

# 사회적 및 기능적 상호작용의 균형: 가정용 로봇의 설계 및 사용자 평가

Balancing Social and Functional Interactions: Design and User Evaluation of Domestic Robot

소속

홍익대학교 HIDE LAB

서송아, 홍익대학교 일반대학원 기계공학과

이지연, 홍익대학교 시각디자인전공

하경민, 홍익대학교 디자인컨버전스학부

유수연, 홍익대학교 목조형가구학과

장윤아, 홍익대학교 디자인컨버전스학부

최민준, 홍익대학교 디자인컨버전스학부

박기철(교신저자), 홍익대학교 기계시스템디자인공학과 교수

# 01 연구 배경

최근 가정용 로봇 시장은 기능 중심형 로봇과 소셜 로봇으로 양분화되고 있으며, 선행 연구들은 사용자가 두 기능을 모두 포함하는 통합형 로봇을 기대한다는 것을 밝혔다. 그러나 현재 시장에는 두 요소를 성공적으로 통합한 로봇이 부족하며, 순수 소셜 로봇들의 시장 실패가 이를 뒷받침한다. 본 연구는 이러한 배경 하에 기능적-사회적 상호작용 비율에 따른 사용자 만족도의 변화 양상을 체계적으로 분석하고, 두 기능이 서로에게 미치는 상호작용 효과를 규명하여 효과적인 통합형 가정용 로봇 설계를 위한 실증적 근거를 제공하고자 한다.

## 가정용 로봇의 양분화 현상

가정용 로봇의 경우, 기능 중심형 로봇과 소셜 로봇으로 양분화가 뚜렷하게 나타난다.

### 소셜 로봇(Social Robot)

AI 어시스턴트, 정서적 지지 (비물리적 업무)



Kuri

감정 교류  
홈 어시스턴트



Jibo

대화형 소통  
홈 어시스턴트



labrador

물건 운반  
돌봄 지원



Codezero m9

실내 청소  
자율주행

## 통합형 홈로봇의 필요성

선행 연구를 종합해보면, 사용자가 기대하는 로봇은 사회적 상호작용과 기능적 상호작용을 모두 포함하는 통합형 로봇이다

### **Mahdi et al. (2022)**

344개 소셜 로봇 분석 결과, 사회적 상호작용에 중점을 두고 있지만 실용적인 가정 업무 수행에는 한계점 존재함.

### **Gao et al. (2025)**

소비자들이 소셜 로봇에서 사회적 기능뿐만 아니라 집안일과 같은 기능적 지원과 실용적 이익을 동시에 기대함.  
그러나 현재로서는 두 기능을 모두 충족하는 로봇의 수는 적음.

### **Young et al. (2009)**

기술적 완성도만으로는 가정용 로봇의 수용을 보장할 수 없으며, 로봇의 기술적 능력과 사회적 지능이 함께 고려되어야 함.

## 02 연구 모형

기존 연구들은 사회적 상호작용과 기능적 상호작용을 독립적으로만 분석했으며, 두 요소의 최적 비율과 상호 가중 효과에 대한 실증 연구가 부재했다. 이에 본 연구에서는 사회적-기능적 상호작용 비율(4S0F~0S4F)에 따른 사용자 만족도 변화 패턴을 체계적으로 분석하고, 두 상호작용 요소 간의 상호 가중 효과를 규명하여 통합형 로봇 설계를 위한 구체적 전략을 제시하고자 한다.

## 연구 가설

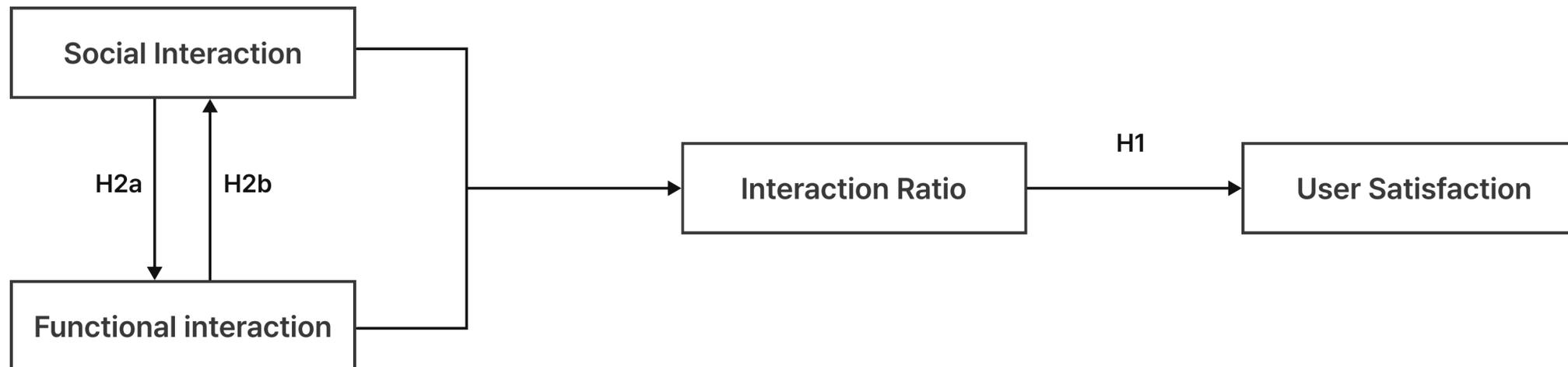
H1: 소셜 인터랙션과 기능적 인터랙션이 균형 잡혔을 때 사용자 만족도가 높을 것이다.

H2: 소셜 인터랙션과 기능적 인터랙션은 서로 가중 효과를 나타낼 것이다.

- H2a: 사회적 상호작용 요소가 기능적 상호작용 만족도에 정적 상호작용 효과를 줄 것이다.

- H2b: 기능적 상호작용 요소가 사회적 상호작용 만족도에 정적 상호작용 효과를 줄 것이다.

### 연구 모형



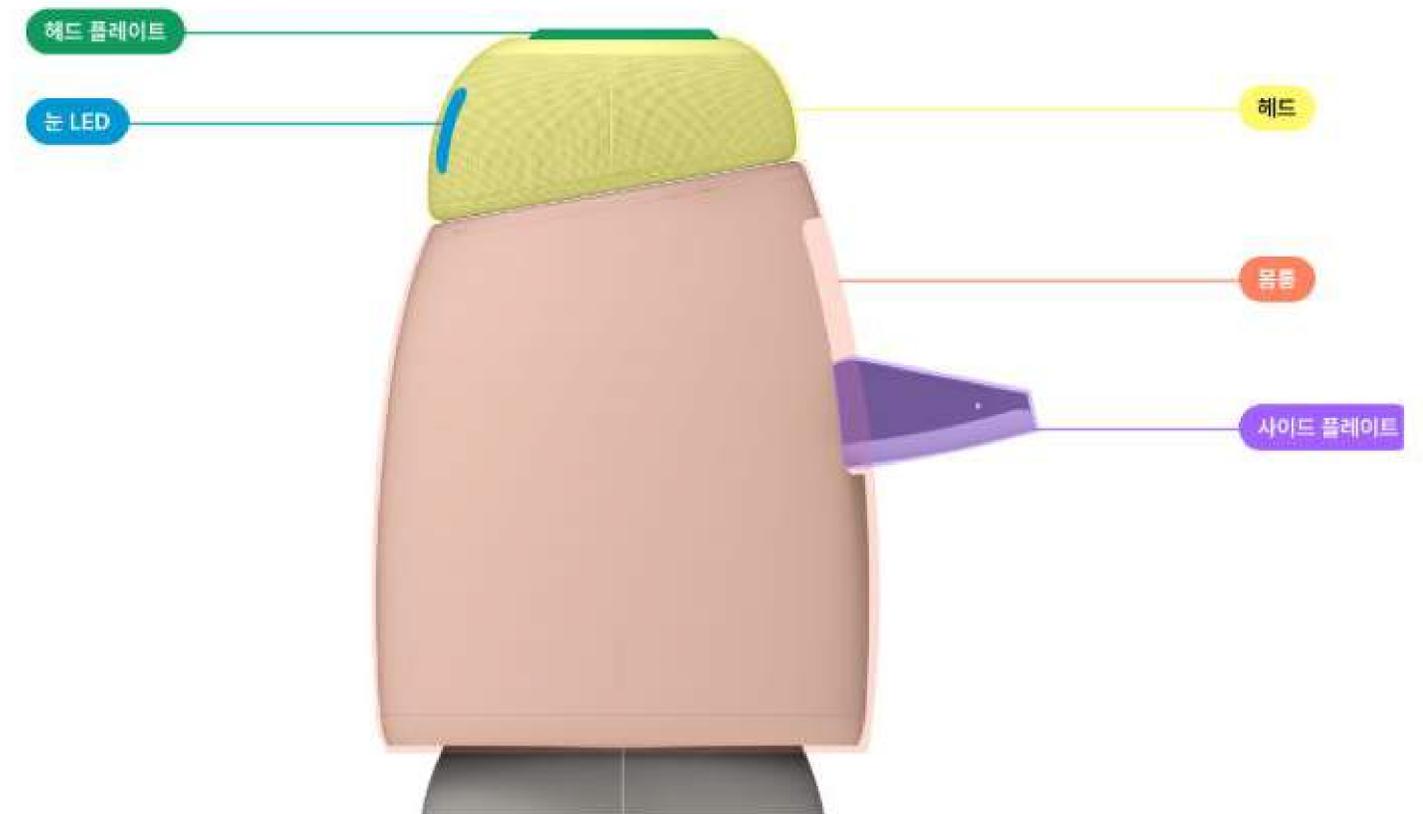
## 03 연구 방법

본 연구는 사회적-기능적 상호작용을 모두 수행 가능한 로봇 프로토타입 "HOBBI"를 제작하고, 상호작용 비율을 5단계로 조작한 시나리오(0S4F, 1S3F, 2S2F, 3S1F, 4S0F)를 설계했다.

사용자평가는 온라인 설문지를 활용해 진행했으며, 각 시나리오에 대한 영상 시청 후 9점 리커트 척도로 소셜·기능적·전반적 만족도를 측정했다. 외부 변수 통제를 위해 실제 로봇 대신 사전 촬영된 영상을 활용했다.

## 로봇 프로토타입 제작: HOBBI

Hobbi는 가정 내에서 사용자와 사회적 상호작용이 가능하며 동시에 기능적 역할을 수행하기 위해 고안된 로봇으로, 눈 표정, 바디 움직임 등으로 감정 표현이 가능하며, 집안 내 가전과 연동하여 간단한 가사노동 수행이 가능한 홈로봇이다.



## 로봇 프로토타입 제작: HOBBI

HOBBI는 사용자와 사회적 상호작용이 가능하며 동시에 기능적 역할을 수행할 수 있도록 디자인되었다.

### Functional Purpose

기능적 상호작용 목적

- Side Plate: 물건 받기 및 전달
- Head Plate: (소형)물건 옮기기

### Social Purpose

사회적 상호작용 목적

- 헤드 움직임을 통한 시선 유도 및 정서 표현
- 눈 LED를 통한 구체적 감정 표현



# 시나리오 디자인

선행 소셜-기능적 상호작용 시나리오는 기존 연구에서 확인된 사용자 선호도와 로봇의 표현적 행동의 중요성을 반영하여 선정하고 이를 조합하여 4S0F에서 0S4F 까지 총 5개의 시나리오를 제작하였다.

## 사회적 상호작용 시나리오



## 기능적 상호작용 시나리오



## 시나리오 디자인

선행 소셜-기능적 상호작용 시나리오는 기존 연구에서 확인된 사용자 선호도와 로봇의 표현적 행동의 중요성을 반영하여 선정하고 이를 조합하여 4S0F에서 0S4F 까지 총 5개의 시나리오를 제작하였다.

| 시나리오 비율 | 시나리오 구성        | 설명                                     |
|---------|----------------|--|
| 4S:0F   | S1, S2, S3, S4 | 사회적 상호작용 시나리오만 존재                      |
| 3S:1F   | S1, S3, S4, F1 | 사회적 상호작용 시나리오에 1개의 간단한 기능 수행 시나리오 추가   |
| 2S:2F   | S1, S3, F2, F4 | 기능 수행 시나리오와 사회적 상호작용 시나리오 비율이 균형있게 조합됨 |
| 1S:3F   | F1, F2, F3, S1 | 기능 수행 시나리오에 1개의 간단한 사회적 상호작용 시나리오 추가   |
| 0S:4F   | F1, F2, F3, F4 | 기능적 상호작용 시나리오만 존재                      |

## 설문지 설계

참가자들의 로봇에 대한 인식을 다차원적으로 평가하기 위해 기존 HRI 연구의 검증된 측정 도구들을 참고하였다.

소셜, 기능적, 전반적 만족도 측면을 각각 3문항씩 총 9문항으로 구성된 사용자 평가 설문지를 개발하였으며, 모든 문항은 9점 리커트 척도로 측정하였다.

(1)소셜 측면의 평가를 위해서는 Chen et al. (2023)의

로봇 사회적 존재감 측정 연구를,

(2)기능적 측면의 평가를 위해서는 Schneiders et al.

(2021)과 Pham et al. (2017)의 가정용 로봇 사용성 연

구 및 Davis (1989)의 기술수용모델(Technology

Acceptance Model)을 참고하였다.

### Social Dimension

- "이 로봇이 나에게 관심을 가지고 있다고 느낀다."
- "이 로봇이 나의 기분에 영향을 주는 것 같다."
- "이 로봇이 내 마음을 잘 이해하는 것 같다."

### Functional Dimension

- "이 로봇이 일상생활에 도움이 될 것 같다."
- "이 로봇을 사용하기 쉬울 것 같다."
- "이 로봇에게 원하는 일을 시키기 쉬울 것 같다."

### Overall

- "이런 로봇을 집에 두고 싶다"
- "주변 사람들에게 이 로봇을 추천하고 싶다"
- "사람들이 이 로봇을 흥미로워 할 것 같다"

## 사용자 평가 프로세스

앞서 설명한 연구 설계를 바탕으로 다음과 같은 프로세스로 사용자 평가를 진행했다.

### 시나리오 영상 시청

영상 기반 시뮬레이션 방식

실험은 실제 로봇을 이용하되, 로봇 프로토타입과 실시간 상호작용에서 발생할 수 있는 외부 변수를 통제하기 위해 영상 기반 시뮬레이션 방식을 활용함

### 시나리오별 평가

9문항, 9점 리커트 척도

총 5가지 시나리오에 대해 세 가지 차원 (사회적, 기능적, 종합)에 대한 사용자 만족도를 리커트 척도로 측정함

### 정성 인터뷰

주관적 의견 수집

모든 시나리오 평가 완료 후 정성 평가를 진행하여 시나리오별로 사용자들이 느낀 주관 응답을 수집함



## 04 실험 결과

본 연구의 가설을 검증하기 위해 상호작용 비율에 따른 사용자 만족도 변화를 분석하는 사용자 평가 실험을 진행했으며, 총 56명의 응답을 수집했다. 실험 결과 분석은 반복측정 분산분석 (Repeated Measures ANOVA), 다항 대비 분석(Polynomial Contrast Analysis), 다중회귀분석(Multiple Regression)을 사용했다. 분석 결과, 균형 잡힌 비율(2S2F)에서 만족도가 최고점을 보이는 역U자형 패턴이 확인되었으며, 사회적 상호작용이 기능적 만족도를 유의미하게 증진시키는 정적 상호작용 효과가 검증되었다.

## 분석 결과 1. 사회적-기능적 상호작용 비율에 따라 사용자 만족도가 달라진다

H1(소셜 인터랙션과 기능적 인터랙션이 균형 잡혔을 때 사용자 만족도가 높을 것이다) 검증을 위해 반복측정 분산분석(ANOVA)분석을 실시했고, 시나리오 간 만족도에 통계적으로 차이가 존재함을 확인했다.

- 1 통계 분석 결과, 시나리오 간 사용자 만족도에 유의한 차이가 존재함 ( $F=35.10, p < 0.001$ )
- 2 이러한 결과는 사회적-기능적 상호작용 비율에 따라 사용자 만족도가 유의하게 달라짐을 의미함
- 3 효과크기는 상호작용 비율이 사용자 만족도 변량의 39%를 설명하는 것을 의미하며, 이는 인터랙션 비율이 사용자 만족도에 실질적으로 중요한 영향을 미친다는 것을 시사함

| Type     | df         | F     | P       | $\eta^2p$ |
|----------|------------|-------|---------|-----------|
| RM ANOVA | 4.0, 220.0 | 35.10 | < 0.001 | 0.390     |

df(degrees of freedom): 변동을 추정하는 데 사용되는 독립적인 값의 개수.

F(F-statistic): 집단 간 평균 차이의 통계적 유의성을 검정하기 위한 통계량

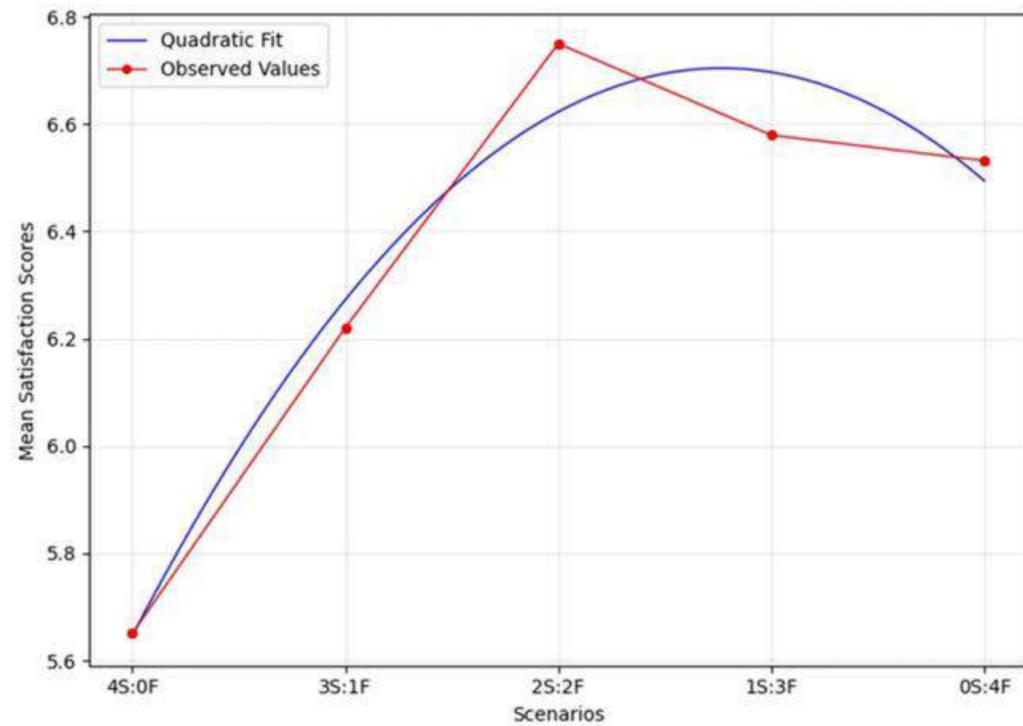
p(p-value): 관찰된 결과가 우연에 의해 발생할 확률

$\eta^2p$ (partial eta squared): 독립변수가 종속변수 분산에 기여하는 비율을 나타내는 효과크기 지표

## 분석 결과 2. 균형 잡힌 비율에서 만족도가 가장 높음을 보이는 역 U자 패턴을 확인했다

H1에서 제시한 "균형 잡힌 비율에서의 만족도가 가장 높을 것이다" 를 확인하기 위해 다항 대비 분석 (Polynomial Contrast Analysis Results)을 진행했고, 분석 결과 유의한 이차 항 관계가 확인되었다.

Polynomial Contrast Analysis Results.



| Polynomial Contrast | t     | p       |
|---------------------|-------|---------|
| Quadric             | 6.972 | < 0.001 |

- 1 통계 분석 결과, 유의한 이차 항 관계가 확인됨 ( $t(55)=6.972, p<0.001$ )
- 2 이는 상호작용 비율에 따른 만족도 변화가 선형이 아닌 곡선 형태이며, 특히 중간 지점에서 높고 양 극단에서 낮은 역 U자 패턴을 의미함
- 3 다항식 대비분석을 통해 확인된 역U자 패턴은 소셜-기능적 요소가 균형을 이룰 때 사용자 만족도가 높을 것이라는 가설과 일치함

### 분석 결과 3. 극단적인 사회적 상호작용 설계는 한계점을 갖는다

다항 대비 분석을 통해 전체적인 역 U자 패턴이 확인되었으나, 구체적으로 어느 시나리오 간에 유의한 차이가 존재했는지 확인하기 위해 추가적으로 Turkey HSD 사후 검정을 실시하였다.

| Group 1     | Group 2 | p-adj | Significant |
|-------------|---------|-------|-------------|
| 4S0F        | 3S1F    | 0.254 | False       |
| <b>4S0F</b> | 2S2F    | 0.001 | True        |
| <b>4S0F</b> | 1S3F    | 0.009 | True        |
| <b>4S0F</b> | 0S4F    | 0.016 | True        |
| 3S1F        | 2S2F    | 0.325 | False       |
| 3S1F        | 1S3F    | 0.703 | False       |
| 3S1F        | 0S4F    | 0.800 | False       |
| 2S2F        | 1S3F    | 0.974 | False       |
| 2S2F        | 0S4F    | 0.937 | False       |
| 1S3F        | 0S4F    | 1.000 | False       |

- ① 분석 결과, 2S2F-4S0F, 1S3F-4S0F, 0S4F-4S0F 간에 유의한 차이가 확인됨
- ② 4S0F와 다른 시나리오 간의 유의한 차이는 극단적인 사회적 상호작용 중심 설계의 한계점을 보여주며, 두 상호작용 요소의 혼합 필요성을 강조함.
- ② 인접한 시나리오들 간 차이가 유의하지 않은 것은 시나리오 비율에 따른 사용자 만족도 변화가 급격하지 않고 점진적임을 보여줌.

## 시나리오 간 정적 상호작용 효과 확인을 위해 다중회귀분석을 수행했다

시나리오 간 정적 상호작용 효과(한 상호작용 요소가 다른 상호작용 요소에 대한 만족도를 증가시키는 효과)를 확인하기 위해 최소제곱법(OLS: Ordinary Least Squares)을 기반으로 한 다중회귀분석을 수행했고, 다음과 같은 회귀 모델을 설정하였다.

### H2a Model

Functional Satisfaction

$$= \beta_0 + \beta_1(\text{Social Count}) + \beta_2(\text{Functional Count}) + \beta_3(\text{Social Count} \times \text{Functional Count}) + \varepsilon$$

### H2b Model

Social Satisfaction

$$= \beta_0 + \beta_1(\text{Functional Count}) + \beta_2(\text{Social Count}) + \beta_3(\text{Functional Count} \times \text{Social Count}) + \varepsilon$$

## 분석 결과 1. 사회적 상호작용은 기능적 상호작용에 정적 상호작용 효과를 준다

H2a 분석 결과, 사회적 상호작용이 기능적 상호작용 만족도에 미치는 가중 효과가 통계적으로 유의미함을 확인했으며, 기능 중심 로봇에도 적절한 소셜 요소를 포함하는 것이 전체적 만족도 향상에 기여함을 시사한다.

- 1 H2a의 회귀모델의 유의성( $R^2 = 0.199, p < 0.001$ )과 모든 계수 의 유의성( $\beta_3 = 0.241, p < 0.001$ )이 모두 확인됨
- 2 사회적 상호작용 수가 많을수록 기능적 상호작용 만족도가 증가했고, 상호작용 계수 역시 유의했음( $\beta_3 = 0.241, p < 0.001$ ).
- 3 이러한 결과를 통해 사회적 상호작용이 기능적 상호작용 만족도에 정적 상호작용 효과를 미치는 것을 확인함

| $R^2$ | F      | p       | $\beta_0$ | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ |
|-------|--------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.199 | 34.306 | < 0.001 | 0.667***  | 1.586***  | 1.081***  | 0.241***  |

**Functional Satisfaction**

= 0.662 + 1.563(Functional Count) + 1.085(Social Count) + 0.260(Social Count × Functional Count) ( $p < 0.001$ )

## 분석 결과 2. 기능적 상호작용이 사회적 상호작용 만족도에 미치는 정적 상호작용 효과는 확인되지 않았다

H2b 분석 결과, 기능적 상호작용이 사회적 상호작용 만족도에 미치는 정적 상호작용 효과는 확인되지 않았으며, 사회적 상호작용 만족도는 기능적 상호작용과는 상대적으로 독립적으로 형성되며, 로봇에 대한 사용자의 정서적 반응은 실용적 성능 보다는 상호작용 자체의 질에 더 의존하는 것으로 해석된다.

- 1 H2b의 회귀모델은 유의하지 않았고 ( $R^2 = 0.016, p = 0.111$ ) 상호작용 계수 모두 유의하지 않았음 ( $\beta_3 = 0.051, p = 0.111$ ).
- 2 기능적 상호작용이 사회적 상호작용 만족도에 정적 상호작용 효과를 미치는 것은 확인되지 않음

| $R^2$ | F     | p       | $\beta_0$ | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ |
|-------|-------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.016 | 2.220 | = 0.111 | 0.658***  | 1.387***  | 1.244***  | 0.051     |

Social Satisfaction

$$= 0.658 + 1.387(\text{Social Count}) + 1.244(\text{Functional Count}) + 0.051(\text{Functional Count} \times \text{Social Count}) (p = 0.111)$$

### 분석 결과 3. 전체 만족도에 있어 기능적 상호작용 요소의 영향력이 더 크다

전체 만족도에 대한 사회적 상호작용과 기능적 상호작용의 상대적 기여도를 정량적으로 분석하기 위해 추가적인 회귀분석을 실시하였고, 사용자들은 로봇 평가 시 기능적 측면을 보다 중요하게 고려함을 확인했다

- 1 기능적 상호작용의 표준화 회귀계수( $\beta = 0.991, t = 18.378, p < 0.001$ )가 사회적 상호작용의 표준화 회귀계수( $\beta = 0.664, t = 12.309, p < 0.001$ )보다 높게 나타났다.
- 2 이와 같은 결과는 종합 사용자 만족도에 있어 기능적 상호작용 요소가 사회적 상호작용 요소의 영향보다 더 크다는 것을 의미하며 로봇 평가 시 기능적 측면을 보다 중요하게 고려함을 시사한다

| $R^2$ | F(2, 277) | p       | $\beta_0$ | $\beta_1$ |
|-------|-----------|---------|-----------|-----------|
| 0.762 | 444.58    | < 0.001 | 0.664***  | 0.991***  |

**User Satisfaction**

$$= 0.664 \times \text{Social Satisfaction} + 0.991 \times \text{Functional Satisfaction}$$

## 05 결론

본 연구는 사회적-기능적 상호작용의 균형이 사용자 만족도 극대화의 핵심임을 실증적으로 입증했다. 실무적으로 기능 중심 로봇에도 적절한 사회적 요소를 추가하면 전체 만족도가 향상되며, 극단적인 소셜 중심 설계는 오히려 만족도를 저해한다는 것을 확인했다. 이는 '기능 기반 + 소셜 보조' 통합 전략의 필요성을 시사한다. 다만 본 연구는 영상 기반 실험과 특정 로봇 형태에 국한되었다는 한계가 있으며, 향후 다양한 로봇 플랫폼과 실제 사용 환경에서의 종단 연구(동일한 대상을 장기간에 걸쳐 반복적으로 조사)가 필요하다.

## Implications

본 연구의 결과는 가정용 로봇 개발 및 상용화 과정에서 활용할 수 있는 구체적인 전략적 로봇 개발 접근법을 제공한다.

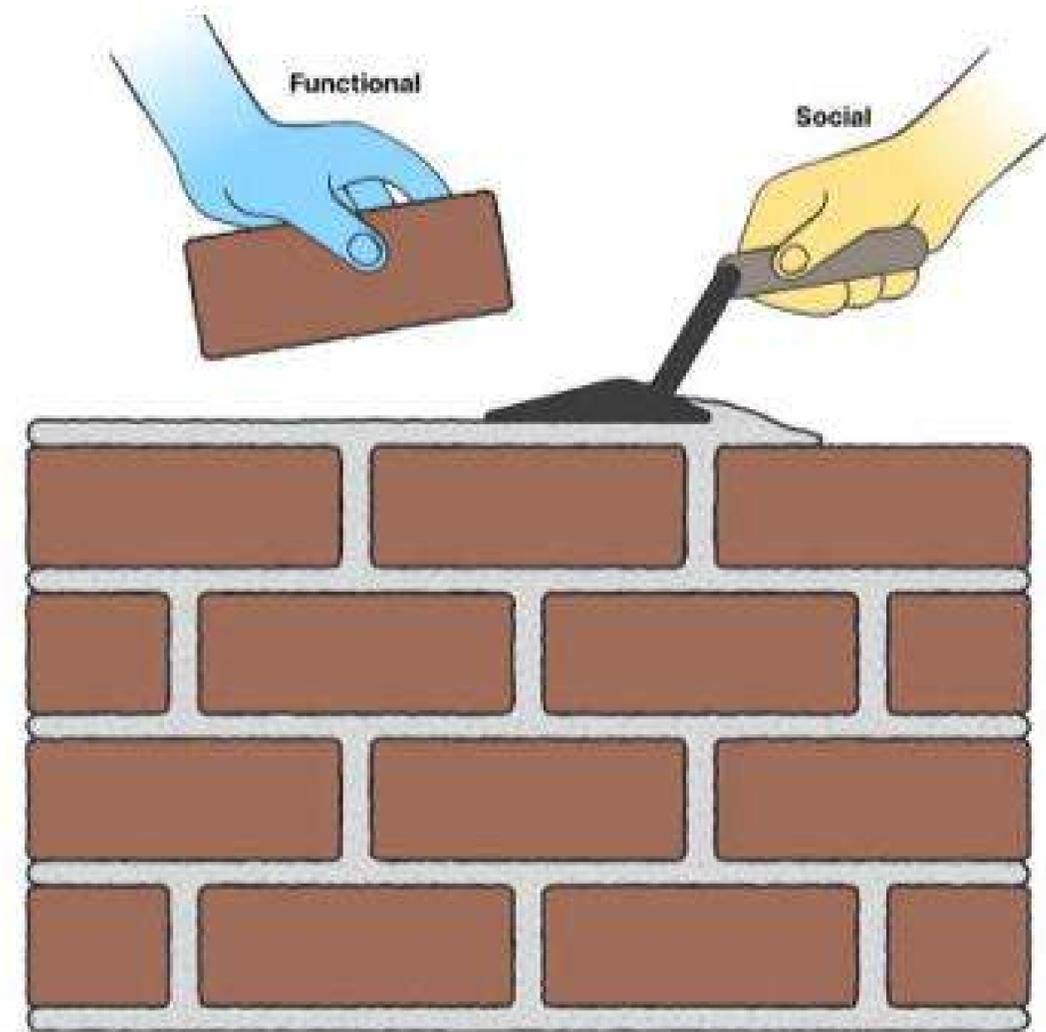
상호작용 설계에 있어 사회적 상호작용과 기능적 상호작용 요소의 비율이 사용자 만족도에 미치는 영향을 실증적으로 분석한 결과, 두 요소의 균형이 가장 높은 만족도를 유도하는 '역 U자형' 패턴이 나타났다. 이는 로봇 개발 시 사회적 상호작용과 기능적 상호작용의 비율을 균형 있게 통합하는 것이 최적의 디자인임을 시사한다. 특히 극단적인 사회적 상호작용 중심 설계(4S0F)는 오히려 사용자 만족도를 저해하는 것으로 나타나, 감정적 교감을 강조하는 컴패니언 로봇이라 하더라도 실용적 기능을 병행 제공해야 한다

사회적 상호작용 요소가 기능적 상호작용 만족도에 미치는 가중 효과는 기능 중심 로봇에도 적절한 소셜 기능 추가가 전체적 사용자 경험을 향상시킨다는 실무적 근거를 제공한다. (예를 들어, 청소 로봇이나 배송 로봇 같은 기능 중심 제품에도 간단한 인사말, 작업 완료 시 감사 표현, 또는 유머러스한 반응 등의 expressive behavior과 같은 사회적 상호작용 요소를 추가하면 사용자의 기능적 만족도까지 높일 수 있다)

## Implications

로봇 개발 전략은 '기능 기반 + 소셜 보조' 접근법을 채택해야 한다. 마치 벽돌 사이에 시멘트를 발라주어 더 견고하게 만들어주듯이 functional interaction 사이에 social interaction을 배치하여 전체 사용자 만족도를 증진시켜주는 접근법이라고 할 수 있다.

본 연구에서 제시하는 로봇 개발 전략(기능 기반 + 소셜 보조' 접근법)은 기능적 요소를 확보한 후 소셜 요소를 단순 추가하는 것이 아니라, 초기 설계 단계부터 두 영역의 시너지를 고려한 통합적 개발을 의미한다.



## Limitations & Future Research

본 연구는 다음과 같은 한계를 가진다.

첫째, 실제 로봇과의 물리적 상호작용이 아닌 영상 기반 평가로 실험이 진행되었기 때문에, 로봇의 크기나 공간적 존재감이 사용자 인식에 충분히 반영되지 않았을 수 있다.

둘째, 본 연구는 특정 형태와 기능을 지닌 로봇을 대상으로 진행되었기 때문에, 연구 결과를 모든 유형의 로봇에 일반화하기에는 제한이 있다. 로봇의 외형, 크기, 이동 방식 등의 특성에 따라 다른 로봇의 최적의 사회적-기능적 상호작용 비율과 상호작용 패턴이 달라질 수 있다.

이러한 한계 점들을 바탕으로 후속 연구에서는 다양한 로봇 플랫폼을 대상으로 한 교차 검증 연구, 실제 사용 환경에서의 종단 연구가 추가적으로 필요하다. 또한 문화적 배경이나 연령대에 따른 차이, 그리고 장기간 사용에 따른 만족도 변화 패턴에 대한 연구도 로봇 상용화를 위한 핵심적인 과제가 될 것이다.