

쇼핑 서비스 지원 로봇 개발을 위한 실체적인 Human Robot Interface 디자인 개발에 관한 연구

A Study on the Practical Human Robot Interface Design
for the Development of Shopping Service Support Robot

주저자 : 홍성수(Hong, Seong Soo)

한국산업기술대학교 산업디자인공학과

공동저자 : 허성철(Heo, Seong Cheol)

한국산업기술대학교 산업디자인공학과

공동저자 : 김 억(Kim, Eok)

한국산업기술대학교 산업디자인공학과

공동저자 : 장영주(Chang, Young Ju)

한국산업기술대학교 산업디자인공학과

※ 본 연구는 2004년 한국디자인진흥원의 기반기술개발 사업지원과제로 이루짐.

1. 서 론

2. 로봇디자인의 필요성

3. 쇼핑환경 분석 및 로봇필요기능도출

- 3-1 설문조사
- 3-2 행태분석
- 3-3 쇼핑지원 로봇디자인 필요기능 도출

4. 쇼핑환경에서의 HRI 요소 도출 및 기초설계

- 4-1 감정표현 대표선정
- 4-2 제스처
- 4-3 표정

5. 쇼핑지원 로봇디자인 전개

6. 쇼핑지원 로봇디자인의 HRI 디자인 요소 검증

- 6-1 모션캡처에 의한 검증
- 6-2 애니메이션에 의한 검증
- 6-3 뇌파에 의한 검증
- 6-4 보조적 HRI 요소 사운드

5. 결 론

참고문헌

(要約)

로봇디자인은 로봇이라는 첨단기술의 결정체와 인간을 연결하는 인터페이스 역할을 한다. 실용화 로봇기술의 성숙기에 접어들고 있는 현재 로봇에 대한 커다란 시장이 형성될 시점에서는 더욱 로봇디자인이 중요하게 될 것이다. 로봇이 인간과 같은 환경에서 살아가기 위해서는 인간 친화적인 인터페이스 디자인 기술과 기존의 로봇개념과는 다른 상호작용(interaction)을 고려한 로봇디자인이 개발되어야 한다.

본 연구는 사례 연구 형식으로 쇼핑서비스지원 로봇을 대상으로 필요기능을 도출하고, HRI 디자인 요소에 대한 설계를 전개했다. 그리고 쇼핑서비스지원 로봇 디자인을 전개하였다. 특히, 제스처(Gesture), 표정(Expression), 사운드(Sound)의 HRI 디자인 요소 구성을 쇼핑서비스 로봇에 적용하여 구체적인 결과를 도출하였다. HRI 디자인에 대한 유효성 검증을 위해서 모션캡처, 애니메이션, 뇌파, 사운드 등이 통합된 인간과 로봇과의 구체적인 인터랙션을 제시하였다.

(Abstract)

Robot design serves as the crucial link between a human and a robot, the cutting edge technology. The importance of the robot design certainly will be more emphasized when the consumer robot market matures. For coexistence of a human and a robot, human friendly interface design and robot design with consideration of human interaction need to be developed.

This research extracts series of functions in need which are consisted of series of case studies for planning and designing of 'A Shopping Support Robot'. The plan for the robot is carried out according to HRI aspects of Design and the designing process follows. Definite results are derived by the application of series of HRI aspects such as gestures, expressions and sound. In order to verify the effectiveness of application of HRI aspects, this research suggests unified interaction that is consisted of motion-capture, animation, brain waves and sound between a human and a robot.

(Keyword)

HRI, Robot, Interaction, Shopping, Gesture, Expression, Sound

1. 서론

로봇산업은 기술혁신을 활성화하고 새로운 발상에 의해 이루어지는 신 성장 동력산업으로 유망하다. 특히, 개인용 로봇 시장은 21세기 중반 자동차 산업규모로 급성장 할 것으로 예상된다. 정보통신 혁명에 따른 인간과 친숙한 인터페이스 요구 증가와 21세기 실버사회에 대응하기 위한 노약자 생활지원, 여가증가에 따른 오락, 스포츠, 애완 등 로봇수요가 급증할 전망이다.

로봇디자인은 로봇이라는 첨단기술의 결정체와 인간을 연결하는 인터페이스 역할을 한다. 디자인은 사용자에서 기술의 내용을 알기 쉽게 전달하고 편의성을 높이는데 커다란 역할을 한다. 로봇이 인간과 같은 환경에서 살아가기 위해서는 인간의 생활공간의 일부로써 인간에게 친근감을 주며 인간의 생활 속에서 인간과 어울리며 인간을 도와줄 수 있는 형태의 인터랙션으로 디자인 되어야 한다.

본 연구는 쇼핑로봇의 Human Robot Interface(이하 HRI) 디자인 기반구축으로 디자인 개발 시 활용 가이드를 제공할 것이다.

본 연구는 사례 연구 형식으로 쇼핑서비스지원 로봇을 대상으로 사용되어지는 장소, 대상, 필요기능 등에 적합한 쇼핑지원 로봇을 개발하는데 있어 로봇디자인 요소에 관하여 기능의 상관관계에 따른 필요기능을 도출하고, 앞에서 정의된 HRI 디자인 요소에 대한 설계를 전개했다. 그리고 쇼핑서비스지원 로봇 디자인을 전개하였다. 또한, 앞에서 제시한 HRI 디자인에 대한 유효성 검증을 위해서 모션캡처, 애니메이션, 뇌파, 사운드 등의 실험을 통해 검증하였다.

2. 로봇디자인 역할과 전망

로봇산업은 과거 한정된 공간에서 단순 반복적인 작업을 하는 로봇이었기 때문에 디자인 개념을 접목하기에는 어려움이 많았다. 그러나 이제 로봇이 우리 생활 환경 안에까지 그 개념이 확장됨에 따라 로봇에 대한 디자이너가 발상할 수 있는 범위가 넓어졌다.

이와 같이 로봇디자인은 로봇이라는 첨단기술의 결정체와 인간을 연결하는 인터페이스 역할을 한다. 디자인은 사용자에게 기술의 내용을 알기 쉽게 전달하고 편의성을 높이는데 커다란 역할을 한다.

로봇 디자인은 로봇공학자들과 유기적인 협력 작업을 통한 메커니즘과 디자인의 통합이라고 말할 수 있다. 또한 로봇이 자율적이고 지속적으로 움직이기 때문에 움직임의 디자인 특히, 움직임에 새로운 기능을 추가하는 것이기 때문에 제품 디자인과는 다른 활동에 중점을 둔 Interaction(HRI) 구현이 필요하다. 본 연구에서는 특히 대형 할인매장에서 사용될 쇼핑지원로봇을 대상으로 하였다.

3. 쇼핑환경 분석 및 로봇필요기능 도출

대형 할인매장은 쇼핑센터의 일종으로 내부 장식을 하지 않은 창고형 매장과 기존 매장에서 유통단계를 줄여 할인된 가격으로 물품을 공급하는 디스카운트 스토어 형태를 말한다. 구매 고객은 박스 단위의 생필품포장 식음료, 문구, 일반

용품 등 카트를 이용하여 쇼핑하는 소비행태를 보이고 있으므로 노인이나 장애우를 대상으로 한 로봇의 필요성이 매우 크기 때문이다.

3-1. 설문조사

쇼핑 지원 로봇에 대한 니즈를 도출하기 위하여 소비자의 설문조사를 실시하였다. 조사는 2004년 12월 17일부터 2004년 12월 28일까지 실시하였고, 조사지역은 서울 및 수도권 일대 13개 대형 할인매장을 총 100명(남 36명, 여 64명)을 대상으로 실시하였다. 설문내용은 현재의 쇼핑 문화 현황과 문제점을 파악하기 위한 설문과 쇼핑 서비스 지원에 필요한 로봇기능을 파악하기 위한 설문으로 구분해서 실시하였다.

현재 쇼핑 문화의 현황과 문제점에 대한 설문 조사결과는 60%이상이 일주일에 한번 쇼핑하며, 즐겨 찾는 쇼핑코너는 식료품, 의류가 총 응답의 80%를 차지하고 있다. 또한 쇼핑 카트의 사용시 불편 사항으로는 방향조절이 32.5%로 가장 많은 어렵다고 응답했으며, 쇼핑시 가장 어려운 점으로는 원하는 상품을 바로 찾기 힘들다가 22.6%로 가장 많았다. 쇼핑 서비스 지원 로봇 기능에 대한 설문 조사결과는 쇼핑로봇의 구입 목록에 대한 물품 안내에 대한 긍정적 대답이 89%로 나타났으며, 구매할 상품의 위치 안내에 대한 긍정적 답변도 86%로 나타났다. 선호하는 로봇의 디자인 형태에 대한 응답에서는 49%가 카트 이미지를 선호하였다.

따라서, 본 연구에서는 앞에서 제시된 설문결과 중에서 상품 위치 안내 기능과 카트 이미지 형태에 주요점을 두고 디자인 방향을 설정하였다.

3-2 행태분석

본 연구의 행태분석은 실제 대형할인매장 사용자의 행태를 분석하고, 일반적인 행태 체계도를 작성해 보았다. 실험은 4개 지역의 대형할인매장을 이용자 5명을 대상으로 쇼핑시작에서부터 최종 귀가까지의 일련의 행태를 조사하였다.

그 결과 사용자의 행태는 크게 ①매장 도착과 카트수령 ② 카트를 끌고 매장 이동 ③구입 물품 검색 및 물품 카트내 수납 ④구입 물품의 계산 ⑤카트의 반납과 귀가의 총 5개의 행동으로 분류하였다. 특히, 각각의 행태에서 하위 기능이 도출 되었는데 ③구입 물품 검색 및 물품 카트내 수납에서는 24가지의 세부행태를 도출되었고, ④구입 물품의 계산에서는 16개의 세부 행태를 도출하였다. 이중 소비자의 행태 분석에서 반복 분석 된 부분은 총 4가지로 정보전달, 조종/작동, 상황별 대처, 계산/지불 기능들이 집중적으로 분석되었다.

위와 같은 소비자 행태는 쇼핑지원 로봇의 사용행태를 도출하는데 사용되며, 이를 토대로 사용자 쇼핑행태 구조도를 작성, 실제 쇼핑 시 필요한 쇼핑서비스지원로봇의 기능들을 도출 할 수 있었다.

표 1. 쇼핑행태분석표

역선	사진	이벤트	고려사항	개선안
대형마트/이마트		카드수납 -결제대행 -결제대행	카드를 꺼내는 동작을 항목의 인접하게 할 수 있는 공간 활용 -물건 꺼내기 힘든 -물건 꺼내기 힘든	카드를 꺼내는 동작을 항목의 인접하게 할 수 있는 공간 활용 -물건 꺼내기 힘든 -물건 꺼내기 힘든
대형마트		카드인출이 일감 대중 인출부 -결제대행	결제대행의 편리한 결제대행의 편리한	결제대행의 편리한 결제대행의 편리한
최소코너		필요한 재고가 있는 지 확인한다. -결제대행	필요한 재고가 있는 지 확인한다. -결제대행	필요한 재고가 있는 지 확인한다. -결제대행
편한 영상수		편한 영상수의 반대 쪽 편한 영상수의 반대 쪽	편한 영상수의 반대 쪽 편한 영상수의 반대 쪽	편한 영상수의 반대 쪽 편한 영상수의 반대 쪽
편한 영상수		편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교
숙박시 시각적		숙박시 시각적 숙박시 시각적	숙박시 시각적 숙박시 시각적	숙박시 시각적 숙박시 시각적
편한 영상수		편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교
편한 영상수		편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교
편한 영상수		편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교
편한 영상수		편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교	편한 영상수의 크기, 형태, 가격 비교

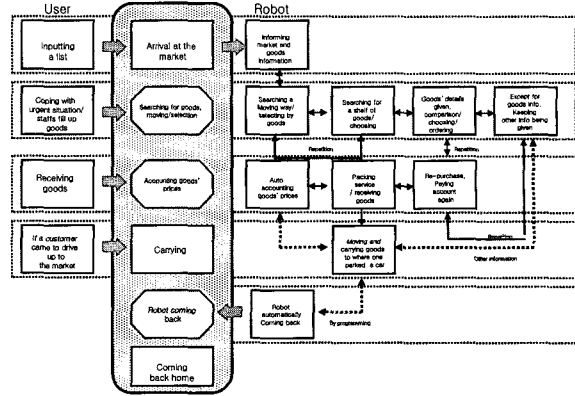


그림 1. 쇼핑 지원 로봇 필요 기능 구조도

4. 쇼핑환경에서의 HRI 디자인 요소 도출 및

기초설계

로봇은 인식, 프로세싱, 행동의 순서대로 일정한 작업을 수행하게 된다. 인식의 과정에서는 외부의 신호를 측정하기 위한 센서가 사용된다. 프로세싱 과정에서는 로봇의 내부 과정으로서 사용자와의 상호작용 과정보다는 로봇 스스로 처리하는 내용들이 많아진다. 결과적으로 작업을 수행하기 위한 행동 단계에서는 하드웨어 측면에서는 모션을 위한 제스처, 표정 등에 대한 것이 필요하며, 소프트웨어 측면에서는 로봇의 상태를 표현하기 위한 사운드가 요구된다.)

본 연구에서는 설문조사, 행태분석, 쇼핑로봇필요기능 도출까지 연구를 진행하는데 있어서 각각의 쇼핑 구매 단계와 가상 시나리오를 통한 로봇 상황을 알아보았다. 구매단계는 매장 도착과 로봇 수령, 구매필요정보입력, 품목별 구매, 구매종료 및 로봇 반납 순으로 설정하였다. 그리고 품목별 구매단계에서는 구매시작, 구매정보 입력력, 이동, 계산, 기타의 5가지의 세부상황으로 분류하였다. 설정된 구매단계에 대한 로봇상황을 나열하였다. 그리고 각각의 상황에 대한 기초적 HRI 표현대상으로서의 비언어정보를 도출하였다.(표2)

표 2. 시나리오기반 로봇 상황별 비언어정보(감정 표현) 도출

구매 단계	로봇 상황	Nonverbal Information	
1. 매장 도착 및 로봇 수령	구매자를 대면함	반가움	
2. 구매 필요 정보 입력	구매 예정 품종의 입력 정보 인지	수근, 인치	
	입력 정보에 의한 동선 검색	고민	
3. 품목별 구매	3-1. 구매 시작	구매 시작 안내	친절함
	3-2. 구매 정보 입출력	구매 예정 품종의 위치 안내	친절함
		다음 구매 예정 품종의 안내	친절함
		구매 예정 품종의 특정 정보 제공	친절함, 편안함(정보 제공)
		표창 상품 구매 거절	기쁨
		추가 구매 희망 상품 정보의 인지	수근, 인치
		추가 구매 품종의 위치 안내	친절함
		필요 제품 정보 부재	미안함
		비정기 세일 정보의 인지, 제공	신남
3-3. 이동	음료의 존재도 인지(1)	고민(1-2회 정도 양생시)	
	음료의 존재도 인지(2)	일함(반복 양생시)	
	신규 품종의 안내 및 회피 이동	일함	
	보행자 이동 인지(1)	친절함(구매자의 주변 여부의 일관적 확인)	
	보행자 이동 인지(2)	일함(구매자의 예정 이동, 정지시)	
	보행자 이동 인지(3)	친절함(구매자의 예정 이동 방향)	
	이동 대기	미안함, 일함(정지 상태로 대기)	
	게이팅 시작	반가움(이동 개시의 구매자 조우)	
3-4. 계산	결제시	일함, 당황	
	구매 품종의 계산(1)	일함(일함의 진행 개념)	
	구매 품종의 계산(2)	일함(일함의 진행 개념)	
	구매 품종의 계산(3)	일함(구매 예산 초과)	
	최종 수납 인지	감사함	
3-5. 기타	제한 호출(1)	미안함(자신이 존재해줄 필요가)	
	제한 호출(2)	궁금함(구매자의 일방적 호출)	
4. 구매 종료 및 로봇 반납	복귀 이동 방향 인지	감사함	

3-3. 쇼핑지원 로봇디자인 필요 기능 도출

로봇에 대한 기능은 로봇에게 바라는 가치 또는 로봇을 구매하고자 하는 이유로 볼 수 있다. 로봇을 개발하고 디자인 하는 과정에서 사용자가 원하는 기능을 파악하여 반영하는 것은 반드시 필요한 프로세스이다.

앞에서 언급된 행태분석에서 도출된 각 단계별 문제점 도출에 따른 로봇 개념을 접목하여 가상 쇼핑 지원 로봇 기능을 각 단계별로 도출하였다. 그 중 정보전달 니즈와 조종/자동에 관한 니즈 20개는 사용빈도가 높은 니즈로서 구분하였다. 또한, 앞에서 조사된 설문조사 결과에서도 총 11개의 니즈를 도출했다. 특히, 행태분석에서 도출된 기능과 일부 중복되는 것이 나타났는데 이는 다른 어떤 니즈보다도 우선적으로 로봇 개발 시 적용되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 필요 기능 도출의 실제적인 상관관계를 알고 가상시나리오를 반영한 쇼핑지원 로봇의 니즈 구조도를 작성하여 HRI 디자인 요소 설계시 기초자료로 활용하였다.

1) Seong Soo Hong, A Study on the Development of Basic Guideline for the Supporting Shopping Robot, 2005 IDC

앞에서 도출된 13개 비언어 정보에 대한 검증을 실시하였다. 검증은 1차적으로 로봇 전문가 5명을 대상으로 의미분별 척도법에 의해 7척도를 사용하였다. 그리고 값에 대한 평균값을 비교 분석하였다. 분석결과 감사, 거절, 고민, 당황, 반가움, 수궁, 신남 등 총7개의 HRI 표현대상이 선택되었다.

4-1. HRI 표현대상의 대표 선정

인간친화적인 HRI 구현이라는 말은 인간과 로봇과의 상호작용이 인간에게 거부감이나 어색감을 주지 않는다는 것과 밀접한 관계가 있다. 인간은 감정적인 교류를 전제로 하고 있다. 여기에서의 HRI 표현대상은 인터랙션을 하기 위한 의도적 감정표현에 기반을 두고 있다.

본 연구에서의 쇼핑 지원 로봇은 표정, 행동 등의 표현기관을 통해 인간과 커뮤니케이션해야 된다. 이는 로봇 역시 감정의 표출을 가능하게 하는 감정의 중요성을 이야기하고 있다. 감정은 인간과 로봇간의 친화적인 상호작용을 개발하고자 하는 연구에서는 반드시 연구돼야 할 요소 중의 하나이다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 쇼핑을 지원하는 로봇에 필요한 감정에 대한 대표 샘플을 선정하기 위해서 피실험자 6명을 대상으로 앞에서 선정된 감정(감사, 거절, 고민, 당황, 반가움, 수궁, 신남)을 표현하도록 하였다. 그 결과 7가지 감정표현에 대한 6명의 42가지의 샘플을 도출하여, 감정별 의미분별 척도법에 따른 직관적 평가에 따라 감정별 대표 샘플을 선정하였다. 선정 결과 감사함은 샘플15의 평균평가가 6.3으로 가장 높았으며, 거절은 평균평가가 6.9인 샘플9, 고민은 평균평가가 6.6인 샘플10, 당황은 평균평가가 6.6인 샘플11, 반가움은 평균평가가 6.9인 샘플12, 수궁은 평균평가가 6.9인 샘플27, 신남은 평균평가가 6.9인 샘플21로 가장 높게 나타났다.

여기에서 도출된 결과는 앞으로 제스처 및 표정에 대한 쇼핑 지원 로봇 개발을 위한 HRI 디자인 요소의 결과를 도출하기 위한 자료로 사용될 것이다.

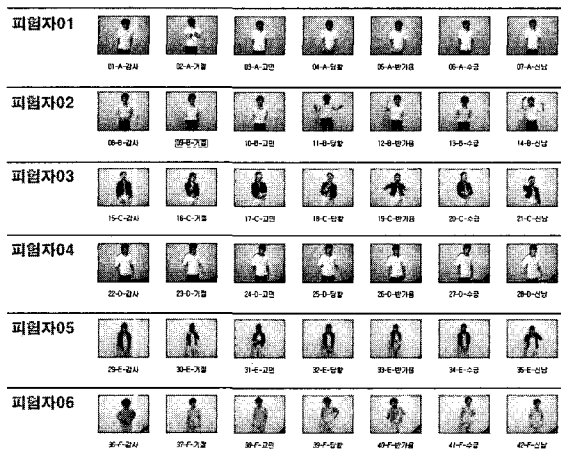


그림 2. 42개 감정표현 샘플

4-2. 제스처 설정

로봇에서의 제스처는 물체의 운동이기는 하지만, 그것에만

머물지 않는다. 그 운동은 역학법칙 뿐만 아니라, 커뮤니케이션으로서의 역할을 수행해야 되기 때문이다.

로봇에게 기대되는 것은 커뮤니케이션의 역할 존재감을 통해서 가족이나 친구들과 의사소통을 하고 있는 것이다. 그렇기 때문에 로봇의 움직임인 제스처는 중요하다고 할 수 있다. 로봇디자인의 정의에서도 말 한 것과 같이 로봇디자인은 정적 디자인이 아니라 움직임의 디자인이다. 자동차 디자인 및 제품 디자인은 기본적으로는 움직임이 없는 정적인 디자인이다. 그러나 로봇은 자율적이며 지속적으로 움직이고 있기 때문에 움직임의 디자인, 특히 아름다운 움직임을 연구한 디자인이 요구된다.

본 연구에서는 이에 앞에서 쇼핑로봇에 적용 가능한 감정별 대표샘플을 선정하였다. 7가지 대표샘플에 대하여 기초적인 특징의 변화량을 관찰하였다. '감사함'의 경우에는 6단계로 특징 변화가 뚜렷하게 구분되었으며, 다른 제스처도 4~7단계 내에서 각각의 특징 변화가 뚜렷하게 구분되었다.

제스처의 특징 변화량은 각 기준점의 x, y, z축의 좌표값, 각 기준점 상호간의 각도 및 각 기준점의 단계별 이동 속도와 같은 3차원 입체공간 내에서의 복잡한 값을 가지고 있기 때문에 기초 특징 변화량 관찰 단계에서 2D 영상 및 사진을 가지고 분석한 결과는 한계가 있다. 그래서 기초 특징 변화량 관찰 단계에서 분석된 결과를 가지고 모션캡처 장비를 이용하여 3차원 데이터를 기반으로 더욱 구체적인 정량 데이터를 도출하였다.

4-3. 표정 설정

대면 커뮤니케이션은 몸짓과 표정 등의 감성 정보가 추가되는 것에 의해 언어가 전달하는 의미의 범위가 확대된다. 최근 들어, 정보 과학이 현저하게 발전하는 것과 함께, 컴퓨터와 로봇을 시작으로 한 지능형 보조기기에 있어서는, 이러한 감성 정보를 다루는 문제가 상당히 중요한 요소로 작용된다. 본 연구에서는 표정의 분석을 제스처의 분석과는 달리 2차원적 측면에서 접근하였으며, 특히 표정의 특성을 잘 표현할 수 있는 임의의 기준점과 기준선을 선정하였다.

표정 분석을 위하여 그림3과 같이 입, 코, 눈, 눈썹 등 4가지의 얼굴 구성요소를 중심으로 13개의 기준점과 8개의 기준선을 선정하였다.(그림4) 계측 대상은 7가지 대표 샘플에 해당하는 3명의 피험자 얼굴로 한정하였다.

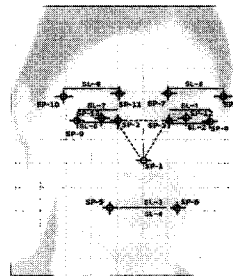


그림 3. 표정분석을 위한 기준점

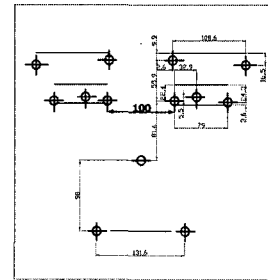


그림 4. 기준점의 기본단위 설정

먼저, 각 대표 샘플에서 표정 변화가 이루어지는 프레임을 구분하여 각각의 프레임에 대하여 앞에서 설정한 기준점과

기준선의 변화량을 계속하였다.

다음으로 기본단위에 대한 환산이 끝난 데이터를 단순화하였다. 데이터를 단순화하는 방법에 있어 표정의 특징에 영향도가 높다고 판단되는 두 가지 변화량 데이터의 최대, 최소, 변곡점 등의 특정 데이터에 주목하였다.

이와 같은 데이터 단순화 과정을 통하여, 초기에 기본 표정 데이터를 포함하여 총 23가지의 데이터 종류를 13종류로 정리되었다. 최종적으로 정리된 데이터는 표3(전체 데이터중 일부)과 같다.

표 3. 표정변화 단계별 기준점 변화량

	감시a	감시b	감시c	거절a	거절b	고민a	고민b	고민c	고민d
SL-1(눈꺼풀-상)	7.71	18.61	10.51	7.81	7.81	7.81	7.81	7.81	7.81
SL-2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SL-3(입술-상)	24.21	22.81	10.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SL-4(입술-하)	20.01	43.71	10.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SL-5(눈썹-우)	0.0	0.0	7.81	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41	10.41
SP-1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP-2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP-3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP-4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP-5(입술점-좌)	13.5(17.1)	8.8(9.8)	9.851	9.651	9.651	9.651	9.651	9.651	9.651
SP-6(입술점-우)	13.5(17.1)	8.8(9.8)	9.851	9.651	9.651	9.851	9.651	9.651	9.651
SP-7(눈썹점-내측)	0.0	0.0	7.01	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31	8.31
SP-8(눈썹점-외측)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SP-12(눈동자-좌)	0.0	0.0	0.0	8.2(19.3)	11.7(11.1)	13.3(6.8)	13.3(6.8)	13.3(6.8)	13.3(6.8)
SP-13(눈동자-우)	0.0	0.0	0.0	8.3(19.3)	11.7(11.1)	13.3(6.8)	13.3(6.8)	13.3(6.8)	13.3(6.8)

* [SP2-SP3]의 값을 기준단위 100으로 설정 * ()의 값은 세로방향의 변화량

또한, 상기 표는 데이터의 단순화 과정과 함께 얼굴 구성요소의 모양을 단순화하는 과정도 진행된 결과다. 표정 분석 초기에 언급하였던 얼굴 구성요소인 '입, 눈, 눈썹' 등의 모양을 특정 감정에 관계없이 모듈 개념으로 코드화하여 표정에 부합하는 감정 표현에 활용하기 위하여, 데이터를 단순화한 값을 기초로 하여 감정 표현에 필요한 입모양, 눈모양, 눈썹모양 등을 도출한 뒤 직관적 인지도 평가에서 유사성을 보이는 것을 클러스터링하여 그 평균값을 적용하였다. 이러한 과정을 통하여 입모양은 직선모양 2가지, 곡선모양 2가지, 폐곡선모양 3가지를 포함하여 총 7가지의 모양으로 코드화가 가능하였다. 그리고 눈썹 모양은 기본 모양을 포함하여 총 5가지 모양으로, 눈썹 모양은 총 4가지 모양으로 코드화가 가능하였다. 앞에서 정의한 '눈, 눈썹, 입' 모양의 코드를 이용하여 7가지 대표 감정의 표정에 대한 조합은 표 4와 같다.

표 4. 감정별 모듈의 조합

감사함	감시a 각요소별 기본	감시b 눈꺼풀-1 눈썹-기본 입-5	감시c 눈꺼풀-3 눈썹-기본 입-6	
거절	거절a 각요소별 기본	거절b 눈꺼풀-2 눈썹-1 입-3		
고민	고민a 각요소별 기본	고민b 눈꺼풀-4 눈썹-2 입-3	고민c 눈꺼풀-4 눈썹-2 입-3	고민d 눈꺼풀-4 눈썹-2 입-3
당황	당황a 각요소별 기본	당황b 눈꺼풀-4 눈썹-3 입-4		
반가움	반가움a 각요소별 기본	반가움b 눈꺼풀-기본 눈썹-기본 입-2		
수줍	수줍a 각요소별 기본	수줍b 눈꺼풀-1 눈썹-기본 입-1	수줍c 눈꺼풀-1 눈썹-기본 입-2	
신남	반가움a 각요소별 기본	반가움b 눈꺼풀-1 눈썹-기본 입-5	반가움c 눈꺼풀-3 눈썹-기본 입-6	

5. 쇼핑 지원 로봇 디자인 전개

본 연구의 쇼핑지원 로봇의 디자인은 앞에서 연구를 통해 얻어진 결과를 토대로 쇼핑서비스를 지원 할 수 있는 필요 기능과 로봇 전문가와의 기구 메카니즘 및 전기전자 메카니즘에 따른 레이아웃을 통해 진행되었다. 쇼핑서비스지원은 많은 고객을 상대하기 때문에 먼저 인간 친화적이면서도 관련 정보를 편리하고 정확하게 제공할 수 있어야 한다. 또한 사용자의 필요 기능에 부합할 수 있으며 그 필요 기능을 원활하게 수행하기 위한 로봇의 형태로 디자인을 전개 하였다.

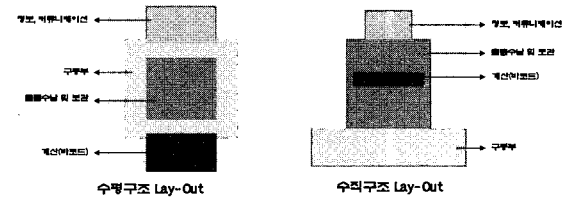


그림 6. 구조 Layout

본 연구의 쇼핑지원 로봇의 디자인 아이디어 도출 방향은 아이디어 스케치와 관련 문헌, 그리고 인간공학적 측면을 고려하여 각 부분의 디자인 안을 선정하였다.

쇼핑서비스지원 로봇의 각 부분 형태 도출을 위해서 디자인 컨셉과 부합 될 수 있는 형태의 선정을 위해 여러 각도에서 검토 되었다. 먼저, 머리부와 몸통부, 팔부분과 구동부로 나누어 각 부분에 대한 도출된 문제점에 적합한 디자인 안을 선택하였다. 또한 각 부분에 대한 레이아웃 및 앞에서 도출된 필요기능을 잘 구현될 수 있도록 아이디어를 전개하였다. 그리고 마지막으로 디자이너와 엔지니어가 3회에 걸친 회의와 수정을 통해 적합성을 고려하여 최종 디자인 안을 도출하였다. 특히, 메카니즘 구성에 따르는 레이아웃 및 구동부의 적용 가능한 메카니즘을 우선적으로 적용한 연구 결과를 토대로 아이디어 스케치를 전개해서 최종 디자인 안을 도출하였다.(그림7)

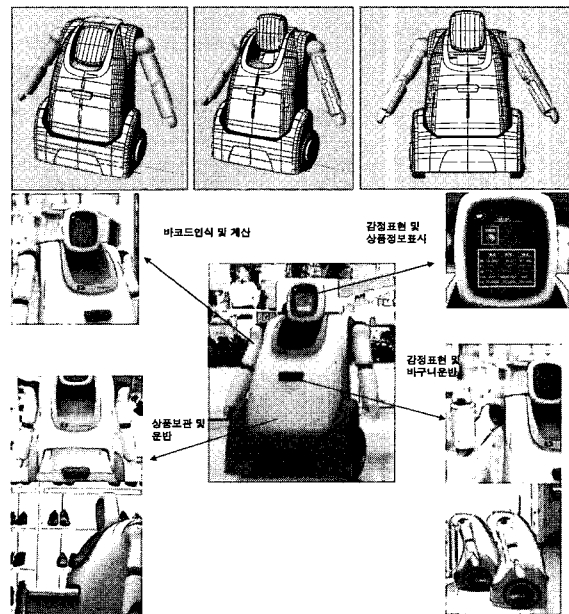


그림 7. 3D 렌더링 및 구성요소

6. 쇼핑지원 로봇의 HRI 디자인 요소 검증

6-1. 모션캡처에 의한 검증

본 연구에서는 3차원 데이터의 제스처 정보 변화량에 대한 특징을 정확하게 알아보기 위해서 모션캡처 장비를 이용하였다. 이 정보는 향후 쇼핑로봇 시뮬레이션을 제작하는데 기본 자료로 사용되었다. 모션캡처 장치를 만들거나 모션 데이터를 다루는 회사는 많다. 본 연구에서는 그중에서도 가장 보편적으로 쓰이고 있고 BioVision사의 BVH 포맷을 사용하였다.

BVH는 BioVision Hierarchical 데이터의 약자로서, 모션캡처 파일 형식 중 가장 많이 사용되는 것 중의 하나이다. 기존 포맷이었던 BVA에 골격의 구조를 계층적으로 표현한 부분을 추가한 파일이다. BVA 파일은 텍스트 형식으로 저장되어 있으며, 그 내용에 따라 두 부분으로 구성되어 있으며, 골격의 구조를 표현한 계층구조 부분과 실제 모션의 움직임은 각 프레임별로 표현하는 데이터 부분이 그것이다.

모션캡처를 이용해서 동작을 생성할 때에는 각 관절의 동작 형태를 중요시할 것인지, 동작 전체의 특징을 중요시할 것인지에 대한 고려가 필요하다. 일반적으로 춤과 같은 동작에 있어서는 각 관절의 동작 형태를 그대로 보존하는 것이 중요한데 반해서, 물체를 드는 동작 등 주변 환경과 상호작용하는 동작에 있어서는 각 관절의 동작 형태보다는 손이나 발의 위치가 더 중요시되어야 한다. 본 연구에는 모션캡처를 이용한 동작은 가벼운 제스처이기 때문에 특히, 각 관절의 형태를 보존하는 데에 중점을 두고 결과를 애니메이션에 적용하였다.

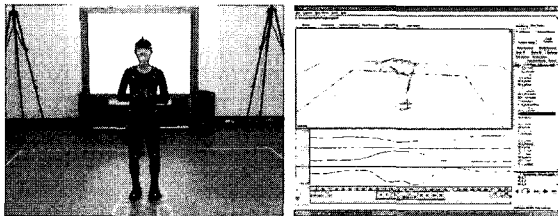


그림 8. "감사"감정에 대한 모션캡처 데이터

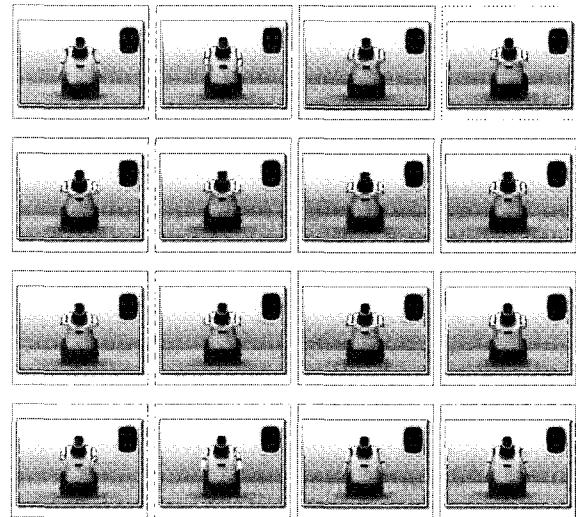
6-2. 애니메이션에 의한 검증

앞에서 도출된 모션캡처 데이터를 사용하여 쇼핑로봇에 적용하였다. 로봇 동작의 연속성을 보장해 주기 위하여 편집된 데이터를 수정해 주는 것이 필요하다. 편집된 모션 데이터가 불연속성을 보이는 경계부근의 데이터들을 수집하여 보정해주었다. 불연속의 경계점에 있는 데이터를 중심으로 일정 프레임 구간의 데이터들을 수정했다.

이렇게 해서 완성된 애니메이션을 피실험자 10명을 보여주고, 연상되는 감정을 표시하게 했다. 검증은 7단계로 7가지 감정을 대응하여 평가하였다. 그 결과 감사의 애니메이션에서는 감사함 평균값이 5.9로 가장 높은 값으로 분석되었다. 거절의 애니메이션에서는 거절 평균값이 6.2로 가장 높은 값을 나타내며, 고민의 애니메이션에서는 고민 평균값이 6.6, 반가움에서는 반가움이 5.7, 수궁에서는 수궁이 6.8, 신남에서는 신남이 6.7로 가장 높은 값을 나타내고 있다. 여기에서 주

목해야 될 점은 당황의 애니메이션에서는 당황의 평균값이 4.8, 신남의 평균값이 4.1로 기록되어서 거의 비슷한 결과를 보여주고 있어서 당황 애니메이션에 대한 문제점을 나타내고 있다.

그림 9. "감사"에 대한 로봇 애니메이션 동영상



6-3. 뇌파에 의한 검증

비언어정보로서의 표정과 제스처의 최종적인 결과를 바탕으로 제작된 로봇의 감정 표현이 일반인에게 어떠한 이미지를 전달하는지 생리 데이터를 통하여 검증하기 위하여 뇌파 측정을 하였다. 뇌파 측정에 의한 검증은 각 감정의 의미를 정확하게 전달하는지에 대한 검증이 아니라, 초기 피험자에 의해 얻어진 각 감정 표현 동영상과 그에 대응하는 로봇의 감정 표현이 내포하고 있는 이미지가 어느 정도 유사한 수준 인지를 파악하기 위한 것이다.

우선, 실험에서 뇌의 반응 패턴을 조사하기 위하여, 요시다(吉田, 2002)의 뇌파의 주기 리듬에 의한 쾌적도 평가 모델을 적용하였다.²⁾

실제 뇌의 반응으로써의 쾌적도를 측정하기 위해서는, 이러한 요시다의 뇌파의 주기리듬에 의한 쾌적도 평가 모델에 의해 개발된 히토센싱(ひとセンシング)사의 「HSK 중추 리듬 모니터 SLIM 시스템」을 이용하였다(그림10).

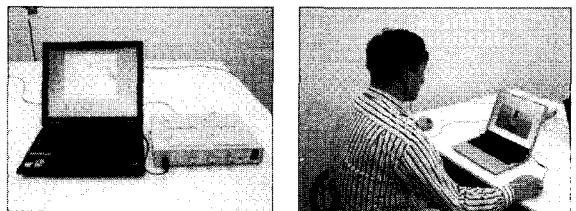


그림 10. 뇌파 측정 실험

실험 자극으로써는 피험자를 대상으로한 7가지 대표 감정 샘플 동영상과 표정 및 제스처 분석에 의해 제작된 7가지 로봇

2) 吉田 倫幸：脳波の周期リズムによる快適度評価モデル，心理學評論，Vol.45，No.1，2002，pp.38-56

감정 표현 동영상 등 총 14가지를 사용하였다.

피험자에게는 14가지의 동영상을 컴퓨터 화면에서 하나씩 제시하는 방법을 적용하였다. 그리고 피험자의 머리에 쾌적도 측정기를 설치하고, 하나의 동영상에 대해서 25.6초의 시간이 지난 후부터 102.4초간의 데이터를 측정하였다.

이와 같은 최종적인 쾌적도와 방향을 14개의 실험 자극과 피험자를 대응시키는 표로 작성하였다(표 5, 6). 표는 신뢰도가 낮은 피험자1명의 데이터를 제외시키고 총 5명의 데이터를 중심으로 작성하였다.

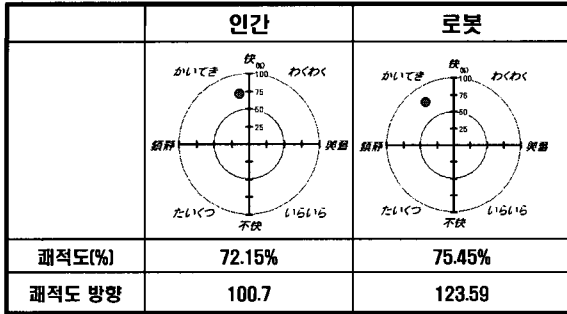


그림 11 "감사"에 대한 쾌적도 평가 결과

표 5는 뇌파 측정 결과에서 쾌적도의 크기를 나타내는데, 전반적으로는 인간의 감정표현과 로봇의 감정표현에는 쾌적도 크기의 편차가 적다. 이것은 인간의 감정표현과 로봇의 감정표현에 대한 '쾌-불쾌'의 이미지 차이가 적다라고 할 수 있으며, 다시 말하면, 인간이 표현하여 전달하고자하는 감정의 이미지가 로봇의 비언어 정보 표현에 의해서도 잘 전달되는 것이라고 할 수 있다. 또한 표 6의 쾌적도 방향에서도 그 편차가 전반적으로 크지 않은 것은 의인화된 로봇의 감정표현이 상당 수준 신뢰성 있음을 반증한다고 할 수 있다.

그러나 두 표에서 당황에 대한 결과는 다른 결과에 비하여 그 편차가 상당히 심하다. 특히, 쾌적도의 방향에서 인간의 감정표현과 로봇의 감정표현이 상반된 방향을 나타내는 것은 어느 한쪽의 이미지 전달에 문제가 있다는 것이다.

표 5. 쾌적도 크기 비교표

	기쁨		고兴		당황		반물		중		신남		감사	
	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태
쾌적도	50.0	51.4	25.0	32.3	42.7	71.7	63.9	58.7	33.0	42.4	72.5	75.4	54.3	54.1
쾌적도	66.2	61.5	38.4	32.3	40.9	69.4	74.4	69.5	23.9	33.2	69.4	71.3	53.7	48.9
쾌적도	51.9	54.8	23.2	33.4	30.0	79.7	63.9	43.4	33.2	45.1	59.8	59.5	63.2	59.4
쾌적도	55.7	41.7	21.4	23.6	45.4	65.6	52.7	55.3	31.7	39.9	102.2	66.0	54.9	51.6
쾌적도	61.4	62.3	33.0	22.8	41.9	71.3	62.4	61.9	33.4	43.1	72.5	72.4	43.2	51.2
평균	51.9	53.0	25.28	33.9	41.92	71.94	63.4	57.28	34.96	39.92	70.96	71.78	53.22	51.44
편차	23.6		-4.74		-39.02		5.94		-4.74		-0.72		0.28	

표 6. 쾌적도 방향 비교표

	기쁨		고兴		당황		반물		중		신남		감사	
	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태	인사태	로봇태
쾌적도	202.1	191.4	211.6	228.3	311.4	51.9	120.1	139.1	311.6	31.7	107	139.9	54.3	54.1
쾌적도	228.2	211.7	341.4	214.5	393.4	53.1	121.2	122.9	311.4	33.2	92.3	110.2	53.1	51.4
쾌적도	193.3	191.4	33.4	29.2	393.8	67.2	122.3	124.6	313.2	33.4	122.3	123	54.1	42.4
쾌적도	211.4	213.3	27.3	33.7	285.8	43.4	93.0	101.0	293.9	22.2	131.2	123	63.1	51.7
쾌적도	192.3	197.3	20.4	27.4	33.2	53.5	136.1	92.9	311.4	34.7	67.3	92.1	53.9	51.4
평균	203.1	211.8	281.36	291.66	393.88	63.38	117.49	111.34	326.66	34.02	103.02	124.16	53.32	51.52
편차	5.8		1.7		24.48		5.6		0.84		-5.24		1.8	

6-4 보조적 HRI 요소로서의 사운드

1) 실험용 음의 선택

실험에 사용된 음은 시판되는 다수의 멀티미디어 편집용 효과음 CD에 수록된 수천개 샘플사운드 중에서 비유사도를 근거로 디자인 관련 5명의 대학생이 최종적으로 67개의 실험용 음을 선정하였다. 음 선정 기준으로는, 자연음(파도, 천둥, 계곡물, 바람 등)과 동물소리, 운송수단(오토바이, 자동차, 기차, 비행기 등), 악기음 등, 구체적인 음원(sound source)을 파악할 수 있는 음들은 그 대상에서 제외시켰다. 이는 음 그 자체에 의한 감성반응 보다는 음을 들음으로써 연상되어지는 음원에 대한 잠재적 인상이 감성 반응치에 포함되는 것을 배제하기 위해서였다.

음이 적용되는 물체가 사람과 흡사한 로봇이란 관점에서 음성도 실험대상으로 고려되었지만, 정확한 의사 전달이 목적이 아니라 제한된 관점에 의해 설정된 로봇의 모션으로 전달되어지는 비언어(non-verbal)커뮤니케이션이 실험의 concept 이란 관점에서 최종적으로 제외시켰다. 그리고 음원이 연상되어지지 않는 음이라 할지라도, 그 음의 구성이 음계에 기준된 규칙성을 가진 곡(music)이라면 대상에서 제외시켰다. 이는 음정과 리듬에 의한 선입견 및 잠재인상을 배제시키기 위함이었다. 선정된 67개의 실험용 음들에 무작위로 1번에서 67번까지의 파일명을 부여하고 실험 및 분석과정에서 번호로서의 의미만 부여된 채 관리되었다.

2) 감성반응 추출

실험은 남녀 대학생 30명으로 구성된 두개의 피험자 집단을 대상으로 하였다. 실험결과, '감사'의 감성반응을 얻은 음으로는 62, 18, 45, 21, 64이었고, '거절'의 감성반응을 얻은 음으로는 23, 52, 44, 58이었고, '고민'의 감성반응을 얻은 음으로는 03, 15, 26이 동일한 감성 반응치를 얻었고, 63역시 높은 반응치를 얻었다. '당황'의 감성반응은 01, 47, 41, 42, 53의 음들이었고, '반가움'의 감성반응을 얻은 음들은 04, 45가 동일한 최고 반응치를 얻는데 이어 18, 49의 순이었다. '수고'의 감성반응을 얻은 음들은 10, 30, 49, 17, 62이었고, '신남'의 감성반응을 얻은 음들로는 56, 39, 55, 61, 51의 음들이었다.

3) 실험결과

실험용 음들의 물리적 요소는 주파수 특성에 근거하여 추출하였다. Spectra Lab의 3D surface를 이용하여 dB과 Hz 그리고 시간의 데이터를 추출하여 비교분석 하였다.(그림12) 특히, 관련 선행연구³⁾를 통하여 음의 감성반응에 가장 깊이 관여하는 물리적 요소는, 엔베로프 곡선의 선단부(attack)와, pitch를 통한 배음 구조(음의 깨끗함), 그리고 잔향(release rate)이라는 것이 밝혀졌으므로 이 3가지 물리적 속성의 상관관계를 중심으로 물리적 요소를 분석하였다.

본 연구에서는 실험결과를 분석함에 있어서 음에 대한 심리적 공간을 중심으로 그 결과를 해석하였다. 음에 대한 인상을 분석하고자 할 때, 제공 되어진 몇 개의 감성어를 기준으로

3) '음에 있어서 감성자극요소의 추출과 그 상호관계에 관한 연구', 정재욱, 한국기초조형학회, pp101-106, 2003

로 샘플음에 대한 인상을 기록하게 되고 그 값들을 '샘플음에 대한 감성 반응치'라 한다.

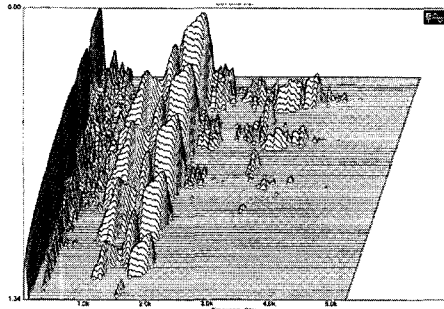


그림 12. Spectra Lab의 3D surface 분석화면

이 감성 반응치를 근거로 각각의 샘플음들 사이의 유사도 및 상관관계를 측정하는 부분에 활용되어진다. 본 연구에 있어서 제공 되어진 감성어는 '감사' '거절' '고민' '당황' '반가움' '수궁' '신남'의 7개였다. 이 감성어들은 긍정적 의미의 단어인 감사, 반가움, 수궁, 신남과 부정적 의미의 단어인 거절, 고민, 당황으로 다시 나누어 생각해 볼 수 있다.

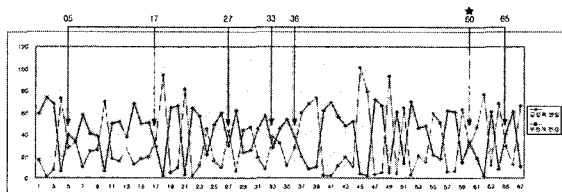


그림 13. 샘플음의 긍정-부정 감성반응치 비교 그래프

설문조사의 감성반응치를 이 두 그룹으로 나누어 집계해 본 결과, 그림13과 같은 결과를 얻을 수 있었는데, 대부분의 샘플음들이 긍정과 부정의 명확한 감성반응치를 가지고 있었다. 특히 18, 21, 45, 49, 62와 같이 그 차이가 크고 분명한 감성반응을 보이는 음들과 05, 17, 27, 33, 36, 60, 65와 같이 그 차이가 작고 불명확한 감성반응을 보이는 음들의 물리적 요소를 비교할 필요성을 느낄 수 있었다.

감사와 반가움, 고민과 당황은 물리적 특성상 유사성이 높은 감성영역임을 알 수 있었고, 수궁은 긍정적 감성영역과 부정적 감성영역의 특징을 조금씩 가지고 있는 중간적인 영역이란 것을 할 수 있었다.

7. 결론 및 향후연구과제

로봇산업은 앞으로 우리가 전혀 생각지도 못한 미지의 분야나 생활공간 그리고 우주, 재해, 탐색, 수중 등에서 주어진 역할을 수행하게 될 것이다. 또한 이로 인한 사회변화와 인간의 인식변화는 로봇에 대한 새로운 니즈(needs)로 창출로 이어지게 될 것이다. 그리고 자동차와 같이 가까운 장래에 한 가구에 1대씩 나아가 한사람당 1대의 로봇을 소유하는 시대가 도래하게 될 것이다. 이제 로봇이 우리 생활 환경 안에 까지 그 개념이 확장됨에 따라 로봇에 대한 아이디어로써 디자이너가 발상할 수 있는 범위가 넓어졌다. 로봇 디자이너는 기술과 기능을 접목한 높은 수준의 아이টে를 통해 새로

운 로봇의 창출을 가능하도록 할 수 있다.

지금까지의 제품디자인과 건축디자인은 세상의 모든 것에 디자인이 되어 왔다. 그러면, 로봇디자인은 이전의 디자인과 무엇이 다른가? 우선 로봇은 가동부 및 관절이 많다. 그리고 그 하나하나의 가동역이 넓다. 움직임의 방해를 하지 않는 디자인이 요구되며, 디자이너에 의해 움직임을 보다 아름답게 표현할 수 있다. 즉, 로봇 디자인은 단순한 물체(Object)의 디자인이 아니라 동역학 전체범위 안에서 이루어지는 디자인이다.

또한, 서비스 로봇이 인간의 생활공간의 일부로써 편리함과 동시에 친근감을 주며 생활 속에서 커뮤니케이션 하는데 어려움이 없어야 한다. 인간과 함께하는데 있어서 인간 친화적인 형태 디자인 기술과 동적측면이 강조된 HRI(Human Robot Interface)디자인 연구가 중요하다. 이에 본 연구에서는 인간-로봇간의 상호작용을 하는데 있어서 보다 자연스럽게 공존 할 수 있는 방안에 대해서 모색하였다.

로봇개발에 있어서 로봇디자인의 활약에 증대되는 이 시점에서 사람과 로봇사이의 커뮤니케이션을 위해서 로봇은 사람의 의도를 파악하고 이에 적절히 대처할 수 있도록 하여야 한다. 이를 위해서 사람과 로봇의 원활한 커뮤니케이션을 위한 인터랙션이 필요한 것이다. 이에 본 연구를 통하여 HRI 디자인의 의미와 역할 등 로봇디자인의 인식에 대해 조명하고 로봇디자인 분야 및 로봇디자인 구성요소에 대해서 정립하였다. 특히, 제스처(Gesture), 표정(Expression), 사운드(Sound)의 HRI 디자인 요소 구성을 소형서비스 로봇에 적용하여 구체적인 결과를 도출하였다. HRI 디자인에 대한 유효성 검증을 위해서 모션캡처, 애니메이션, 뇌파, 사운드 등이 통합된 인간과 로봇과의 구체적인 인터랙션을 제시하였다. 본 연구의 결과를 통해 향후 로봇 디자인 개발에 있어서 HRI 디자인 적용을 위한 기초 가이드라인으로 충분히 활용될 수 있을 것이다. 로봇디자인에 대한 앞으로의 전망은 무궁무진하며, 앞으로 수없이 많은 새로운 디자인 기회를 창출할 것이다.

향후 특정 아이টে의 HRI 디자인 요소에 대한 디자인이 아니라, 일반적인 HRI 디자인 요소를 발굴하고, 그에 따르는 연구가 체계적으로 연구되어야 한다. 또한, 개발 및 검증과정에 있어서 좀 더 많은 피실험자에 대한 검증이 필요하고, 좀 더 다양한 방법에 의한 HRI 디자인에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- 김현진 외, 로봇 디자인에서 사용자의 사회적 니즈 추출에 관한 연구, 한국디자인학회 vol. 16. no. 3
- 안태형, 일산 신도시 대형 할인매장의 고객 유치효과에 관한 연구, 연세대학교 생활과학 연구소, 1998
- 유범재, 지능형 서비스 로봇을 위한 인간-로봇 상호작용 기술, NuriMedia, 2004
- 이석한, 서비스 로봇을 위한 인지적 인간-로봇 상호작용, NuriMedia, 2004
- 이성환, 이미숙, 얼굴 영상 인식 기술의 연구현황, 전자공학회지, 1996
- 장영건, 신철규, 이은실, 권장우, 홍승홍, 근전도를 이용한 노약자/장애인용 재활보조 시스템의 인터페이스 기법, 1997년 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 1997
- 정재욱, 음에 있어서 감성자극요소의 추출과 그 상호관계에 관한 연구, 한국기초조형학회 Vol4 no.1, 2003
- 조영화, 산업용 로봇과 서비스 로봇의 사업성 비교분석, 한국과학기술정보연구원, 2004
- 타즈야 미즈이 <http://www.synbioist.go.jp/~tmztsui/~tmzui.htm>
- 홍성수, 쇼핑지원로봇 디자인 개발을 위한 기초 연구, 춘계디지털디자인학술대회, 2005
- 홍성수, 로봇시스템 개발을 위한 동시공학적 디자인프로세스에 관한 연구, 디자인과학연구, 2002
- Brunel, Frederic Francois, The Psychology of Product Aesthetics: Antecedents and Individual Differences in Product Evaluations (Elaboration Likelihood Model, Attitude, Consumer Behavior), Doctoral Dissertation, University of Washington, 1998
- C. Breazeal, Robot in Society: Friend or Appliance?, Agents99 workshop on emotion-based agent architectures, 1999
- C. Breazeal, Designing Social Robots, MIT Press, Cambridge, MA, 2002
- C. DiSalvo, All robots are not equal: The design and perception of humanoid robot heads, in: Proceedings of the Conference on Designing Interactive Systems, 2002
- Clausen, Don P., A Step-By-Step Guide to World Class Concurrent Engineering, Amer Society of Mechanical, 1994.
- H.R. Everett, Sensors for Mobile Robots: Theory and Application, A K Peters, Ltd., 1995.
- Hartley, John R., Okamoto, Susumu, Concurrent Engineering (Shortening Lead Times, Raising Quality, and Lowering Costs), Productivity Pr, 1997.
- John J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 2nd Ed., 1989.
- J.H. Lee, K.S. Eom, B.-J. Yi, and I.H. Suh, Design Of A New 6-DOF Parallel Haptic Device, IEEE International conference on Robotics and Automation, Korea. 2001
- J.H. Lee, B.-J. Yi, S.R. Oh, and I. H. Suh, Optimal design and development of a five-bar finger with redundant actuation, Mechatronics, Vol. 11, No. 1., 2001
- Mark W. Spong, M. Vidyasagar, Robot Dynamics and Control, John Wiley & Sons, 1989
- Michael j., Recognition human motion using parameterized models of optical flow, 1996.
- Peter Menzel, Faith D'Aluisio, Robo sapiens: Evolution of a New Species, The MIT Press, 2000
- Satoshi kose, From barrier-free to universal design; international perspective, assistive technology press. 1998
- Seongsoo Hong, A Study on the Development of Basic Guideline for the Supporting Shopping Robot (Proposal of Required Functions), 2005 IDC, 2005
- William Joyce, The Art of Robots, Chronicle Books, 2004
- 内山 勝, ロボットモーション, 岩波書店, 2005
- 原 文雄, 顔という知能, 公立出版, 2003
- 諸登支南, [医療・福祉ロボット]. 日本ロボット學會誌. 1990. 8.(1).
- 佐藤知正, 人と共存するコンピュータ・ロボット學, Ohmsha, 2004
- 佐藤知正, ロボット創成, 岩波書店, 2005
- 吉田倫幸: 脳波の周期リズムによる快適度評価モデル, 心理學評論, Vol.45, No.1, 2002