에서도 동일하게 적용된다. 따라서 그래픽 개체 조작에 익숙한 디자이너가 새로운 프로그래밍 기술을 습득하지 않고도 새로운 프로토타이핑 환경에 쉽게 적용할 수 있게 한다.

[표 4-1] 이미지를 다루는 링고 스크립트의 예: 이 스크립트는 굵은 글씨로 표시된 ②번 항목에 의해 sprite(1)이라는 그래픽 개체의 X 좌표(loch)를 계속해서 출력한다.

```

on exitFrame ...①
  xValue = sprite(1).loch ...②
  put xValue ...③
  go to the frame ...④
end
  
```

[표 4-2] MIDAS 개체를 제어하는 링고 스크립트의 예: 이 스크립트의 sprite(1)은 MIDAS 개체이다. [표 4-1]의 ②번 항목과 매우 유사한 형태로 활용되고 있음을 알 수 있다.

```

on exitFrame ...①
  xValue = sprite(1).getDigitalInput(3) ...②
  put xValue ...③
  go to the frame ...④
end
  
```

4-3. MIDAS의 구현

MIDAS의 개발을 위해 개체 지향적 프로그래밍(OOP; Object Oriented Programming) 등 전산 분야의 다양한 프로그래밍 기술이 접목되었을 뿐만 아니라, 비주얼 C++, 비주얼 베이직, 플래시 등 다수의 개발 플랫폼이 활용되었다.

먼저, 디렉터와 같은 윈도우의 멀티미디어 저작 환경에서 활용하기 위해 MIDAS는 일련의 ActiveX 컨트롤의 모음으로 제작되었으며, 이는 비주얼베이직과 비주얼 C++(VC: Visual C++) 환경에서 개발되었다.

모든 하드웨어 연동 기능들은 상용 인터페이스 보드와 함께 제공되는 무료 플러그인 라이브러리를 기반으로 VB에서 작성되었다. 이 기존 라이브러리들은 몇 종류의 ActiveX 및 표준 DLL 들로 구성되고 일반적인 OOP 인터페이스의 프로퍼티(property), 메서드(method), 이벤트(event)를 지원하여 개발자로 하여금 병렬 포트나 USB로 연결된 외부 기기들을 제어할 수 있도록 한다. 그러나 초보 디자이너들에게 DLL 활용 중심의 비주얼 베이직 프로그래밍은 상당히 어렵거나 제한적이고, 때로는 완전히 접근 불가능한 영역이다. 그 가장 큰 이유는 디자이너들이 스크립트 언어리로 된 가상의 개체를 다루는데 익숙하지 못하다는 점이다. 그러므로 MIDAS는 '가시적인' ActiveX 컨트롤의 형태로 재구성되어 디자이너가 비교적 쉽게 이해하고 활용할 수 있도록 설계되었다.

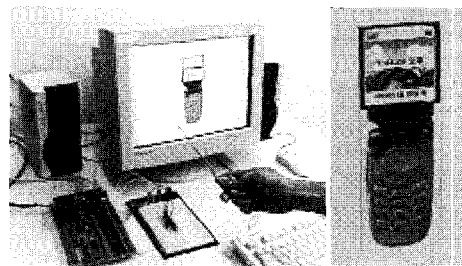
MIDAS의 증강현실 모듈 역시 ActiveX 컨트롤의 형식으로

제작되었으며, USB/IEEE1394 카메라의 영상을 실시간으로 스트리밍하고 특정 마커의 영역을 3차원 좌표로 인식하여 가상 개체와 합성하는 과정을 수행한다. MIDAS AR은 워싱턴 대학의 HIT 연구실에서 처음 제안된 C 언어 중심의 오픈 소스 라이브러리 ARToolkit를 기반으로 개발되었다 [HIT Lab., 2002]. 기존 ARToolkit은 3D 어플리케이션 구현에 일반적으로 활용되는 OpenGL, 마이크로소프트 비전 SDK, DirectX 등의 다른 라이브러리와 함께 작동하지만 디렉터에서 직접 사용되지 못하는 단점이 있었다. MIDAS AR은 이러한 제한 라이브러리를 자체적으로 구동시켜 비디오 기반 증강 현실 기능을 디렉터의 영역으로 확장하였다.

5. MIDAS 활용 사례

MIDAS의 활용 가능 분야는 다양하지만 크게 인터랙티브 제품 프로토타이핑, 시스템적 디자인 시뮬레이션, 미디어 아트/엔터테인먼트 등 세 가지 분야로 나눌 수 있다. 아래는 대표적인 활용사례를 보여준다.

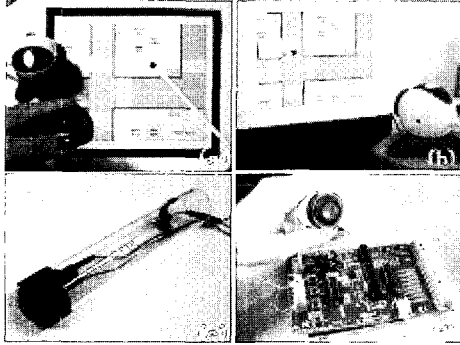
1) **인테랙티브 제품 프로토타이핑** (무선 송수신 장치를 활용한 모바일 기기 프로토타이핑): 이 프로젝트에서는 라디오 전파(RF; Radio Frequency)를 통한 무선 송수신 장치를 이용하여 휴대 전화를 프로토타이핑하였다. 프로토타입은 무선 송수신기 장치, 인터페이스 보드, MIDAS 및 디렉터를 활용하여 제작되었으며, 사용자가 프로토타입의 무선 송신부의 버튼들을 누르면 그에 따라 디렉터로 제작된 휴대전화의 소프트웨어가 작동한다. 기존 프로토타이핑 방법으로 이러한 입출력 장치를 구현하기 위해서는 무선 키보드 또는 리모콘 등을 분해하여 사용해왔으나, 부피와 방향성의 문제를 해결하기 힘든 어려움이 있었다. 이 프로젝트에서 MIDAS는 컴퓨터와 외부기기 사이의 연결을 위해 별도의 전자/전산 능력이 필요했던 RF 장치를 매우 손쉽게 연결하였다.



[그림 5-1] 무선 입력장치를 이용하여 제작된 휴대 전화 프로토타입(좌) 및 프로토타입의 UI(우)

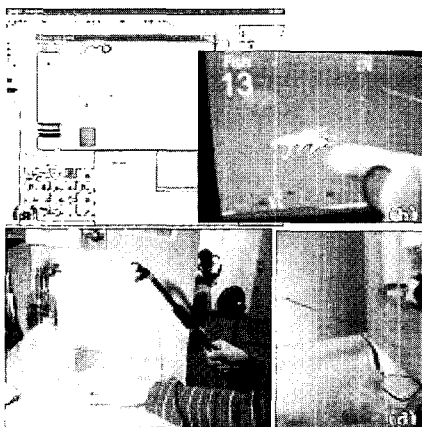
2) **시스템적 디자인 시뮬레이션 구현 사례** (시각 장애인을 위한 위치 정보 제공 시스템): 이 프로젝트에서는 시각 장애인에게 위치 정보를 제공하는 모바일 기기 및 시스템 솔루션을 인터랙티브 시뮬레이션으로 구현하였다. 일반적으로 이러한 시스템적 해결안은 디자인 컨셉을 충실히 설명할 수 있을 정도의 작동성을 만족하기가 쉽지 않음에도 불구하고, 성공적인 결과물을 얻을 수 있었다. 시스템의 데이터베이스 및 위치 인식 솔루션은 그 크기가 너무 방대하기 때문에 2D 미니어처(miniature)와 디렉터로 만든 비디오 트래킹 어플리

케이션을 통해 시물레이션하였고, 모바일 기기는 디렉터에서 MIDAS를 활용하여 진동모터를 구동시켜 구현하였다. 미니 어처에서 사용자가 움직이는 것은 붉은색 포인터(pointer)의 위치를 디렉터로 전달하여 시물레이션된다. 이 위치에 따라 디렉터 무비는 위치에 맞는 정보를 선택하여 음성으로 제공하거나 진동모터를 구동하여 출력한다.



[그림 5-2] 미니어처와 비디오 입력을 통한 위치 인식 기능의 시물레이션(a,b), 지팡이형 모바일 기기의 손잡이에 적용된 2개의 진동모터(c), K8055와 MIDAS를 통한 입출력 제어(d)

3) 미디어 아트 및 엔터테인먼트 제품군 사례 (탠저블 인터랙션을 적용한 낚시 게임, Fish & Fisher): 이 프로젝트의 결과물은 낚시꾼과 물고기 역할의 두 사용자가 다양한 방법으로 대화를 나누는 인터랙티브 컴퓨터 게임이다. 게임에서 물고기 역할의 참여자가 압력센서를 누르는 것은 MIDAS의 아날로그 입력 채널을 통해 물고기의 움직임과 먹이를 먹는 행위로 변환되고 이로 인해 점수를 얻을 수 있다. 반면, 낚시꾼은 물고기를 먹이를 무는 순간 낚시대를 잡아당김으로써 물고기를 잡을 수 있다. 낚시대에는 휘어짐 감지 센서가 부착되어 낚시꾼의 행동에 대한 입력을 받는다. 따라서 두 사용자가 함께 있지 않더라도 물고기가 먹이를 물면 서보모터로 만들어진 가상의 찌가 움직이고 낚시꾼은 그 순간을 놓치지 않을 수 있다. 게임의 모든 과정은 디렉터용 MIDAS와 Phidgets 인터페이스키트, 서보모터 등을 활용하여 제작되었으며, 다수의 센서를 포함한 다양한 입출력 기술들이 디렉터라는 디자인 도구를 중심으로 구현 가능하였다.



[그림 5-3] 두 사용자의 인터랙션을 유도하는 인터랙티브 게임 Fish & Fisher; 개발환경(a), 물고기 캐릭터 조종을 위한 압력센서(b), 휘어짐 감지센서를 활용한 낚시대의 제작(c,d)

5-1. 사례 연구 분석

MIDAS는 2002년부터 KAIST의 산업디자인학과 및 문화기술대학원 등 국내외에 개설된 다수의 수업과 실무에서 다양하게 활용되었다. 인터랙티브 제품 디자인, 피지컬 컴퓨팅, 텐저블 인터랙션 컨셉의 프로토타입 개발을 위한 주요 학습 도구로 활용하였다. 대부분의 사용자들은 전기/전자, 가상현실 등 공학적 기술에 대한 이해도가 비교적 낮은 디자인 전공 학부 및 대학원 과정 학생들이었다. 인터랙티브 제품 디자인 프로젝트에서 새로운 아이디어를 제안하고 그 컨셉을 충분히 보여줄 수 있는 기능적 프로토타입을 제작하는데 적극 활용하였다. 텐저블 인터페이스, 인터랙티브 컴퓨터 게임, 편집적 컴퓨팅 환경의 인터랙티브 제품 및 시스템 등 다양한 분야의 디자인 아이디어를 구체화하는데 활용되었다.

MIDAS의 활용사례 분석은 국내외 학생 및 디자이너들의 프로젝트를 대상으로 하였으며, 인터랙티브 제품 또는 시스템의 컨셉을 프로토타입하는 과정에 초점을 두었다.4) 분석을 위하여 디자인 문제 해결 과정 및 프로토타입 제작 과정에 대한 직접적인 관찰, 사용자들이 작성한 프로젝트 보고서, 문제 해결을 위해 사용자들과 교환한 전자우편 등을 중심으로 수집하였다. 사용자 피드백은 다양한 인터랙티브 제품 아이디어의 구현을 지원하기 위한 기능적 완성도, 구현 기법의 습득 및 프로토타입 제작에 소요된 시간, 사례 연구 참여자들의 선호도 및 만족도 등 3가지 측면에서 분석되었다.

1) 디자인 구현을 위한 MIDAS의 유용성 측면

사례 연구를 통해 제안된 디자인 아이디어들은 대부분 하드웨어와 소프트웨어가 통합된 제품이었으며, 이를 워킹 프로토타입으로 제작하는 과정이 MIDAS를 포함한 저작 환경을 통해 성공적으로 수행되었다. 디자이너들은 다음과 같은 듣기, 생각하기, 말하기 기술을 MIDAS를 통해 손쉽게 활용함으로써 인터랙티브 제품의 프로토타입에 필요한 인터랙션의 요소들을 전반적으로 구체화할 수 있었다.

- 듣기 기능의 구현에 관련된 입력 장치: 무선 송수신 장치, 카메라를 통한 비디오 입력, 자이로 센서 및 가속도 센서, 압력 센서, 휘어짐 감지 센서, 광센서 외 다양한 입력 장치 및 센서
- 말하기 기능의 구현에 관련된 출력 장치: 비디오 및 오디오 출력 제어, 직렬 회전모터 및 서보모터 제어, 조명 제어, 진동 모터 제어 등
- 디렉터와 플래시 스크립팅 환경을 통해 작성된 생각하기 구현 사례: 모바일 기기 UI, 로봇 행위에 관련된 인공 지능, 위치 정보 제공 시스템, 행동 인식 인터페이스 및 멀티미디어 제어, 두 사용자의 인터랙션 관리, 가상 캐릭터 구현 등

4) 활용 사례는 MIDAS의 설치를 위해 사용자들이 자율적으로 등록한 현황을 웹사이트에 연동되는 데이터베이스(Database)에 저장하여 수집하였다. MIDAS는 2006년 6월 현재 총 189회 다운로드 되었으며, 활용사례 분석을 위해 국내 65명, 해외 4명의 사용자가 제작한 총 51개(국내 47개, 해외 4개) 프로젝트를 선별하였다.

또한, 사례 연구에 활용된 프로토타이핑 과정과 결과물들의 완성도에 비추어, MIDAS가 디렉터 및 플래시 저작 환경과 매우 자연스럽게 결합되었으며 원활하게 작동하였음을 알 수 있었다. 디자이너들에 의하면 MIDAS는 비교적 높은 수준의 안정성과 기능적 완성도를 갖춘 것으로 평가되었고 새로 제안된 구현 환경이 기존의 전기/전자/센서의 구현 도구에 비교하여 쉽고 간편한 것으로 나타났다.

2) 프로토타이핑 효율성 측면

제안된 환경으로 디자인 프로토타입 결과물을 얻는 과정의 효율성을 MIDAS의 사용자들이 구현 기법을 습득하는데 할애한 시간과 실제 프로토타입을 제작하는데 소요된 시간의 측면에서 분석하였다.

먼저, 구현 기법을 습득하는데 요구된 시간에 관련하여, 2004년 교육 사례에서는 MIDAS의 활용 기법 이외에 기존 공학적 구현 기술에 관한 교육이 선행되었다. 학생들은 전기/전자 기초 및 마이크로프로세서 프로그래밍, 외부 기기와 컴퓨터의 연동 기술을 습득하기 위해 약 7주의 수업에 참여하였다. 반면, 2005년 봄에 진행된 교육 사례에서 사용자 그룹은 3주 동안 MIDAS의 사용법을 연습하였으며 이를 활용하여 인터랙티브 제품 관련 프로토타입 결과물을 성공적으로 구현할 수 있었다. 결과적으로, 동일한 배경의 참여자들이 기능적 프로토타이핑에 관련한 기존 기법과 MIDAS 환경에 익숙해지는 시간을 비교하였을 때 그 효율이 크게 증가하였음을 알 수 있다.

두 번째, 실제 프로토타이핑 시간에 관련하여, 2004년 가을 학기에 수행된 기존 공학적 프로토타이핑 환경과 MIDAS 환경 디자인 아이디어 구현 과정을 관찰한 결과 MIDAS를 활용했을 경우의 프로토타입 제작 시간이 더 빠르게 진행되었음을 알 수 있었으며, 이러한 측면은 대부분의 사용자들도 동일하게 평가하였다. 프로토타이핑 시간의 단축은 특히 기술적인 구현 과정에서 발생하는 문제들을 해결하는데 걸리는 시간이 현저히 줄었기 때문으로 해석할 수 있다. 문제 해결이 용이해진 것은 기존 방법의 경우 센서 및 전자 회로, 마이크로프로세서 프로그래밍, 컴퓨터의 어플리케이션 등 대부분의 구현 단계에 문제의 발생 요소가 산재한 반면, MIDAS 환경에서의 문제점들은 주로 인터페이스 키트의 연결 방법과 컴퓨터 어플리케이션의 제작 과정에 한정되어 해결안을 발견하기 쉬웠기 때문이다.

3) MIDAS 사용자들의 선호도 및 만족도

사례 연구 참여자들이 작성한 문서를 바탕으로 MIDAS 환경에 대한 선호도 및 결과물에 대한 만족도를 살펴보았다. 교육 과정을 통한 사례 연구 및 해외의 사례 연구에 참여한 사용자 대부분은 MIDAS를 통한 프로토타이핑 방법을 선호하였으며, 추후 다른 디자인 프로젝트에도 활용해보고자 하였다. MIDAS를 활용하여 제작된 프로토타이핑 결과물에 대한 만족도 또한 대체적으로 높은 것으로 나타났다. 특히, 디자이너들은 더욱 고도의 기능성을 구현하거나 더 새로운 컨셉을 구체화하고자 하는 의도를 적극적으로 나타냈다.

6. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 인터랙티브 제품 디자인 과정에 효과적으로 활용할 수 있는 새로운 기능적 프로토타이핑 도구를 제안하였다. 제안에 앞서 실무 디자이너 인터뷰를 통해 실제 디자인 프로젝트의 프로토타이핑 과정에서 겪는 어려움을 분석하고 새로운 도구의 요건을 파악하였다. 요구 조건에 기초하여 제안된 프로토타이핑 도구는 디자이너들에게 익숙한 멀티미디어 저작 도구에 기반하고 있으며 전기 전자 가상 및 증강현실 등의 기술적인 이해도가 낮더라도 다양한 기능적인 프로토타입을 단시간에 구현할 수 있도록 지원한다. 사례 연구 프로젝트에 활용되어 인터랙티브 제품 프로토타이핑 도구로서의 실용성과 효율성을 검증할 수 있었다.

MIDAS는 매크로미디어의 디렉터 환경과 자연스럽게 조합되어 디자이너의 기능적 프로토타이핑 과정을 개선할 수 있었다. 그러나 멀티미디어 저작 환경 중 플래시가 보다 폭넓은 사용자층을 가지고 있음을 감안할 때, 현재 디렉터 기반의 MIDAS를 플래시 환경에서도 원활하게 사용할 수 있도록 기능을 보완해야 할 것이다. 이와 함께 MIDAS와 플래시 환경을 활용한 새로운 디자인 프로젝트 사례들이 앞으로 더욱 수집될 필요가 있다. 본 논문에 소개된 대부분의 사례 연구는 디렉터 환경을 이용하여 진행되었기 때문에, MIDAS-플래시 환경이 다양한 제품의 프로토타이핑에 응용될 경우 발생할 수 있는 문제를 충분히 고려할 필요가 있다. 특히, 네트워크를 통한 원격 제어, 구현된 프로토타입의 유연한 배포 등 플래시 버전의 MIDAS가 가진 특징적인 기능을 활용한 시스템 디자인의 프로토타이핑 사례를 추가로 수집하여 새로운 활용 가능성을 발견할 수 있을 것으로 기대된다.

인터랙션의 듣기, 생각하기, 말하기 요소와 관련해서는, 자연스럽게 동작하는 프로토타입이나 시뮬레이션일수록 생각하기에 관련된 기능이 고도로 집적되어야 하기 때문에 다양한 알고리즘과 수준 높은 프로그래밍 기술이 요구되었다. 그러나 이러한 부분은 여전히 디자이너에게 제한된 부분으로 남아있다. 디자이너들이 더욱 다양한 인터랙션 기법들을 구체화하고 더 복잡한 시스템 기반의 해결안을 실현하기 위해서는 좀더 세부적인 목적을 위해 개발된 알고리즘 라이브러리가 하드웨어와 함께 맞춤형으로 제공되어야 한다.

또한, 본 연구에서 진행된 사례 연구는 그 범위가 주로 교육 과정이나 개인적인 프로젝트에 한정되어 있다는 면에서 향후 연구를 통해 보완될 필요가 있다. 특히 인터뷰에 참여한 디자이너들이 실무에서 진행하고 있는 인터랙티브 TV, 모바일 디바이스, 스마트 가전과 같은 현실적인 인터랙티브 제품 디자인 과정에 MIDAS를 활용함으로써 교육 과정에서 발견하기 힘든 새로운 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

마지막으로, 본 논문에서 개발된 MIDAS는 PC를 기반으로 작동하는 프로토타이핑 환경이기 때문에 모바일 형식으로 제작되어 실생활에서 활용할 수 있는 프로토타입에는 적절하지 못하다는 제한점이 있다. 무선 USB 등의 추가적인 활용으로 어느 정도의 문제 해결은 가능하나, 휴대전화 등의 실제 모바일 기기를 기반으로 실행되는 프로토타입을 제작할 수 있도록 지원한다면 유비쿼터스 컴퓨팅 환경하의 다양한 제품개발 프로젝트의 디자인 과정에 더욱 적극적으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Avrahami, D. & Hudson, S.E. (2002). Forming Interactivity: A Tool for Rapid Prototyping of Physical Interactive Products, in *Proceedings of DIS '02*
- Ballagas, R., Ringel, M., Stone, M. & Borchers, J. (2003) iStuff: A Physical User Interface Toolkit for Ubiquitous Computing Environments, In *Proceedings of CHI '03*
- Buchenau, M. and Suri, J.F. (2000). Experience Prototyping, *Proceedings of DIS '2000*
- Crawford, C. (2002). *The Art of Interactive Design*, No Starch Press
- Everitt, K., Klemmer, S., Lee, R. Landay, J., (2003). Two Worlds Apart: Bridging the Gap Between Physical and Virtual Media for Distributed Design Collaboration. *CHI'03*, pp 553-560
- Gaver, B., Dunne, T. and E. Pacenti. (1999). Cultural Probes. *Interactions* 6 (1). pp 21-29
- Greenbaum, J. and M. Kyng. (1991). *Design at Work: Cooperative Design of Computer Systems*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Greenberg, S. and Fitchett, C. (2001). Phidgets: Easy development of physical interfaces through physical widgets. In *Proceedings of UIST '01*
- Landay, J.A. and Myers, B.A. (1995). Interactive Sketching for the Early Stages of User Interface Design, in *Proceedings of CHI '95*, pp 43-50
- Lawson, B. (1997). *How Designers Think*. Architectural Press
- Lee, J.C., Avrahami, D., Hudson, S.E. and Forlizzi, J. (2004). The Calder Toolkit: Wired and Wireless Components for Rapidly Prototyping Interactive Devices, in *Proceedings of DIS '04*
- MacIntyre, B., Gandy, M., Dow, S. and Bolter, J. (2004). DART: A Toolkit for Rapid Design Exploration of Augmented Reality Experiences, in *Proceedings of UIST '04*
- Michael S. (2000). *Serious Play: How the World's Best Companies Simulate to Innovate*. Harvard Business School Press
- Newman, M., Jason, J., Hong, I., and Landay, J. (2003). DENIM: An Informal Web Site Design Tool Inspired by Observations of Practice, In *Human-Computer Interaction*, Vol. 18, No. 3, pp 259-324
- Parallax, Inc. (2005). "BASIC Stamp™", <http://www.parallax.com/dl/docs/prod/stamps/basic%20stamp%20manual.pdf>
- Preece, J., Rogers, Y. and Sharp, H. (2002). *Interaction Design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons, Inc.
- Velleman Group. "K8000™", <http://www.velleman.be/>
- The LEGO Group. (2003). "Lego™ Mindstorm™", <http://mindstorms.lego.com/eng/default.asp>
- HIT Lab. at the University of Washington. (2002). "ARToolKit", <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- Yim, J. & Nam, T-J. (2004). "Developing Tangible Interaction and Mixed Reality in Director", *Proceedings of CHI '04*, Extended Abstract
- 남택진, 임지동. (2005). 인터랙티브 제품 디자인을 위한 프로토타이핑 도구 조사, *디자인학연구 Vol 19*
- 남택진. (2004). 디지털 제품의 협동적 디자인을 위한 프로토타이핑 도구 개발 및 활용 사례 연구. *디자인학연구 Vol. 17. No. 4, pp 119-128*