

# The Development of Optimal Motion HRI Design for Cafe Service Robots

Hyunsoo Jung<sup>1</sup>, Seongsoo Hong<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Design Engineering, Graduate School, Master's Student, Tech University of Korea, Siheung, Korea

<sup>2</sup>Department of Design Engineering, Professor, Tech University of Korea, Siheung, Korea

---

## Abstract

**Background** Developing an appropriate human-robot interaction(HRI) design is essential for non-humanoid robots, such as collaborative robots, because it is difficult for them to express human-like emotions. However, the problem with physically prototyping HRI designs is that they require a high level of engineering knowledge and high development costs. Therefore, in this study, we develop a motion HRI design for a cafe robot, a type of non-humanoid service robot, focusing on emotional factors. In the process of evaluating the developed HRI design, we identify the possibility of utilizing virtual reality(VR) prototyping.

**Methods** By comparing the service process of a cafe robot and a human barista, we identified interactions to apply motion HRI design. We identified the emotional elements needed for development through re-enactment experiments by actors. The actor's movements that most appropriately expressed the emotional elements were acquired through motion capture equipment. The principles for applying the actor's movements to the collaborative robot were established and applied to the development of the motion HRI design. To evaluate the developed motion HRI, a VR prototyping environment was constructed to evaluate preferences.

**Results** Café Robot's motion HRI design was developed based on emotional and kinematic factors derived from reenactment experiments and motion capture. Preference evaluation through VR prototyping showed that the motion HRI design with emotional elements was more preferred.

**Conclusions** In this study, we develop a motion HRI design for a non-humanoid cafe robot. Even if the robot is non-humanoid, smooth interaction with customers can have a positive impact on the service quality of the robot. We also confirm the possibility of constructing a VR prototyping environment and evaluating motion HRI designs easily through it. This suggests that VR prototyping could be a new direction for designers developing motion HRI designs.

**Keywords** HRI(Human-Robot Interaction), Motion Design, Café Robot, Virtual Reality

---

This project was funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy, Development of Design Industry Technology Building capacity of Design Innovation. (Project No. 20023745).

\*Corresponding author: Seongsoo Hong (hss@tukorea.ac.kr)

*Citation:* Jung, H., & Hong, S. (2024). The Development of Optimal Motion HRI Design for Cafe Service Robots. *Archives of Design Research*, 37(2), 187-207.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2024.05.37.2.187>

**Received** : Feb. 17. 2024 ; **Reviewed** : Apr. 24. 2024 ; **Accepted** : Apr. 30. 2024

**pISSN** 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

**Copyright** : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

---

## 1. 서론

### 1. 1. 연구의 배경과 목적

고객과의 감정적 교류를 통해 고객 만족도에 긍정적 영향을 미칠 수 있는 서비스 로봇의 휴먼-로봇 인터랙션(HRI: Human-Robot Interaction)에 대한 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 또한 인간 형태와 다른 구조를 가진 비휴머노이드 타입의 서비스 로봇이 사용되는 경우가 많다. 이러한 비휴머노이드 서비스 로봇의 예시로는 Bear Robotics 회사의 서빙 로봇과 현대로보틱스 회사의 방역 로봇이 있으며, 이런 비휴머노이드 타입의 서비스 로봇은 우리 생활 곳곳에서 볼 수 있다.

차, 김연경, 풍, 매터릭(Cha, E., Kim, Y., Fong, T., & Mataric, M. J., 2018)는 물리적 한계로 인해 비휴머노이드 로봇에서는 인간과 유사한 비언어적 수단을 사용할 수 없는 경우가 많다고 하였다. 따라서 비휴머노이드 타입 로봇이 모션을 통해 만족스러운 인터랙션을 하기 위해서는 비휴머노이드 타입 로봇의 비언어적 수단 중에서 모션 HRI 디자인이 잘 이루어져야 한다.

실제 로봇을 움직여 적용된 움직임을 확인하는 프로토타이핑 과정은 모션 HRI를 개발하기 위해서 매우 중요하지만, 높은 개발 비용과 고수준의 공학적 지식을 요구하여 디자이너의 프로토타이핑 진입 장벽이 높다는 문제가 있다. 본 연구의 목적은 비휴머노이드 타입 로봇의 일종인 카페로봇을 대상으로 사용자에게 높은 선호도를 띄는 최적 모션 디자인을 개발하는 것이다. 또한 현실과 유사한 경험을 제공할 수 있는 VR(가상현실)을 통해 HRI 디자인의 프로토타이핑 및 평가를 수행하여 서비스 로봇의 모션 HRI 디자인에 있어 VR 프로토타이핑의 사용 가능성을 확인하는 것이다.

### 1. 2. 연구의 범위와 방법

본 연구는 협동로봇을 사용하는 서비스 로봇의 일종인 무인 부스 형태의 카페로봇을 연구의 대상으로 선정하였으며, 디스플레이가 부착되지 않은 협동로봇이 표현할 수 있는 모션 HRI를 주요 연구 범위로 설정하였다. 또한 서비스 프로세스를 기반으로 고객에게 필수적으로 재생되어야 하는 소리 HRI를 평가 과정에서 부분적으로 적용하였다.

연구의 방법은 다음과 같다. 첫 번째로 본 연구의 대상이 되는 카페로봇과 HRI 디자인의 정의 및 디자인 요소, 관련 연구 등에 대해 이론적으로 고찰하였다. 두 번째로 실제 바리스타와 카페로봇의 서비스 과정을 살펴보고, 실제 바리스타의 어떤 상호작용을 카페로봇에 적용할 수 있는지를 파악하였다. 세 번째로 앞서 파악한 상호작용을 기반으로 모션 HRI 디자인을 제작하기 위해 바리스타 서비스 프로세스를 기반으로 시나리오를 작성하고, 연기자를 통해 재연 실험하여 연기자의 행동에서 감정 정보를 수집 및 분석하였다. 또한 재연 중 연기자가 착용한 모션 캡처 장비에서 데이터를 취득하였다. 이후 취득한 데이터를 협동로봇에 적용하기 위한 원칙을 수립하고 원칙에 따른 설정값을 적용한 모션 HRI 디자인을 개발하였다. 마지막으로 VR 프로토타이핑 환경을 개발하고, 모션 HRI 디자인이 적용된 카페로봇과 적용되지 않은 카페로봇의 서비스 프로세스를 시연한 뒤 선호도를 평가하여 개발된 모션 HRI 디자인이 사용자 입장에서 유의미한 선호도 상승을 일으키는 지 확인하였다.

---

## 2. 이론적 고찰

### 2. 1. 카페로봇의 이해

한국로봇산업진흥원(2020)은 푸드테크(FoodTech) 기술을 인공지능, 사물인터넷(IoT) 등을 접객/서빙/결제/조리 등 요식업 업무에 활용하는 첨단 기술이라고 정의하였다. 또한 푸드테크 기술을 인력 부족과 인건비 상승 등의 문제를 해결할 수 있는 기술로서 주목하고 있다고 밝혔다.

카페로봇은 이러한 푸드테크 기술의 일종이며 그 종류는 다음과 같다. Dal.comm사의 독립형 무인 부스

타입은 좁은 공간에서 각종 장비에 유연하게 접근할 수 있는 다관절 로봇 등의 매니플레이터를 음료 이송 및 서빙 용도로 사용하는 로봇이다. Briggo사의 밴딩 머신 타입은 기구부가 드러나지 않는 박스 형태의 로봇이다. 티로보틱스사의 바리스타와 협업하는 카페로봇 타입은 다관절 로봇을 이용하여 음료 제조 업무만 로봇이 수행하고, 음료 이송 및 서빙은 바리스타가 수행하는 로봇이다.

본 연구의 대상인 다관절 로봇을 이용한 무인 부스 타입의 카페로봇은 다관절 로봇의 움직임에 따라서 고객과 인터랙션이 가능하다. 따라서 이러한 무인 부스 타입의 카페로봇과 고객이 원활한 인터랙션을 한다면, 고객들에게 질 높은 서비스를 제공할 수 있다.

## 2. 2. HRI 디자인의 정의와 요소

홍성수(Hong, 2022)에 따르면 HRI 디자인은 인간이 로봇에게 명령하거나 로봇으로부터 인간이 정보를 전달받는 과정을 의미하며, 사용자가 원하는 기능을 수행하도록 인터랙션을 제공하는 개념을 의미한다. 또한 로봇의 인터랙션을 디자인하는 것은 사용자와 로봇의 관계성을 구축하는 중요한 로봇 디자인의 요소임을 강조하였다. 그리고 로봇의 독립 수행적인 기능을 조합하여 사용자가 원하는 기능을 수행하도록 통합적 조율(Integrated Scheduling)을 할 수 있는 인터랙션을 제공하는 것이 HRI 디자인임을 주장하였다.

HRI 디자인의 주요 요소로는 모션, 표정, 소리가 있다. 모션 요소는 로봇 몸체, 로봇 일부가 움직여서 사용자와 인터랙션을 통해서 의미를 전달할 수 있는 움직임을 말한다. 표정 요소는 행복, 놀람, 슬픔 등 인간의 감정 표현에 반응하여 나타나며 로봇의 얼굴 표현을 통해서 인간과의 인터랙션을 보다 자연스럽게 만들어 줄 수 있다. 소리 요소는 인간의 음성이나 특정 음파를 인식하여 사용자의 의도를 파악하고 소리의 톤과 강도를 변화시켜서 로봇의 감정 표현에 중요한 역할을 한다. 이외에도 기타 요소로서 화면이나 LED 광원 등을 통한 시각적 표현 요소, 로봇을 만질 때 느껴지는 질감, 온도, 진동 등의 촉각 요소 등이 있다. 특히 모션 요소와 표정 요소는 일반 제품과 달리 자율적으로 작동하는 로봇의 독자적인 디자인 인터랙션 요소라고 말할 수 있다.

## 2. 3. 모션 HRI 디자인 연구 사례

모션은 HRI 디자인의 요소 중 하나로서, 동작에 의해 의미를 전달할 수 있는 움직임이다. 특히 표정을 표현할 수 없는 구조를 가진 로봇의 인터랙션에 있어 모션은 더욱 중요한 역할을 하며 이러한 로봇에 대한 연구도 지속적으로 이어진 바 있다.

웨이, 자오(Wei, Y., & Zhao, J., 2016)는 표정이 고정되어 있는 휴머노이드 로봇 'NAO'의 행동을 감정 표현에 기반하여 개발하였다. 투엔, 정성문, 정낙영(Tuyen, N. T. V., Jeong, S., & Chong, N. Y., 2018)은 사용자의 문화적 행동을 학습하고 이를 기반으로 감정적인 신체 표현을 생성할 수 있는 움직임 변환 모델을 개발하여 얼굴 형태가 고정된 휴머노이드 로봇 'Pepper'에 반영하였다. 또한 라반(Laban, R. V. 1975)에 의해 개발된 감정의 해석 방법을 적용하여 협동로봇의 기초적인 픽업 모션에 감정 요소를 반영한 비올라, 피오리니, 만치오피, 김재석, 카발로(La Viola, C., Fiorini, L., Mancioffi, G., Kim, J., & Cavallo, F., 2022)의 연구와 같이 비휴머노이드 로봇의 모션 HRI 디자인 연구도 새롭게 이루어지고 있다.

---

## 3. 카페로봇 모션 상호작용 도출

### 3. 1. 바리스타와 카페로봇의 서비스 프로세스 비교 분석

실제로 운영중인 카페의 서비스 프로세스에 입각하여 카페로봇의 모션 HRI 디자인을 개발하고자 바리스타와 카페로봇의 서비스 프로세스를 비교하여 고객과의 감정적 상호작용이 확인되는 프로세스를 파악하였다. 먼저 바리스타 3인의 서비스 과정을 촬영하고 모든 바리스타의 서비스 과정에서 공통적으로 나타나는 서비스 프로세스를 다음과 같이 작업의 순서에 따라 정리하였다. 재료 용기 정리, 매대 청소 등 서비스에 큰 영향을 미치지 않고 매장의 설비에 따라 달라질 수 있는 요소는 제외되었으며 카페에서 가장 대중적인 메뉴이면서 제조 과정 파악이 용이한 아메리카노의 제조 프로세스를 기준으로 하였다.



Figure 1 Coffee service process of barista

이와 비교하여 분석하기 위해 현재 운영중인 4개 카페로봇 브랜드를 방문하여 구조 및 서비스 형태를 파악하였다. 실제 카페에서 사용하는 것과 동일한 설비를 사용하고 1개 다관절 로봇에 의해 작동하여 본 연구에 가장 적합하다고 판단한 블루텍 사의 카페로봇의 서비스 프로세스를 동일한 어휘와 방법을 사용하여 정리하였다.



Figure 2 Coffee service process of cafe robo

정리한 바리스타와 카페로봇의 서비스 프로세스를 비교하여 [Figure 3]과 같이 정리하였다. 비교 결과 ‘대기 인사’, ‘음료 제공 안내’, ‘침출 대기’를 바리스타와 카페로봇의 서비스 프로세스에서 공통적으로 확인하였으며, ‘接客 인사’는 바리스타 서비스 프로세스에서만 확인되었다.

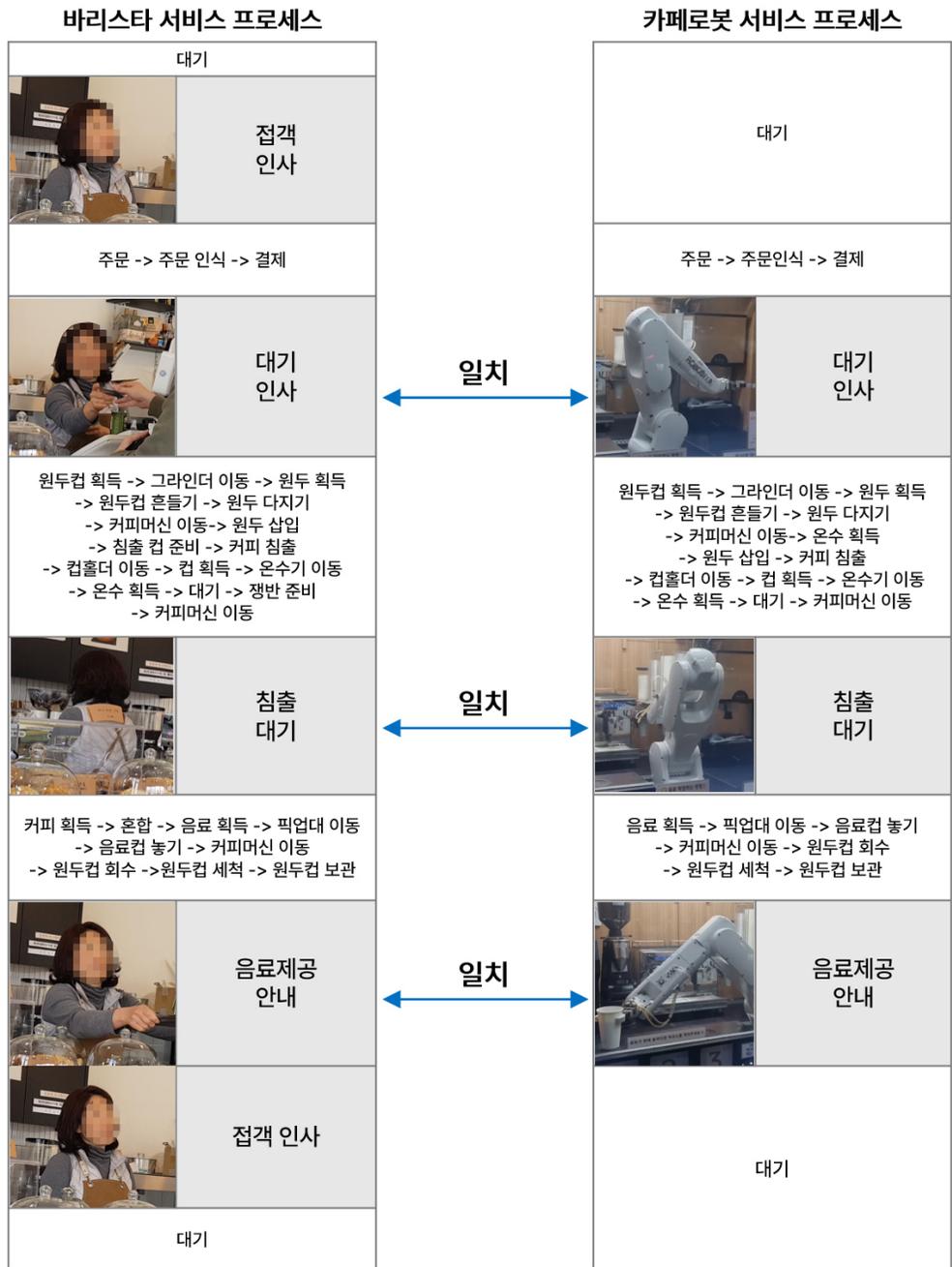


Figure 3 Comparing the service process of a barista and a cafe robot

### 3. 2. 카페로봇에 적용할 수 있는 상호작용 도출

동일한 맥락의 상호작용을 하는 바리스타와 카페로봇이 고객의 반응을 동일하게 유도할 것이라고 가정하였다. 이러한 가정하에 카페로봇에 적용할 수 있는 상호작용을 [Table 1]과 같이 도출하였다.

‘대기 인사’와 ‘음료 제공 안내 인사’의 경우 바리스타의 서비스 프로세스와 공유하는 공통적인 상호작용이므로 적용에 큰 지장이 없을 것으로 판단하였다. ‘접객 인사’의 경우, 기본적으로 인물 인식을 지원하지 않는 카페로봇의 서비스 프로세스에는 존재하지 않는다. 하지만 키오스크의 최초 터치 인식 및 서비스 종료 후 자동 재생 등을 상호작용의 트리거로 활용할 수 있는 점을 고려하였다. 또한 서비스 로봇의

인상이 상호작용의 시작에 큰 영향을 받는다고 서술한 이와사키, 조우, 이케다, 카와무라, 나카니시(Iwasaki, M., Zhou, J., Ikeda, M., Kawamura, T., & Nakanishi, H. 2018)의 연구를 고려하여 카페로봇에 적용할 수 있는 상호작용으로 포함하였다.

또한 카페로봇의 서비스 영상을 검토한 결과 촬영된 4개의 서비스 영상에서 커피 침출 및 아메리카노 제조 과정을 고객이 지켜보는 것을 확인할 수 있었다. 또한 침출 대기 시간 등 로봇이 업무에 필요한 행동을 일시적으로 중단하는 시간에도 고객의 시선은 크게 이동하지 않았다. 이는 고객에 대한 로봇의 일방적인 상호작용에 이러한 대기 시간을 활용할 수 있음을 시사하며, 쟁, 글라스(Zheng, K., Glas, D. F., 2013)의 연구에서도 긴 대기 시간 동안의 고객 불만을 완화하기 위해 대화형 인터랙션을 적용한 사례가 있었다. 이를 고려하여 커피 침출 대기 시간 중 고객에게 보여주는 상호작용을 ‘침출 중 대기 상호작용’이라는 별개의 상호작용으로 정의하여 카페로봇에 적용할 수 있는 상호작용으로 분류하였다.

Table 1 List of interactions to develop motion HRI for this study

연구에 적용될 로봇 상호작용	주요 내용	
	설명	대화/움직임 예시
접객 인사	고객을 맞이하거나 서비스 종료 후 송별하는 인사	“안녕하세요.”“감사합니다. 안녕히 가세요.”
대기 인사	음료가 제공될 때까지 대기하기를 요청하는 인사	“결제가 완료됐습니다”“잠시 기다려 주세요”
침출 중 대기 상호작용	침출 중 대기 시간 중의 로봇의 움직임	다관절 로봇의 끄덕임, 흔들거림 등의 움직임
음료 제공 안내 인사	고객에게 대기 번호 및 픽업을 안내하는 인사	“000번 손님, 음료 나왔습니다”

## 4. 카페로봇 모션 HRI 디자인 개발

### 4. 1. 감정 요소와 모션 데이터 도출

#### 4. 1. 1. 선행 연구 분석 및 모션 상호작용 도출 방법 수립

카페로봇의 모션 HRI 디자인 개발에 앞서 모션 상호작용 도출 방법을 수립하기 위하여 선행 연구가 진행되었다. 정혜승(Jeong, H., 2023)은 연기자의 표정 연기를 기반으로 표정 HRI 디자인을 개발하기 위하여 로봇의 감정 강도를 정의하고 이를 속도, 지속시간, 눈 깜빡임, 색깔 등의 요소로 구체화하였다. 이를 통해 감정 강도를 HRI의 디자인 요소로 구체화할 수 있음을 확인하였다.

또한 전기 설비에 민감한 모션 캡처 장비를 실험자의 지속적인 모니터링하에 사용해야 하는 모션 캡처 재연 실험을 바리스타가 영업장에서 직접 진행하는 것에 어려움이 있었다. 따라서 서비스 프로세스에서 확인할 수 있는 인터랙션의 감정 요소를 도출하고, 다수의 배우에 의해 재연된 모션 중 최적의 모션을 감정 강도 평가를 통해 도출하여 유의미한 결과를 내고자 하였다. 이를 위해 배우에 의한 모션 캡처 및 시나리오 실험을 시행한 선행 연구를 파악하였다.

배태영(Bae, T., 2013)은 안드로이드의 안정적인 동작 생성을 위해 모션 캡처 장비를 활용하여 모션의 글로벌 좌표값을 도출하였고 이를 관절 구조가 제약된 로봇에 적용하기 위해 좌표계를 정의하고 표시하는 방법을 정립하였다. 루, 필레기, 스마트(Lu, D. V., Pileggi, A., & Smart, W. D. 2011)는 HRI를 파악하기 위한 하나의 방법으로 시나리오에 기반한 연기 실험을 시행하였다. 또한 동작을 정확하게 파악하기 위해 배우에게 모션 캡처 시스템을 착용하게 하고 모션 캡처 데이터를 구성하는 마커의 좌표를 데이터 세트르 하여 분석하였다.

세레, 바엔징거, 뢰시(Scherer, K. R., Bänziger, T., & Roesch, E. 2010)는 EE(Emotional Expression, 감정적 표현)에 대한 연구에서 배우에게 감정적 표현 제작을 요청할 때 단순히 감정 레이블만을 제공하는 경우보다 배우가 연기해야 하는 감정 시나리오, 메소드 연기 방식 등 정교한 지침을 제공하는 경우가 많았다고 주장하였다. 특히 표준 시나리오를 제공하는 것은 감정을 더 정확하게 정의하는 역할을 한다고 강조하였다. 이러한 일련의 선행 연구를 통해 시나리오를 기반으로 하는 배우의 재연 실험과 모션 캡처 시스템을 활용하여

만족도가 높은 모션 HRI 개발을 위한 감정 요소 및 모션 데이터를 도출할 수 있을 것이라고 판단하고, 이를 [Figure 4]와 같이 시행하였다.

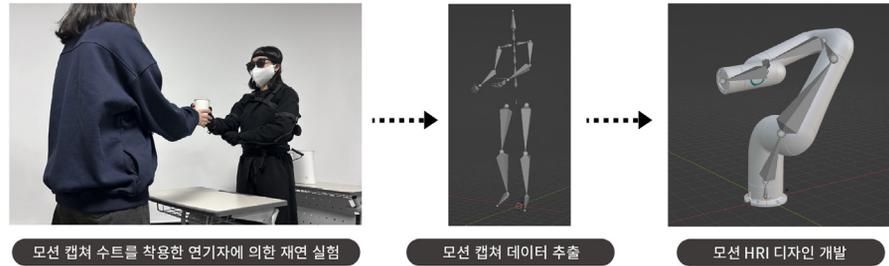


Figure 4 How to derive motion interactions

#### 4. 1. 2. 연기자에 의한 재연 실험 진행

실험은 상호작용 개발에 적용할 감정 요소와 모션 데이터를 도출하기 위하여 연기자에 의한 재연을 통해 진행되었다. 7명의 전문 연기자를 피실험자로 하였으며 바리스타의 서비스 프로세스와 카페로봇의 서비스 프로세스를 바탕으로 하여 제작된 [Table 2]의 바리스타 서비스 시나리오를 보고 재연을 수행하였다. 바리스타 역할의 배우는 표정 요소의 개입을 방지하기 위한 마스크와 선글라스, 배우의 모션 데이터 추출을 위한 모션 캡처 장치(Noitom Perception Neuron V2, Full Body Mode)를 착용하였으며, 실험 과정은 추후 감정 강도 평가를 위해 영상으로 촬영되었다.

Table 2 Service with barista scenario

	시나리오	상호작용
	[주문 대기]	-
	[고객 입장]	-
바리스타	“어서오세요.”	접객 인사
고객	“안녕하세요.” [메뉴판을 확인] “아메리카노 향으로 하나 주세요.”	-
바리스타	“아메리카노 한 잔 맞으시죠. 4,500원입니다.”	-
고객	[카드 건네주기]	-
바리스타	“카드 받았습니니다.” [결제 후 카드 반납] “잠시만 기다려 주세요.”	대기 인사
	커피 제조 절차 1	-
바리스타	[커피 추출 중 기다림]	추출 중 대기 상호작용
	커피 제조 절차 2	-
	주문 벨 알림	-
바리스타	[음료 제공] “31번 손님, 음료 나왔습니다. 빨대 챙겨가세요.”	음료 제공 안내 인사
고객	“감사합니다.”	-
바리스타	“네, 감사합니다. 안녕히 가세요.”	접객 인사
	[고객 퇴장]	-

각 연기자가 주어진 시나리오에 따른 연기를 마친 뒤, 강조 표시된 상호작용을 연기할 때 몰입한 감정이 가깝다고 생각한 모든 감정을 체크하도록 요구하였다. 피실험자에게 제공된 감정 테이블은 마크 브래킷에 의해 저술된 ‘감정의 발견’에서 제안한 무드미터에서 추출하였다. 무드미터는 감정을 인식하고 측정하기 위한 도구로, 여러 연구에서 감정 분석을 위한 감정 테이블로 활용되었다.

무드미터는 본래 ‘활력’과 ‘쾌적함’을 축으로 하여 100개 감정을 4개의 분면으로 나누고 각 사분면을 서로

다른 색상으로 표시하는 도구이나 본 연구에서는 특정 사분면에 편향된 응답을 방지하기 위해 색상 요소를 제거하고 100개 감정을 무작위로 재배열하여 감정 테이블로 활용하였다. 실험 종료 후 7명의 연기자에게 응답받은 감정을 각 상호작용별로 나누어 [Table 3]과 같이 정리하였다.

Table 3 Emotional elements that the actors immersed themselves

접객 인사									
감사하는	다정한	긍정적인	활발한	낙관적인	재미있는	쾌활한	의기양양한	기운이 넘치는	
근심 걱정없는	차분한	안정적인	짜릿한	아주 신나는	더없이 행복한	자랑스러운	희망찬		
대기 인사									
차분한	만족스러운	동기 부여된	기운이 넘치는	의기양양한	감사하는	긍정적인	다정한	활발한	
안정적인	희망찬	흥겨운	평온한						
침출 중 대기 상호작용									
긍정적인	안전한	낙관적인	평온한	여유로운	나른한	생각에 잠긴	희망찬	재미있는	
편한	근심 걱정없는	차분한	속 편한	안락한					
음료 제공 안내 인사									
감사하는	긍정적인	생각에 잠긴	기운이 넘치는	동기 부여된	만족스러운	안정적인	흥겨운	차분한	
활발한	속 편한	감동적인	황홀한	쾌활한	평온한				

#### 4. 1. 3. 감정 요소 도출

연기 실험이 완료된 후, 연기자들이 몰입한 감정 요소 중 어떤 감정이 가장 강하게 드러났는지에 대한 감정 강도 설문 평가를 수행하여 각 상호작용에 가장 적합한 감정 요소를 도출하고자 하였다. 실험은 20대 남녀 13명(남자 5명, 여자 8명)을 대상으로 진행되었으며, 앞서 진행한 연기 실험의 촬영본과 바리스타 서비스 시나리오를 피실험자가 확인한 뒤 상호작용 대사에서 느껴지는 [Table 3]의 감정 요소의 강도를 각 연기자에 대해 7점 척도로 평가하는 방식으로 진행되었다.

평가가 종료된 뒤, 피실험자의 응답 점수의 평균값을 내림차순으로 비교하여 정리하였다. 여러 연기자에서 공통적으로 높게 나타나는 감정 요소를 파악하기 위해 각 연기자별 감정 강도 상위 4개 감정 요소를 파악하였다. 이후 상위 4개 감정 요소에 가장 많은 빈도로 포함된 감정 강도를 띠는 감정 요소를 파악한 결과 ‘접객 인사’에서는 ‘감사하는’, ‘대기 인사’에서는 ‘안정적인’, ‘침출 중 대기 상호작용’에서는 ‘평온한’, ‘음료 제공 안내 인사’에서는 ‘만족스러운’ 감정 요소가 도출되었다.

Table 4 Frequency of emotional elements with high emotional intensity

상호작용	감정 강도 상위 4개 감정 요소에 포함된 빈도								
	감사하는	긍정적인	다정한	안정적인	활발한	낙관적인	차분한	재미있는	쾌활한
접객 인사	7	5	4	3	3	2	2	1	1
대기 인사	안정적인	감사하는	평온한	다정한	활발한	차분한	흥겨운	기운이 넘치는	만족스러운
	6	5	4	4	3	2	1	1	1
침출 중 대기 상호작용	평온한	여유로운	긍정적인	낙관적인	재미있는	안전한	차분한	나른한	
	6	5	4	4	2	2	2	1	
음료 제공 안내 인사	만족스러운	기운이 넘치는	평온한	차분한	활발한	쾌활한	감사하는	안정적인	
	7	5	3	3	3	2	2	2	

#### 4. 1. 4. 최적 모션 도출

도출된 감정 요소가 가장 분명하게 드러나는 연기자의 움직임을 ‘최적 모션’으로 정의하였다. 이를 기반으로 모션 HRI를 개발하기 위해 앞서 진행한 감정 강도 평가에 참여하지 않은 다른 피실험자 집단(20대 남녀, 남자 6명, 여자 9명)을 대상으로 연기 실험의 영상을 시청하게 하였다. 이후 어느 참가자의 상호작용에서 도출된 감정 요소가 가장 높게 느껴지는가에 대하여 7점 척도로 평가하도록 하였다. 최종적으로 평균 평가 점수가 가장 높은 연기자의 모션을 최적 모션으로 선정하였다. 일원분산분석을 시행한 결과 F-ratio는 8.730, p-value값은 0.0000001로 나타났으며, 전체 평균에 대한 표준편차는 1.524였다. 분석 결과를 통해 유의수준 99% 내에서 각 연기자들의 감정 간의 차이가 유의함을 확인하였다. ‘접객 인사’에 대해서는 연기자 G, ‘대기 인사’와 ‘침출 중 대기 상호작용’에 대해서는 연기자 B, ‘음료 제공 안내 인사’에 대해서는 연기자 C의 모션이 최적 모션으로 선정되었다.

Table 5 Score of optimal motion by actors

	연기자 별 평가 점수 평균						
	A	B	C	D	E	F	G
접객 인사	3.53	3.40	2.73	3.20	4.00	3.33	<b>5.40</b>
대기 인사	3.00	<b>5.47</b>	3.00	2.93	2.87	3.00	2.73
침출 중 대기 상호작용	4.00	<b>5.40</b>	3.33	2.47	3.07	3.00	3.93
음료 제공 안내 인사	3.13	3.27	<b>5.73</b>	3.47	3.00	3.33	2.67

Table 6 Optimal Motion

상호작용	최적 모션		
접객 인사 (연기자 G)			
대기 인사 (연기자 B)			
침출 중 대기 상호작용 (연기자 B)			
음료 제공 안내 인사 (연기자 C)			

## 4. 2. 모션 캡처 데이터 적용

### 4. 2. 1. 모션 캡처 데이터를 적용할 운동학적 요소 도출

최적 모션 HRI 디자인을 구현하기 위해서 중요한 운동학적 요소를 파악하기 위해 선행 연구를 진행하였다. 나이트와 시몬스(Knight, H., & Simmons, R. 2016)는 Laban Movement Analysis(LMA)를 사용한 로봇의 움직임 선행 연구 11건을 대상으로 사례연구를 실시하였고, LMA의 구성 요소 중 Effort를 적용하여 운동학적 요소를 분석한 사례를 정리하였다. LMA는 라반(Laban, R. V. 1975)에 의해 개발되고 바르테니프와 레위스(Bartenieff, I., & Lewis, D. 1981)에 의해 수정 및 정리된 인간의 움직임을 묘사하고 해석하는 방법이다.

아리스티두, 크리산토(Aristidou, A., & Chrysanthou, Y., 2013)는 Effort 요소에 대해 다음과 같이 정의하였다. Effort 요소에서 Time(시간)은 시간을 사용하는 내적 태도를 뜻한다. Weight(무게)는 물리적 질량과 중력의 관계에 대한 움직임 요소이다. Flow(흐름)은 움직임의 연속성을 뜻한다. Space(공간)는 주변 환경에 대한 직접적인 집중을 다루는 요소이다.

나이트와 시몬스의 사례연구에 따르면 Time(시간)에 대해서는 Velocity(속도), Slope of velocity(속도의 기울기), Joint-velocity(관절의 속도) 등 속도와 관련된 운동학적 요소가 주로 분포한다. Weight(무게)에 대해서는 Acceleration(가속도), Jerk(가가속도) 등 속도의 기울기에 해당하는 요소가 분포하고 있다. Space(공간)에 대해서는 inner-angles(내회전각), Horizontal-range(수직 운동 거리) 등 각도와 거리에 관련된 운동학적 요소가 주로 확인된다. 또한 Flow(흐름)에 대해서는 거의 다루어지지 않았으며, 유의미한 방향성을 띄고 있지 않다.

이러한 선행 연구의 방향성으로 미루어 보아 로봇의 움직임 연구는 크게 속도, 가속도, 이동 거리의 3개 운동학적 요소로 구성되는 경향이 있음을 알 수 있다. 본 연구에서는 앞서 언급한 3개 운동학적 요소를 모션 캡처 데이터 해석 대상으로 설정하고 이에 대응하는 모션 캡처 데이터의 변화량을 분석하여 이를 가능한 한 모션 HRI 디자인 개발에 그대로 반영하였다.

### 4. 2. 2. 모션 캡처 데이터 적용 원칙 수립

본 연구의 대상인 협동로봇은 일반적으로 6DOF로 구성된 로봇 팔의 형태로 이루어져 있으며, 그 구조상 인간의 모션 캡처 데이터와 완전히 일치하는 움직임을 구현하기에 어려움이 있다. 따라서 모션 캡처 데이터를 최대한 유사하게 적용하기 위해 협동로봇의 기구적 특징을 고려하여 모션 캡처 데이터 적용 원칙을 다음과 같이 수립하였다.

첫 번째는 속도 원칙이다. 모션 캡처 데이터의 움직임 시작 프레임과 정지 프레임 사이의 시간을 로봇의 속도로서 반영한다. 제원상 한계속도를 초과하는 경우 한계속도를 최댓값으로 이동 시간을 스케일링하여 적용하였다. 이를 통해 서로 다른 협동로봇을 사용하는 경우에도 가능한 한 유사한 모션을 보일 수 있게 하였다.

두 번째는 가속도 원칙이다. 회전축에 수직하는 특정 좌표평면에 대한 모션의 위치 프로파일의 이계도함수가 곧 모션의 가속도이다. 따라서 시간에 따른 좌푯값 변화량을 나타내는 위치 프로파일을 움직임이 가지는 베지어 곡선과 일치시켜 모션 캡처와 개발하고자 하는 움직임이 동일한 위치 변화량에 대해 동일한 가속도를 가지도록 하였다.

세 번째는 이동 거리 원칙이다. 협동로봇의 조인트 회전각을 로봇의 이동 거리로서 적용하며, 각 조인트가 갖는 최대 변위가 높은 순으로 적용하였다. 협동로봇의 구조상 모든 링크가 선형적으로 연결되어 있어 로봇의 조립 위치에서 떨어진 조인트일수록 최대 운동 범위가 좁아지는 특징이 있다. 이를 감안하여 협동로봇의 각 조인트에 인간 신체의 관절을 운동 범위 순으로 대응하여 가능한 한 유사한 움직임을 구현하고자 하였다.

이상의 원칙을 적용하기 위해 필요한 직교좌표계 글로벌 좌푯값은 Blender의 Python 스크립트 기능을 사용하여 추출하였다. 또한 CAD와 Microsoft Excel을 통해 그래프를 작성하였다.

Table 7 Corresponding body movements to robot degrees of freedom

자유도	대응하는 신체 움직임
DOF 1	전신/허리/머리가 동일한 축을 공유하며 서로 다른 방향으로 움직이지 않으므로 모든 관절의 Z축을 통합하여 대응
DOF 2	허리 X축(X축 회전 상체 관절 중 가장 큰 변위)
DOF 3	허리 Y축(Y축 회전 상체 관절 중 가장 큰 변위)
DOF 4	팔 상박 X축(X축 회전 상체 관절 중 두 번째로 큰 변위)
DOF 5	팔 상박 Y축(Y축 회전 상체 관절 중 두 번째로 큰 변위)
DOF 6	머리, 팔 하박 X축(X축 회전 상체 관절 중 세 번째로 큰 변위)

### 4. 3. 감정 요소가 적용된 모션 HRI 디자인 제작

앞서 정의한 해석법을 적용하여 카페로봇의 모션 HRI 디자인을 제작하였다. 제작은 Blender에서 협동로봇의 각 링크에 Bone을 생성하고 이에 키프레임 애니메이션을 적용하는 방식으로 진행하였으며, 모션 HRI 디자인을 적용할 사례로서 뉴로메카 사의 'INDY7' 협동로봇 모델을 선정하였다. 원점이 되는 기본 자세는 시중의 카페로봇에서 범용적으로 사용되는 형태와 유사하게 지정하였으며, 세부 각도는 [Figure 5]와 같다. 로봇의 기구적 속도 한계는 DOF 1, DOF 2, DOF 3을 150deg/s로, DOF 4, DOF 5, DOF 6을 180deg/s로 규정하였다.

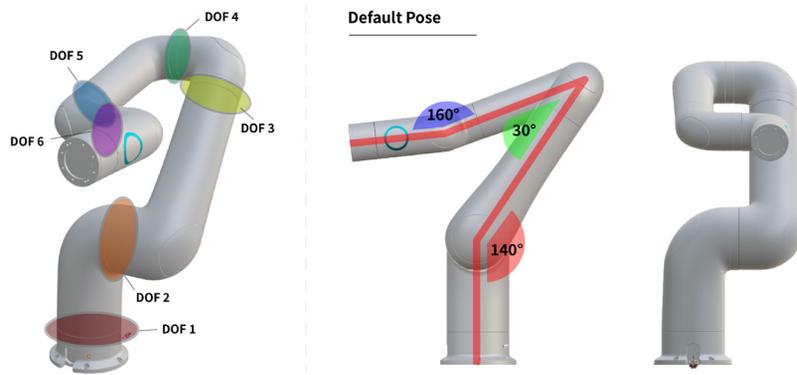


Figure 5 How to derive motion interactions

#### 4. 3. 1. 접객 인사

'접객 인사' 상호작용의 최적 모션은 연기자 G의 데이터이며, 해당 데이터의 해석 결과 이동 시간의 경우 60프레임(2s)으로 확인되었다. 허리를 굽히는 동작이 30프레임(1s), 허리를 펴는 동작이 30프레임(1s)로 확인되었다. 이동 거리 원칙에 따라 허리를 DOF2, 머리를 DOF6에 대응하였다. 이에 따른 회전각과 모션 HRI 디자인은 [Figure 6], 가속도 그래프는 [Figure 7]과 같다.

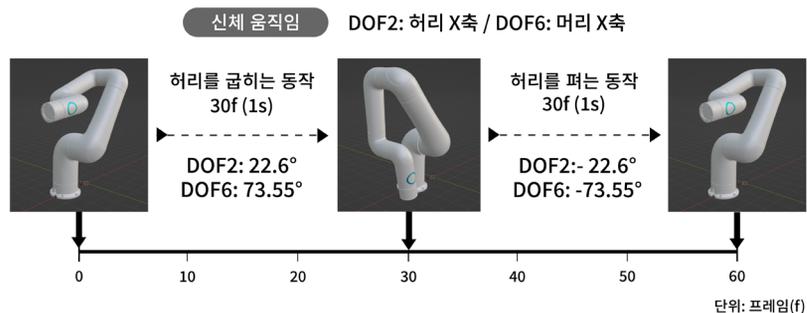


Figure 6 Design a 'Welcome and Goodbye' motion HRI with a 'Grateful' emotion

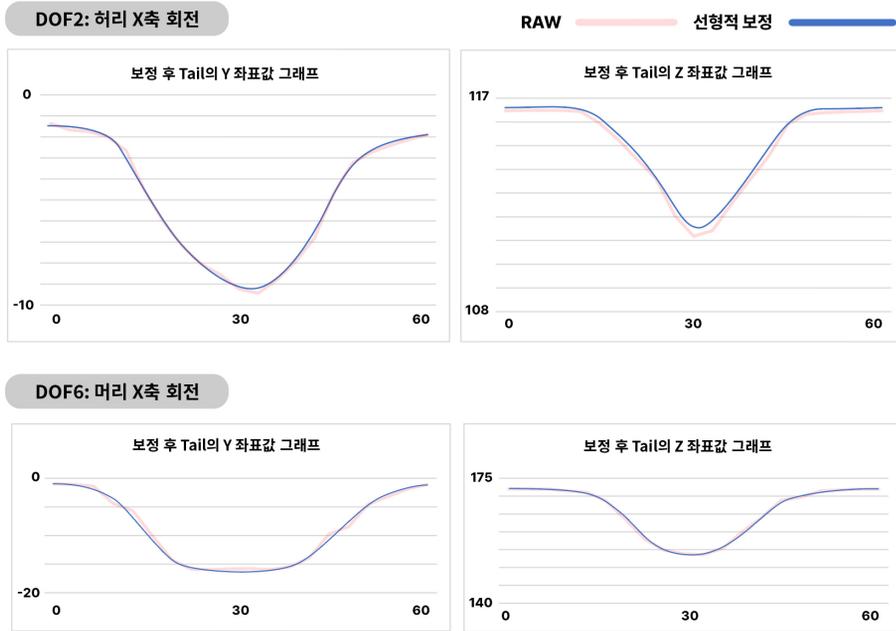


Figure 7 Position Profile for the 'Welcome and Goodbye' motion HRI design

### 4. 3. 2. 대기 인사

‘대기 인사’ 상호작용의 최적 모션은 연기자 B의 데이터이다. 이동 시간의 경우 42프레임(1.4s)으로 확인되었다. 팔을 올리는 동작(15f, 0.5s), 팔을 뺌(8f, 0.26s), 뺌은 팔을 거두는 동작(10f, 0.33s), 팔을 중간까지 내리는 동작(4f, 0.13s), 팔을 완전히 내리는 동작(5f, 0.16s)으로 구성된다.

이동 거리 원칙에 따라 팔 상박을 DOF4, 팔 하박을 DOF6에 대응하였다. 하박 모션에서 팔을 뺌은 동작, 팔을 완전히 내리는 동작이 로봇의 물리적 한계를 초과하였으며, 상박 모션에서는 팔을 완전히 내리는 동작이 로봇의 물리적 한계를 초과하였다. 이에 따라 하박 모션에서 팔을 뺌은 동작은 1.1배, 팔을 완전히 내리는 동작은 2.75배 느리게 적용하였다. 상박 모션에서 팔을 완전히 내리는 동작은 1.8배 느리게 적용하였다. 이에 따른 회전각과 모션 HRI 디자인은 [Figure 8], 가속도 그래프는 [Figure 9]와 같다.

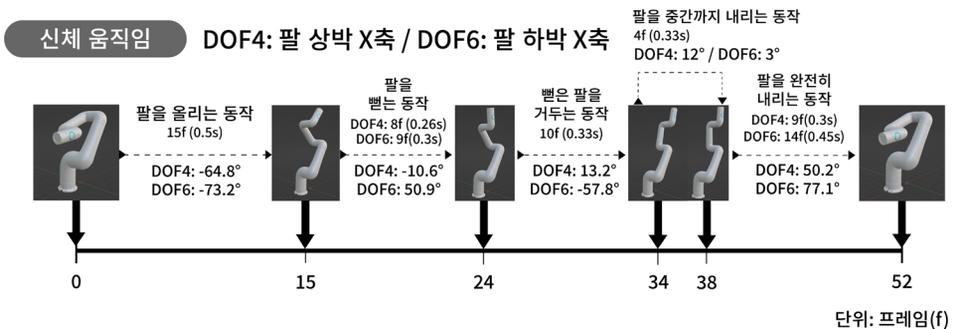


Figure 8 Design a 'Please waiting' motion HRI with a 'Balanced' emotion

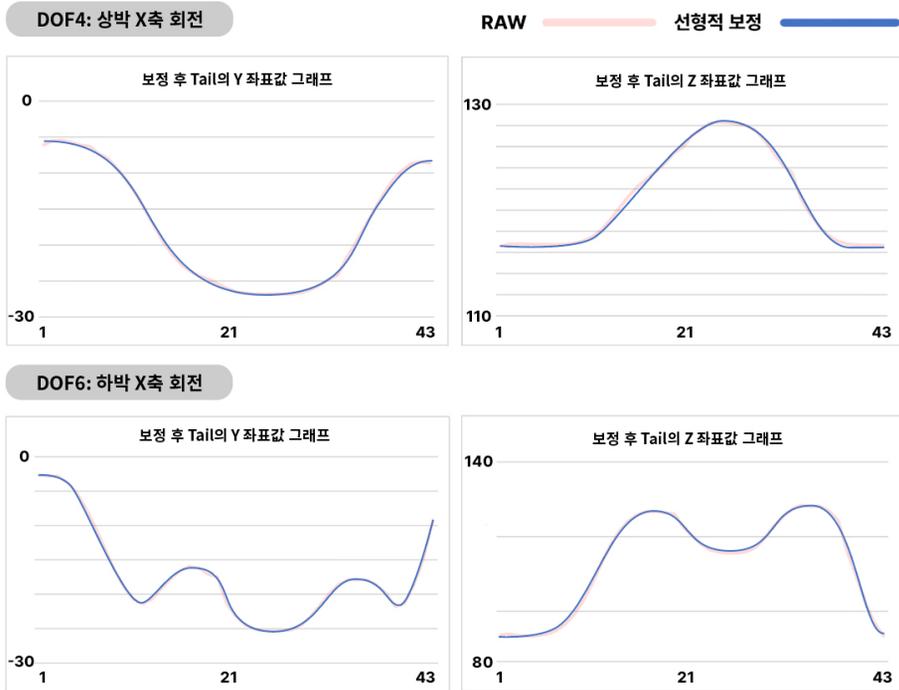


Figure 9 Position Profile for the 'Please waiting' motion HRI design

### 4. 3. 3. 침출 중 대기 상호작용

‘침출 중 대기 상호작용’의 최적 모션은 연기자 B의 데이터이다. 이동 시간의 경우 172프레임(5.7s)로 확인되었다. 연기자 B의 실험 촬영 영상을 저속 분석한 결과 팔을 앞뒤로 흔드는 동작(30프레임, 1s)을 5회 반복하는 것으로 확인되었다. 팔을 앞으로 드는 동작(15프레임, 0.5s)과 동일한 궤도와 속도로 반전 운동하는 팔이 돌아오는 동작(15프레임, 0.5s)을 합쳐 1회 동작, 5회 반복 운동으로 구성하였다.

이동 거리 원칙에 따라 팔 상박을 DOF4, 팔 하박을 DOF6에 대응하였으며 이에 따른 각 회전각과 모션 HRI 디자인은 [Figure 10], 가속도 그래프는 [Figure 11]과 같다.

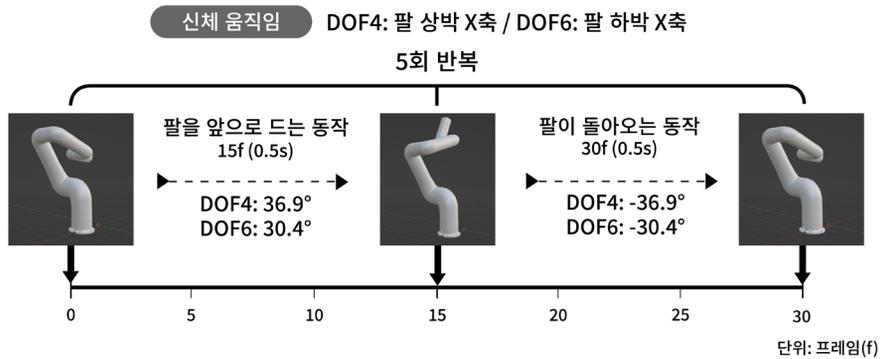


Figure 10 Design a 'Making coffee' motion HRI with a 'Calm' emotion

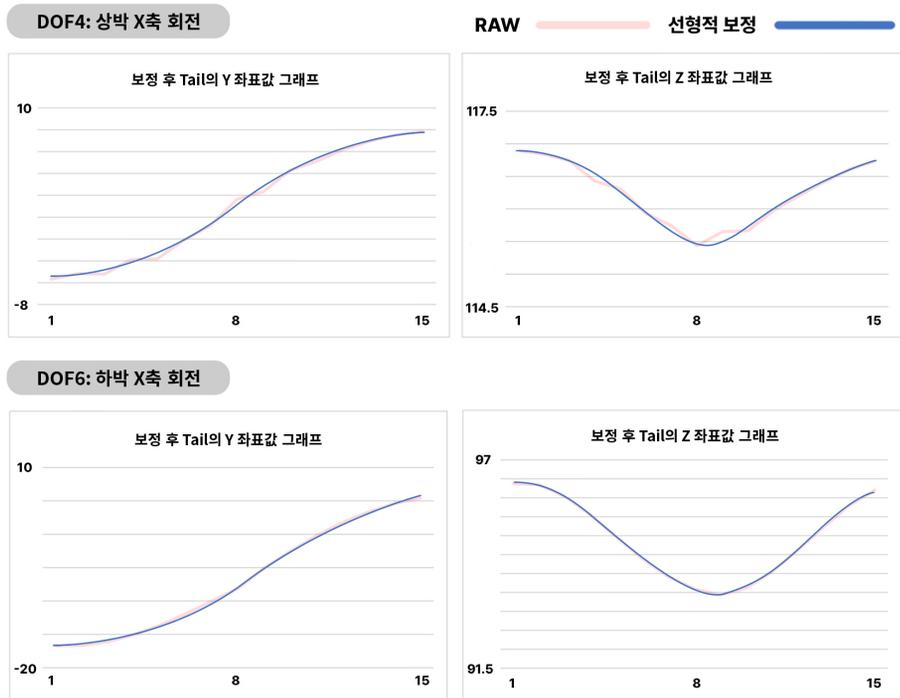


Figure 11 Position Profile for the 'Making coffee' motion HRI design

#### 4. 3. 4. 음료 제공 안내 인사

‘음료 제공 안내 인사’ 상호작용의 최적 모션은 연기자 C의 데이터이다. 이동 시간의 경우 51프레임(5.7s)으로 확인되었다. 연기자 C의 실험 촬영 영상을 지속 분석한 결과 고개는 움직이지 않은 채 허리를 숙이고 펴는 동작을 1회 수행하는 것으로 파악하였다. 따라서 허리를 숙이는 동작(25프레임, 0.82s)과 동일한 궤도와 속도로 반전 운동하는 허리를 펴는 동작(25프레임, 0.82s)을 1회 운동하도록 구성하였다.

이동 거리 원칙에 따라 허리 X축을 DOF2에 대응하였다. 이에 따른 회전각과 모션 HRI 디자인은 [Figure 12], 가속도 그래프는 [Figure 13]과 같다.

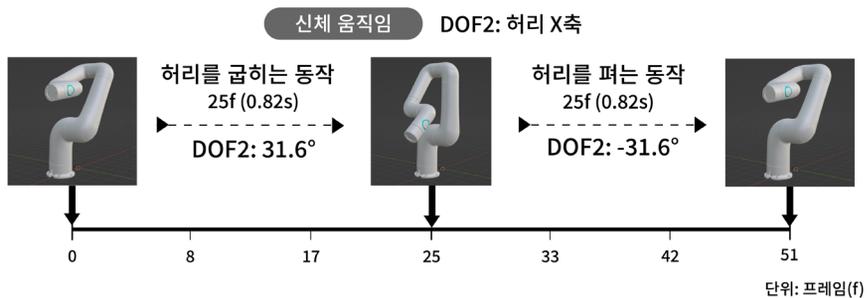


Figure 12 Design a 'Serving notifications' motion HRI with a 'Pleased' emotion

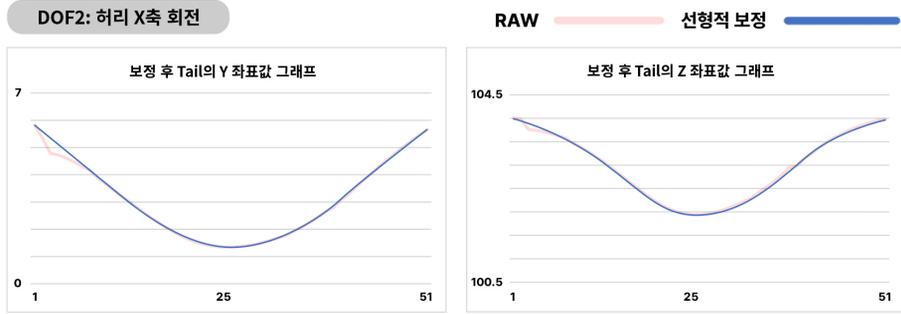


Figure 13 Position Profile for the 'Serving notifications' motion HRI design

## 5. 가상현실을 활용한 사례연구 및 실험

### 5. 1. 가상현실 실험 환경 구성

개발한 모션 HRI 디자인이 유의미한 선호도 상승을 일으키는지 검증하기 위하여 가상현실을 기반으로 하는 선호도 평가 실험을 계획하였다. 실험 환경은 소셜 게임 VRChat을 활용하여 구성하였으며, Unity 엔진에서 VRChat 전용 GUI 기반 프로그래밍 언어 Udon을 통해 개발하였다. [Figure 14]와 같이 오피스 환경에서 운용되는 카페로봇의 서비스 프로세스를 구현하였으며 피험자는 상호작용 버튼을 눌러 카페로봇의 서비스 과정을 체험할 수 있다.

카페로봇 서비스 프로세스에서 키오스크의 최초 인식과 주문, 결제 과정은 트리거 버튼을 클릭하는 단일 행동으로 대체되었다. 체험 과정 중 몰입감 조성을 위해 카페로봇의 서비스 프로세스와 실제 카페로봇의 서비스 촬영 영상을 참조하여 녹음한 안내 음성이 함께 송출되었다.

실험 환경은 모션 A와 모션 B로 나누어 구현하였다. 모션 A는 앞서 개발한 모션 HRI 디자인이 적용된 카페로봇 서비스 프로세스를 시연하는 모션이며, 모션 B는 개발한 모션 HRI 디자인을 적용하지 않고 서비스 프로세스에 입각하여 기능적인 모션만을 시연한다. 두 모션의 타임라인은 각각 [Figure 15], [Figure 16]과 같다. 시연 영상을 확인할 수 있다. (<https://youtu.be/11o8wxjZCzM>)



Figure 14 Virtual Reality Experimentation Environment

## 키오스크 인식 (트리거 ON)

### 접객 인사

안녕하세요.  
주문하실 메뉴를 선택해주세요.



카드를 삽입하고 기다려주세요.

### 대기 인사

감사합니다. 카드를 빼주시고  
번호를 불러드릴때까지  
기다려주세요.



[아메리카노 제조 과정]



### 추출 중 대기 상호작용



[아메리카노 제조 완료, 서빙]



### 음료 제공 안내 인사

650번 고객님의 주문하신 음료  
나왔습니다. 빨대와 뚜껑을  
챙겨주세요.



### 접객 인사

이용해 주셔서 감사합니다.  
안녕히 가세요.



## 서비스 종료 (트리거 OFF)

Figure 15 Timeline for Motion A(Motion HRI applied)

## 키오스크 인식 (트리거 ON)

### 접객 인사

안녕하세요. 주문하실 메뉴를 선택해주세요.

카드를 삽입하고 기다려주세요.

### 대기 인사

감사합니다. 카드를 빼주시고 번호를 불러드릴때까지 기다려주세요.

[아메리카노 제조 과정]



### 추출 중 대기 상호작용

[아메리카노 제조 완료, 서빙]



### 음료 제공 안내 인사

650번 고객님. 주문하신 음료 나왔습니다. 빨대와 뚜껑을 챙겨주세요.

### 접객 인사

이용해 주셔서 감사합니다. 안녕히 가세요.

## 서비스 종료 (트리거 OFF)

Figure 16 Timeline for Motion B (Motion HRI not applied)

## 5. 2. 실험 진행 및 결과

본 실험은 Meta 사의 VR HMD ‘Meta Quest 2’를 VR 인터페이스로 사용하였다. 사용자가 VR HMD를 착용한 뒤 카페로봇 서비스 시나리오를 기반으로 제작된 카페로봇의 서비스 시연을 확인하도록 하였다. 이후 이에 대한 선호도를 평가하였다.

피실험자는 20대의 일반인 10명(남성 3명, 여성 7명)으로 구성되었으며, 실험 시작 전 VR HMD의 기본적인 조작 방법을 숙지하도록 하였다. 이후 모션 HRI 디자인이 반영된 카페로봇 서비스 프로세스 시연(모션 A)과 모션 HRI 디자인이 반영되지 않은 카페로봇 서비스 프로세스 시연(모션 B)을 순차적으로 경험하고 각 모션에 대한 선호도를 7점 척도로 평가하였다.

평가 결과 개발한 모션 HRI 디자인이 적용된 카페로봇(모션 A)은 평균 6.1점의 선호도를 보였으며, 개발한 모션 HRI 디자인이 적용되지 않고 기능 구현만이 적용된 카페로봇(모션 B)은 평균 4.0점의 선호도를 보였다. 대응표본 T-Test 결과 t-value는 -7.993, p-value 값은 0.0000002로 나타났으며, 전체 평균에 대한 표준편차는 1.986으로 나타났다. 분석 결과를 통해 모션 HRI 반영 전후의 선호도 차이가 유의수준 99% 내에서 유의함을 알 수 있었다. 이를 통해 VR에서의 모션 HRI 디자인 구현으로 하여금 로봇과 사용자 간의 유의미한 감성적 소통이 가능함을 확인하였다.

**Table 8** Evaluation Café robot's service demonstration preferences

	응답 점수										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
모션 A	6	7	7	6	3	7	7	5	6	7	6.1
모션 B	4	5	6	3	2	5	4	3	4	4	4.0

## 6. 결과 및 향후 연구과제

본 연구의 목적은 비휴머노이드 타입의 카페로봇의 최적 모션 HRI 디자인을 개발하는 것이다. 또한 이를 위해 카페로봇과 바리스타의 서비스 프로세스를 비교하여 카페로봇에 적용할 수 있는 상호작용을 파악하였다.

이후 앞서 파악한 상호작용을 대상으로 연기자에 의한 재연 실험을 진행하였으며, 연기자의 움직임에서 느껴지는 감정 요소별 감정 강도를 동영상 평가를 통해 비교하였다. 이를 통해 모션 HRI 디자인에 적합한 감정 요소를 높은 강도로 표현하는 최적 모션을 도출하였다.

또한 이 과정에서 모션 캡처 장비를 통해 최적 모션에 대한 모션 캡처 데이터를 획득하였다. 그리고 인간의 모션 캡처 데이터를 협동로봇에 적용하기 위하여 데이터 적용 원칙을 수립하였다. 원칙이 적용된 데이터를 모션 HRI 디자인에 적용하여 감정 요소가 적용된 카페로봇의 모션 HRI 디자인을 개발하였다.

마지막으로 VRChat 플랫폼을 통해 선호도 평가에 사용할 VR 프로토타이핑 환경을 제작하였다. 그리고 몰입형 환경 내에서 카페로봇의 모션 HRI 디자인을 구현하고 선호도를 평가하였다. 이를 통해 높은 비용과 시간이 소모되는 실제 로봇을 활용한 프로토타이핑이 아닌 VR 프로토타이핑을 통해서도 모션 HRI 디자인의 유의미한 평가를 수행할 수 있다는 가능성을 확인하였다.

본 연구는 모션 캡처를 활용하여 감정 요소를 표현하는 인간과 최대한 유사한 움직임을 구현하는 방향으로 비휴머노이드 서비스 로봇의 모션 HRI 디자인 개발을 시도하였다는 것에 의미가 있다. 본 연구의 대상인 카페로봇과 같은 서비스 로봇을 사용하고자 할 때, 업무의 효율성을 위해 특정 HRI 요소를 표현하지 못하는 구조의 로봇을 사용하는 경우가 존재한다. 이러한 제약된 설계에서도 로봇과 고객이 충분히 감정적인 교류를 할 수 있다면 로봇의 서비스 품질에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이라고 기대한다.

하지만 본 연구에서는 전자파에 민감한 모션 캡처 장비의 기술적 문제로 인해 카페에서 모션 캡처를 사용하지 못하였다. 이로 인해 바리스타를 직접 실험에 참여시키지 못하고 전자파와 격리된 장소에서 연기자의 모션 캡처를 통해 모션 데이터를 도출하였다는 한계점이 있다. 또한 최적 모션 도출과 모션 HRI 선호도 평가에 참여한 피실험자의 수가 적기 때문에, 향후 연구에서는 실제 바리스타의 연구 참여를 유도하고 더 많은 피실험군을 확보하여 이러한 한계점을 개선한 연구를 진행할 필요가 있다.

또한 본 연구를 바탕으로 향후 HRI 디자인 개발에 있어 VR 프로토타이핑을 더욱 적극적으로 고려할 수 있을 것이다. Udon과 같이 GUI와 노드에 기반하는 개발 환경은 디자이너들의 개발 진입 장벽을 낮추며, 애니메이션과 음성 송출 등의 구성 요소로 충분한 몰입감을 부여할 수 있었다. 다만 본 연구에서는 모션 캡처 데이터를 정량적으로 반영하였기 때문에 디자이너가 창의적이고 다양한 모션 HRI 디자인을 개발하는 데 직접적으로 적용하기에는 어려움이 있었다. 향후 연구에서는 이러한 정량적인 방법을 유연하게 개선하여 디자이너의 창의적 요소를 반영한 모션 HRI 디자인을 개발하고자 한다.

## References

1. ABOUT. (n.d.). BOTBOTBOT. <https://botbotbot.kr/about>
2. Aristidou, A., & Chrysanthou, Y. (2013). Motion indexing of different emotional states using LMA components. In *SIGGRAPH Asia 2013 Technical Briefs* (pp. 1-4).

3. Bae, T. (2013). *A study on application of motion capture equipment about the creation for stable operation of Android robot*. (Master's thesis). Available from RISS. (Access Date. 2023.12.20.15:26:25)
4. Baek, B. (2020). *Food-Tech Robot Trends*. KIRIA.
5. Bartenieff, I., & Lewis, D. (2013). *Body movement: Coping with the environment*. Routledge.
6. Cha, E., Kim, Y., Fong, T., & Mataric, M. J. (2018). A survey of nonverbal signaling methods for non-humanoid robots. *Foundations and Trends® in Robotics*, 6(4), 211–323.
7. Hong, S. (2022). *Robot design practice*. Unpublished book.
8. Iwasaki, M., Zhou, J., Ikeda, M., Kawamura, T., & Nakanishi, H. (2018, August). A customer's attitude to a robotic salesperson depends on their initial interaction. In *2018 27th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN)* (pp. 300–305). IEEE.
9. Jeong, H. (2023). *A study on the development of facial expression design for building advanced models of robot emotions : Focused on the application of autonomous quarantine robots based on HRI*. (Master's thesis). Available from RISS. (Access Date. 2023.12.15.13:28:23)
10. Knight, H., & Simmons, R. (2016). Laban head-motions convey robot state: A call for robot body language. In *2016 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 2881–2888). IEEE.
11. Laban, R. V. (1975). *Modern educational dance*.
12. Lu, D. V., Pileggi, A., & Smart, W. D. (2011, July). Multi-person motion capture dataset for analyzing human interaction. In *Proc. of Workshop on Human-Robot Interaction (RSS)*.
13. Marc, B. (2020). *Permission to Feel*. Seoul: Booklife.
14. Meet Servi. (n.d.). *Bear Robotics*. <https://www.bearrobotics.ai/servi>
15. Tuyen, N. T. V., Jeong, S., & Chong, N. Y. (2018, October). Emotional bodily expressions for culturally competent robots through long term human-robot interaction. In *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 2008–2013). IEEE.
16. Scherer, K. R., Bänziger, T., & Roesch, E. (Eds.). (2010). *A Blueprint for Affective Computing: A sourcebook and manual*. Oxford university press.
17. Service. (n.d.). *Beat Corp*. <https://www.beatcorp.io/pc/static/service>
18. Solutions. (n.d.). *COSTA COFFEE*. <https://briggo.com/solutions/>
19. Zheng, K., Glas, D. F., Kanda, T., Ishiguro, H., & Hagita, N. (2013). Designing and implementing a human-robot team for social interactions. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 43(4), 843–859.
20. Hyundai D1 Mini. (n.d.). HYUNDAI ROBOTICS. [https://service.hyundai-robotics.com/product\\_descriptions/hyundai\\_d1\\_mini](https://service.hyundai-robotics.com/product_descriptions/hyundai_d1_mini). <https://www.kyongbuk.co.kr/news/articleView.html?idxno=2038119>
21. Wei, Y., & Zhao, J. (2016). Designing robot behavior in human robot interaction based on emotion expression. *Industrial Robot: An International Journal*, 43(4), 380–389.
22. La Viola, C., Fiorini, L., Mancioffi, G., Kim, J., & Cavallo, F. (2022, August). Humans and robotic arm: Laban movement theory to create emotional connection. In *2022 31st IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 566–571). IEEE.

# 카페서비스로봇의 최적 모션 HRI 디자인 개발에 관한 연구

정현수<sup>1</sup>, 홍성수<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국공학대학교 대학원 산업디자인공학과, 석사과정, 시흥, 대한민국

<sup>2</sup>한국공학대학교 디자인공학부, 교수, 시흥, 대한민국

## 초록

**연구배경** 협동로봇과 같은 비휴머노이드 타입의 로봇은 인간과 유사한 감정 표현이 어렵기 때문에 적절한 HRI 디자인 개발이 필수적이다. 하지만 HRI 디자인을 물리적으로 프로토타이핑하기 위해서는 높은 수준의 공학 지식을 요하며 높은 개발 비용을 부담해야 한다는 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 비휴머노이드 서비스 로봇의 일종인 카페로봇의 모션 HRI 디자인을 감정적 요소에 중점을 두어 개발하였다. 그리고 개발한 HRI 디자인을 평가하는 과정에서 VR 프로토타이핑의 활용 가능성을 파악하였다.

**연구방법** 카페로봇과 바리스타의 서비스 프로세스를 비교하여 모션 HRI 디자인을 적용할 상호작용을 도출하였으며, 연기자에 의한 재연 실험을 통해 개발에 필요한 감정 요소를 파악하였다. 감정 요소를 가장 적절히 표현한 연기자의 움직임을 모션 캡처 장비를 통해 습득하였다. 그리고 협동로봇에 연기자의 움직임을 적용하기 위한 원칙을 세우고 모션 HRI 디자인 개발에 적용하였다. 개발한 모션 HRI를 평가하기 위해 VR 프로토타이핑 환경을 구성하여 선호도를 평가하였다.

**연구결과** 카페로봇의 모션 HRI 디자인은 재연 실험과 모션 캡처를 통해 도출한 감정 요소와 운동학적 요소를 바탕으로 개발되었다. VR 프로토타이핑을 통한 선호도 평가 결과 감정 요소가 반영된 모션 HRI 디자인의 선호도가 더 높은 것을 확인하였다.

**결론** 본 연구에서는 비휴머노이드 타입의 카페로봇의 최적 모션 HRI 디자인을 개발하였다. 비휴머노이드 타입이라도 로봇과 고객이 원활한 인터랙션을 한다면 로봇의 서비스 품질에도 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것이다. 또한 VR 프로토타이핑 환경을 구성하고, 이를 통해 손쉽게 모션 HRI 디자인을 평가할 수 있는 가능성을 확인하였다. 이는 모션 HRI 디자인을 개발하는 디자이너 입장에서 VR 프로토타이핑이 새로운 방향성이 될 수 있음을 시사한다.

**주제어** HRI(Human-Robot Interaction), 모션 디자인, 카페로봇, 가상현실

본 연구 논문은 2024년 산업통상자원부의 디자인혁신역량강화 사업 지원을 받아 수행하였음. (과제번호 20023745)

\*교신저자: 홍성수 (hss@tukorea.ac.kr)