

논문 2024-3-7 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2024.09.07>

메시지 서버 기반의 반려로봇 AAL 서비스 네트워크

강명훈*, 김재웅*†, 김동현**

A Companion Robots AAL Service Network based on Message Server

Myeong-Hoon Kang*, Jae-Woong Kim*†, Dong-Hyun Kim**

요약

현재 국내는 초고령 사회로 빠르게 진입하고 있으며, 2024년에는 65세 이상의 인구가 전체 인구의 약 20%를 차지할 것으로 예상된다. 이러한 고령화에 의한 노인들은 사회적 고립, 경제적 어려움 등 다양한 문제를 초래하고 있으며, 이에 대한 대응으로 복합적인 기능을 갖춘 반려로봇의 필요성이 강조되고 있다. 본 논문에서는 고령자들의 사회적 고립을 해소하기 위해 메시지 서버 기반의 반려로봇 AAL(Ambient Assisted Living) 서비스 네트워크 시스템을 통해 다양한 스마트기기와 스마트 홈 환경과 사회적 관계망의 데이터에 이르기까지 통합적인 데이터를 교환할 수 있도록 하여, 반려로봇이 사용자에게 지능적이고 효과적인 서비스를 제공할 수 있도록, 얼굴인식과 같은 최신 인공지능을 활용한 서비스를 구축하고, 이를 총괄할 수 있는 네트워크 서버를 구축하여 반려로봇을 제어하고, 이를 통해 고령자들의 사회적 고립을 해소시킬 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract

Currently, Korea is rapidly entering a super-aging society, and it is expected that by 2024, people aged 65 or older will account for approximately 20% of the total population. This aging trend brings challenges such as social isolation and economic hardship, highlighting the need for advanced companion robots. In this paper, in order to resolve the social isolation of the elderly, a companion robot AAL(Ambient Assisted Living) service network system based on a message server is proposed to enable the exchange of integrated data ranging from data from various smart devices, smart home environments, and social networks, so that companion robots can provide intelligent and effective services to users. By building a service utilizing the latest AI such as facial recognition and building a network server that can manage it, it can control companion robots and alleviate the social isolation of the elderly.

한글키워드 : 초고령사회, 반려로봇, 사회적고립, 정서적 지원, 스마트홈

keywords : Super-aged-society, Companion Robot, Social isolation, Emotional support, Smart home

* 공주대학교 컴퓨터공학과

** 나사렛대학교 IT인공지능학부

† 교신저자: 김재웅(email: jykim@kongju.ac.kr)

접수일자: 2024.08.29. 심사완료: 2024.09.09.

게재확정: 2024.09.20.

1. 서론

대한민국은 초고령 사회로 빠르게 진입하고 있다. 2024년에는 65세 이상의 인구가 1,000만 명을 넘을 것으로 예상되고 있으며, 이는 전체 인구의 약 20% 이상을 차지하고 있다[1]. 이러한 고령화는 경제, 사회 전반에 걸쳐 다양한 문제를 초래하고 있는 실정으로, 고령화로 인해 많은 수의 노인들이 사회적 고립과 경제적 어려움에 직면하고 있다. 특히 독거노인의 비율이 증가하고 있어, 사회적 지원과 복지 시스템의 강화가 필요하다. 이러한 상황을 고려하여, 대한민국은 고령자의 생활 편의를 높이고 사회적 고립을 줄이기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 예를 들어, 고령자를 위한 교육 프로그램, 건강 관리 시스템, 사회적 참여를 촉진하는 활동 등이 있다. 또한, 고령자들이 정서적 안정을 위해 반려동물을 입양하는 사례가 확대되고 있으나, 고령자들이 반려동물을 키우는 것은 일상적으로 대단히 어려운 일이다. 이러한 문제의 해결 방안 중 하나가 인공지능 기술이 탑재된 반려 로봇이 될 수 있다. 반려 로봇은 치매 노인의 인지기능 향상과 노인들의 사회적 상호작용 증가, 우울증 개선 등에 긍정적인 효과를 보이고 있기에[2][3], 로봇 보조 치료가 고령자들에게 사용되는 새로운 치료 도구로 사용될 수 있다. 본 논문에서는 노인들의 사회적 고립을 해소하기 위하여 반려로봇이 사용자에게 지능적이고 효과적인 AAL(Ambient Assisted Living) 서비스를 제공할 수 있도록 얼굴인식, 대화 지속, 반려 로봇 제어 및 상황인지 기능을 통합한 네트워크 시스템을 제안한다. 제안 모델을 통하여 노인들의 생활 편의성의 향상과 안전을 보장하는데, 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 관련연구

2.1 인간-로봇 상호작용

특정한 활동과 작업에 참여시키고자 하는 로봇을 개발함에 있어, 로봇과 인간이 서로 어떠한 형식으로 상호작용하는지에 대한 연구를 모두 포함하고 있고, 개발과 시나리오를 기반으로, 어떻게 서로 작용하는지에 대한 여러 연구를 포함하고 있는 것이 HRI(Human-Robot Interaction)라 할 수 있다. 특히 로봇은 인간과 삶을 공유하면서 서비스해야 하기에 사용자에게 대한 인식 공유, 사용자 요구에 의하여 물체를 처리하는 인지기능이 필요하다[4][5]. 이에 로봇은 정보 해석, 상황에 적절한 표현을 위해 추론할 수 있는 인지 시스템을 기반으로 구현이 가능하다[6]. 최근 소셜 로봇들은 교육과 엔터테인먼트, 의료와 같은 많은 분야에서 많이 사용되고 있으며[7][8], 다양한 특성을 지니고 있는 인간에게 인지적, 사회적, 정서적, 행동적인 지원을 제공할 수 있는 잠재력을 가지고 있다[9], 특히 소셜 로봇들의 목표는 사회적 수용 가능, 인간과 의사소통이 가능하여 이를 통한 상호작용하는 것으로, 목표를 달성하기 위하여 소셜 로봇들은 오랜 시간 다양한 사용자와 상호작용하고 있다[10]. 뛰어난 대응력과 다양한 지식을 보유하고 있는 휴머노이드 로봇을 통하여 상호작용에 사회적으로 참여하는 로봇들은 HRI 분야를 기반으로 소셜 로봇 설계의 핵심 분야로 부상하고 있는 상황이다[11].

2.2 로봇 공학 기반의 노인 케어

최근 노인들을 대상으로 지속적이고, 가정 내에서 고품질의 간병을 위한 혁신적인 기술 개발이 중요해 졌으며, 가정환경에서 작동하고 있는 모바일 자율 로봇 동작 분야에서 광범위한 연구가 수행되고 있는 실정이다[12]. 특히 사회적 보

조 로봇은 비물리적 상호작용을 통하여 사용자들에게 동기를 부여하고, 지도하고, 훈련하는데 중점을 두고 있다[13]. 노인 사용자들에게 간단한 신체 운동에 대한 동기를 부여하고, 참여하도록 설계된 로봇 운동 코치를 제안한 연구에서는 로봇이 신체 운동에 대한 동기 부여에 효과적임을 검증하였으며, 가상의 로봇 코치보다 실제 구현된 로봇 코치를 선호한다[14]. 또한, 간병인과 노인들의 질문에 기반한 보조 로봇에 대한 설계 지침에 대한 연구에서는 수분 공급과 걷기 격려가 인간-로봇 상호작용이 유용할 수 있는 중요한 일상 활동이라는 것을 확인하였다[15].

2.3 AAL 서비스

AAL 서비스는 IT기술의 발전이 인간을 이롭게 하기 위해서라는 취지에서 시작되었다. 이는 IT 서비스를 이용함에 있어 무자각, 무구속의 상태에서 서비스를 이용할 수 있는 기술에 기반하고 있다. 특히 노인이나 장애인을 돕기 위해 설계된 시스템과 기술을 지칭하는 경우가 많으며 이들이 더 오랫동안 독립적으로 생활할 수 있도록 돕는 것을 목표로 한다. 또한, 스마트기술, 센서 연결과 같은 기술과 기기들을 통합하여 사용자의 일상적인 생활을 모니터링하고 지원하며, 삶의 질을 향상시키는 역할을 한다[16]. 솔루션은 낙상 감지 시스템, 원격 건강 모니터링, 인지 지원, 스마트 홈 자동화, 비상 대응 시스템 등을 포함할 수 있다. 이러한 기술들은 돌봄 제공자의 필요를 줄이고, 특정 요구가 있는 사람들의 생활 품질을 개선하는 데 중점을 둔다. AAL은 주로 사물인터넷 기기, 인공지능, 데이터 분석을 활용하여 사용자의 환경 및 건강 상태에 대한 정보를 수집하고 처리한다. 이 정보는 돌봄 제공자나 의료 전문가와 공유되어 실시간 통찰과 지원을 제공할 수 있다. 궁극적인 목표는 자율성과 안전을 증진시키고, 동시에 의료 비용과 돌봄 시스템에 대한 부담을 줄이는 것이다[17].

3. 메시지 서버 기반의 AAL 서비스 네트워크

3.1 시스템 구성도

다음의 그림 1은 AAL 서비스 구현을 위한 반려 로봇의 네트워크 시스템 구성도를 나타낸 것으로, 이 시스템에서 얼굴인식을 통해 지인 여부를 판단하고 결과를 임베딩하여 데이터베이스에 저장하고, 예측 결과를 반려 로봇 네트워크 서버에 전달한다. 반려 로봇 네트워크 서버는 반려 로봇에게 메시지 서비스를 통해 명령을 전달하도록 구성하였다.

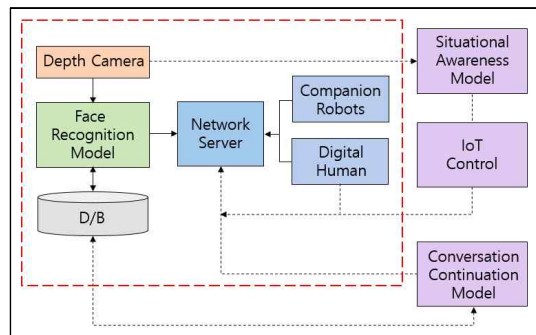


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System Diagram

구현된 메시지 기반의 AAL 서비스 네트워크는 대화 지속 모델, 상황인지 모델 및 IoT 제어를 위한 다양한 메시지를 송수신하여 각각 독립적으로 연구된 결과물을 이용하여 반려로봇에 최적화시키고, 이를 통하여 AAL 서비스를 원활하게 제공하는 것이다.

3.2 프로세스

다음의 그림 2는 얼굴인식과 반려 로봇 네트워크 서버를 통한 메시지 교환을 기반으로 하는 반려 로봇의 AAL 서비스 프로세스를 나타낸 것이다.

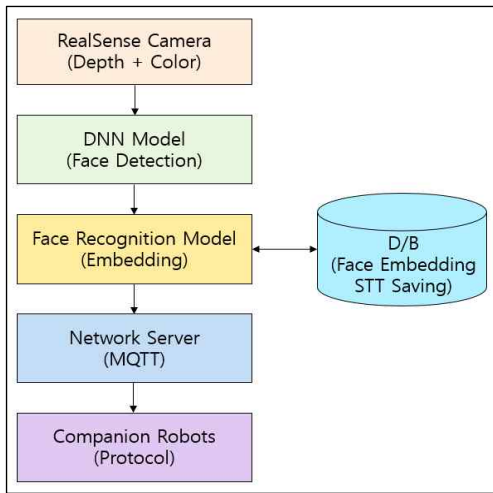


그림 2. 시스템 프로세스
Fig. 2. System Process

깊이 감지 카메라(Depth Camera)를 통해 데이터를 수집하고, 최종적으로 반려 로봇에게 예측 결과를 제공하는 과정을 확인할 수 있다. 이 카메라로부터 수집된 영상 데이터는 전처리 과정을 거쳐, 얼굴 탐지와 정렬 과정을 수행하게 된다. 정제된 데이터는 얼굴인식 모델에 전달되며, 얼굴 식 모델은 데이터베이스에 저장된 기존 데이터를 활용하여 상대방을 인식한다. 인식된 결과는 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫 번째는 인식된 상대방이 이미 데이터베이스에 저장된 인물인 경우이고, 두 번째는 새로운 인물이 인식된 경우이다. 만약 상대방이 새로운 인물이라면, 시스템은 상대방을 기억할 필요가 있는지에 대한 여부를 사용자의 명령어 또는 대화 내용 중에서 파악하여, 필요할 경우 새로운 인물을 데이터베이스에 저장하고 지인 목록에 추가하도록 한다. 이렇게 예측된 결과는 반려 로봇 네트워크 서버로 전달되어 반려 로봇이 인사하거나 복종하는 등의 제스처를 통해 상대방에게 친밀감을 표현하며, 이를 통해 반려 로봇은 사용자와 타인 사이의 상호작용이 자연스럽게 효과적으로 이루어지도록 돕는 역할을 하게 하였다. 대화 내용 등은 데이터

베이스에 STT(Speech-To-Text)를 이용하여 디지털화하여 저장함으로써, 대화 지속 모델 등에서 이전 대화 내용을 요약 제공할 수 있도록 하였다. 다음의 그림 3은 얼굴인식을 구현한 클래스의 함수 구성을 나타낸 것이다.

```
class VideoCaptureApp:
    def __init__(self, window, window_title):...
    def update(self):...
    def start_capture(self, event):...
    def check_capture_complete(self):...
    def prompt_for_file_name(self):...
    def save_faces(self, file_name):...
    def get_face_embedding(self, image):...
    def find_best_match(self, embedding):...
    def compare_embedding(self, embedding, name, compare_embedding):...
    def load_embeddings(self):...
    def save_embeddings(self):...
    def recalculate_embeddings(self):...
    def calculate_embeddings(self):...
    def draw_label(self, image, text, pos, bg_color):...
    def on_escape(self, event):...
    def __del__(self):...
if __name__ == "__main__":...
```

그림 3. 얼굴 인식 클래스
Fig. 3. Face Recognition Class

다음의 그림 4는 얼굴인식을 위한 임베딩 데이터를 계산하고 생성하여 딕셔너리로 반환하고 있다. 여기서 데이터베이스는 사용되지 않았으며 파일로 보관된 모든 이미지 파일을 임베딩 데이터로 계산하였다.

```
def calculate_embeddings(self):
    embeddings = {} # 임베딩 딕셔너리 초기화
    for root, _, files in os.walk(self.data_folder):
        for file_name in files: # 각 파일에 대해
            file_path = os.path.join(root, file_name)
            if os.path.isfile(file_path): # 파일인 경우
                image = face_recognition.load_image_file(file_path) # 이미지
                embedding = self.get_face_embedding(image) # 얼굴 임베딩 생성
                if embedding is not None: # 임베딩이 생성된 경우
                    embeddings[file_path] = embedding # 임베딩 딕셔너리에 추가
    return embeddings # 임베딩 딕셔너리 반환
```

그림 4. 임베딩 계산 함수
Fig. 4. Embedding calculate function

반환된 데이터는 다음의 그림 5에서 구현한 find_best_match 함수를 통해 best score를 가지고 있는 지인과 일치시키도록 되어 있으며 일치되지 않은 경우, None를 리턴하여 새로운 인물로 분류하도록 한다. 또한 임베딩 디서너리를 비교하는 함수는 compare_embedding 함수로 구현하였다.

```
def find_best_match(self, embedding):
    best_match = None # 가장 잘 맞는 얼굴 변수 초기화
    best_similarity = 0.0 # 최고 유사도 변수 초기화

    with ThreadPoolExecutor() as executor: # 스레드 풀 생성
        futures = [executor.submit(self.compare_embedding, embedding, name, emb)

    for future in futures: # 각 비교 작업 결과 가져오기...

    if best_similarity > 0.95: # 최고 유사도가 0.95 이상인 경우...
        return None # 그렇지 않은 경우 None 반환
```

그림 5. 얼굴인식 find_best_match 함수
Fig. 5. Face Recognition find_best_match function

3.3 반려 로봇 네트워크 시스템

다음의 그림 6은 반려 로봇 네트워크를 나타낸 것이다.

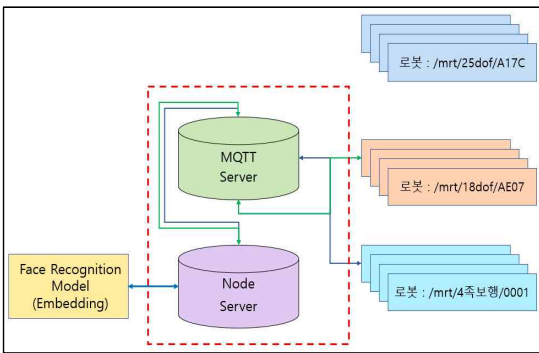


그림 6. 반려 로봇 네트워크
Fig. 6. Companion Robot Network

네트워크 서버는 다음과 같이 크게 2가지의 데몬(Daemon)이 실행 중으로 첫째, 얼굴인식 시스템으로부터 전달받은 예측 결과를 토대로 반려 로봇에게 전달해야 하는 명령어 등을 선별 처리

하는 Node.js 기반의 애플리케이션 서버이다. 둘째, 메시지의 송수신이 가능한 MQTT(Message Queuing Telemetry Transport) 서버로 구성되어 있다. MQTT 서버는 토픽(Topic)과 페이로드(Payload)로 구성되어 있으며 토픽은 구독이 이루어지고 있는 로봇만 수신이 가능하도록 하여 메시지의 과다로 인한 트래픽 혼선을 예방할 수 있다. 또한, 페이로드에는 설계할 수 있는 여러 가지 경우에 대하여 고려한 데이터를 명령어 형태로 전달할 수 있다.

다음의 그림 7은 향후 확장성을 고려하여 토픽을 설계한 내용이며, 이는 노드 서버에서 퍼블리싱 한다.

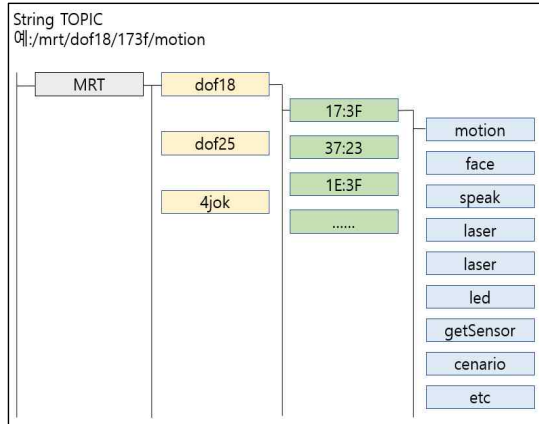


그림 7. 토픽의 설계
Fig. 7. Design of Topic

예시로 제공한 내용에서 mrt는 사용자를 나타낸 것이다. 다음 dof18, dof25, 4jok은 사용자가 보유한 로봇의 종류이고, 17:3F 등은 각 로봇에 부여된 맥 어드레스(Mac-Address)를 나타낸 것이다. 마지막으로 motion, face, speak 등은 각 로봇의 기능을 나타낸 것이다. 다음의 그림 8은 사용자 “mrt”의 “4legged” 계열의 “173f” 맥 더드레스를 가지고 있는 로봇에게 “getSensor” 명령어로 “0”번 유닛의 상태를 조회하는 함수이다.

```
const https = require('https');
const express = require('express');
const hpp = require('hpp');
const helmet = require('helmet');
const cors = require('cors');
const morgan = require('morgan');
const mqtt = require('mqtt');
const fs = require('fs');
const path = require('path');
```

그림 8. 애플리케이션 모듈 구현

Fig. 8. Application Modules Implementation Function

애플리케이션은 'express'와 'https'를 사용해 보안된 웹서버로 작성되었으며 MQTT 클라이언트를 사용하여 'mqtt://sblabs.iptime.org' 브로커와 연결한다. / 경로로 GET 요청이 오면 간단한 메시지를 반환한다. /api/hu18 경로로 POST 요청이 오면 MQTT 브로커로 메시지를 발행하며, HTTPS 서버는 3318번 포트에서 실행되고, MQTT는 1883번 포트에 연결된다. 이 코드의 목적은 HTTPS를 통한 안전한 웹 애플리케이션과 MQTT를 통한 메시징 기능을 제공하는 것이다.

다음의 그림 9는 애플리케이션 설정으로 express()를 호출하여 애플리케이션 객체를 생성하고, MQTT 클라이언트는 주어진 URL (mqtt://sblabs.iptime.org)을 사용해 MQTT 브로커에 연결한다.

```
const app = express();
const client = mqtt.connect('mqtt://sblabs.iptime.org');
```

그림 9. 애플리케이션 설정

Fig. 9. Application Setup

다음의 그림 10은 미들웨어 설정을 나타낸 것이다.

```
app.use(hpp());
app.use(helmet());
app.use(cors({ origin: true, credentials: true }));
app.use(morgan('dev'));
app.use(express.json());
```

그림 10. 미들웨어 설정

Fig. 10. Middleware Setup

hpp()는 HTTP 요청 파라미터 오염을 방지하는 역할을 하며, helmet()은 보안 헤더를 추가하여 기본적인 보안 조치를 제공하고, cors()는 CORS 설정을 활성화하여, 다른 도메인에서의 요청도 허용한다. 여기서 origin: true는 모든 출처에서의 요청을 허용한다. 또한 morgan('dev')는 개발 모드로 설정되어 콘솔에 자세한 로그를 출력하고, express.json()은 들어오는 JSON 형식의 요청 본문을 자동으로 파싱하는 역할을 한다. 다음의 그림 11은 라우트 설정을 나타낸 것이다. app.get에서 기본 경로 /에 접근하면 'Hello, Master.Kang!'이라는 메시지를 응답으로 반환한다. app.post에서 /api/hu18로 POST 요청이 오면, 요청 본문에서 id, command, data 추출 후 MQTT 토픽(mrt/dof18/\${id}/\${command})에 데이터를 발행한다. 클라이언트가 전송한 데이터는 콘솔에 로그로 출력되고, 그대로 클라이언트에게 응답된다.

```
app.get('/', (req, res) => {
  res.send('Hello, Master.Kang!');
});

app.post('/api/hu18', (req, res) => {
  const { id, command, data } = req.body;
  console.log('Topic: mrt/dof18/${id}/${command}, Payload: ${data}');
  client.publish('mrt/dof18/${id}/${command}', `${data}`);
  res.json({ id, command, data });
});
```

그림 11. 라우트 설정

Fig. 11. Route Setup

다음의 그림 12는 HTTPS 서버 생성을 나타낸 것이다. HTTPS 서버를 설정하고, SSL 인증서(cert.pem), 비공개 키(privkey.pem), 그리고 체인 파일(chain.pem)을 사용하여 3318번 포트에서 서버를 실행한다. 서버가 시작되면 MQTT 클라이언트가 mqtt://sblabs.iptime.org에 연결되며, 연결 성공 시 콘솔에 메시지가 출력된다. const app = express()를 호출하여 애플리케이션 객체

를 생성하고, MQTT 클라이언트(client)는 주어진 URL(mqtt://sblabs.ipstime.org)을 사용해 MQTT 브로커에 연결한다. 두 번째 전송 명령어는 사용자 “mrt”의 “4legged” 계열의 “173f” macAddress를 가지고 있는 로봇에게 “cenario” “3”번의 정해진 동작을 순차적으로 실행하라고 하는 의미를 가지고 있다.

```
https.createServer(
  {
    cert: fs.readFileSync(path.join(__dirname, 'key/cert.pem')),
    key: fs.readFileSync(path.join(__dirname, 'key/privkey.pem')),
    ca: fs.readFileSync(path.join(__dirname, 'key/chain.pem')),
  },
  app
).listen(3318, () => {
  console.log('3318번 포트에서 HTTP 서버 실행');
  client.on('connect', () => {
    console.log('1883번 포트에서 MQTT 서버 연결');
  });
});
```

그림 12. HTTPS 서버 생성
Fig. 12. HTTPS Server Create

4. 로봇 제어 구현 및 실험

본 논문연구에서 제안한 메시지 서버 기반의 AAL 서비스 네트워크가 실제 어떻게 구현되고 동작하는지를 실험하고, 그 결과를 고찰한다.

4.1 실험 환경 구성

컴퓨터 시스템과 Depth Camera를 4족 보행 반려 로봇에 장착하고 수집하여 처리된 결과를 HTTPS 서버에 post 방식으로 직접 전송하고 서버는 이를 MQTT 서버에 메시지로 전달하여 Que에 넣어 뒀으로서 서버의 부하를 최소로 할 수 있게 하였으며 반려 로봇은 MQTT 서버에 접속하여 자신이 구독하고 있는 Topic에 대해서 메시지를 수신하여 얼굴인식 및 상황인지 서비스를 수행할 수 있도록 설정하였다. 다음의 그림 13은 시스템 실험을 위한 구성도이다.

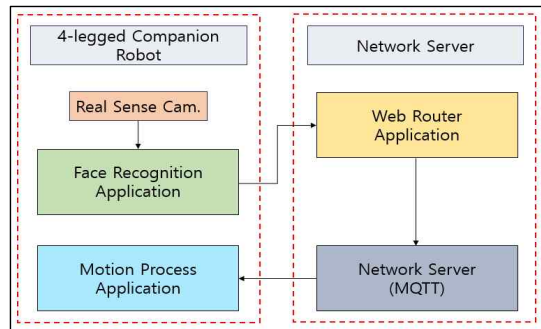


그림 13. 실험 구성도
Fig. 13. Experimental Setup Diagram

다음의 그림 14는 시스템 설치가 완료된 것을 나타낸 것으로, 4족 보행 반려 로봇과 로봇에 부착된 리얼센스 카메라, 얼굴인식을 처리할 PC 시스템으로 구성되어 있다.



그림 14. 시스템 설치
Fig. 14. System integration

반려로봇 네트워크 시스템은 원격지의 서버에 구현되어 있으며, 이는 시스템의 확장성과 다중 사용자를 위해 분산 처리를 원칙으로 하였다. 그러나 필요에 따라 node.js와 express가 구동될 수 있는 환경과 MQTT 서버를 구동시킬 수 있는 환경을 반려로봇에 설치된 PC를 이용할 수 있다.

4.2 얼굴 인식 모델 실험 결과

얼굴 인식 모델이 구현된 PC를 탑재한 4족 보행 반려로봇을 고령자와 유사한 생활 패턴을 가진 실험자가 4족 보행 반려로봇과 함께 산책하는

상황을 가정하여 실험을 진행하였다. 이 실험에서는 사용자가 실제 지인을 구별하는 상황을 재연하였다. 다음의 그림 15는 야간 실내에서의 얼굴인식 실험 결과를 나타낸 것이다.

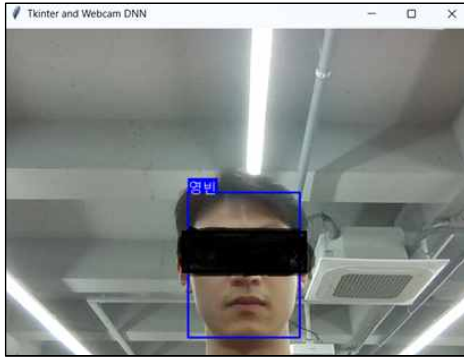


그림 15. 얼굴 인식 결과 표시
Fig. 15. Face recognition and labeling

여러 사람을 대상으로 실험을 진행하였으며, 다양한 조건의 환경에서 얼굴인식을 실험한 결과는 다음의 표 1과 같다.

표 1. 얼굴 인식 실험 결과
Table 1. Face Recognition experiment results

| Condition | Number of recognitions | Average recognition rate |
|---------------|------------------------|--------------------------|
| Night indoor | 15 | 0.9624 |
| Night outdoor | 15 | 0.8732 |
| Day indoor | 15 | 0.9734 |
| Day outdoor | 15 | 0.9234 |

4.3 로봇 제어 결과

얼굴인식 기능을 통해 사용자를 식별한 후 결과를 post 방식으로 메시지를 전달하고, 반려로봇 네트워크 애플리케이션은 다시 MQTT 서버

에 퍼블리시 하였으며, 반려 로봇은 이것을 Subscribe 함으로서, 필요한 동작 반응을 실행하도록 하였다. 이 실험에서 자주 마주친 지인일 경우 가점을 주어 친밀도를 높이도록 했으며 처음 만나는 사람인 경우, 친밀감을 더하기 위해 악수하는 동작을 실행하도록 하였다. 다음의 표 2는 친밀도에 따라 반려로봇이 행하는 동작을 나타낸 것이다. 로봇은 지인의 친밀도에 따라 사용자를 대신하여 인사를 전할 수 있게 하여 사용자의 사회적 친밀도를 개선하는데 도움이 될 수 있다.






표 2. 로봇의 친밀도 표현
Table 2. Robot expression of intimacy

| No. | 친밀도 | 동작 | 의미 |
|-----|---------|------------|-----------|
| 1 | 0 ~ 20 | Hand Shake | 악수 |
| 2 | 20 ~ 40 | Stretch | 긴장을 풀 |
| 3 | 40 ~ 60 | Jump | 점프하기 |
| 4 | 60 ~ 80 | Show Heart | 2발로 하트그리기 |
| 5 | 80 ~ | Dance 1 | 댄스 |

4.4 결과 분석 및 고찰

실험 결과는 총 60회의 메시지 전송과 수신을 통한 반려 로봇의 행동 실행 여부를 판단하였다. 시스템 측면에서 얼굴 인식과 라우터 서버를 통한 메시지 전송 기능을 이용하는 방식은 성공률이 100%에 달했으며, 정서적으로 반려로봇이 얼굴 인식 기능을 통해 지인을 알아보고 로봇이 반응함으로써, 사용자가 지인임을 신속하게 인식하여 지인에게 대응하여 사회적 유대감을 증진시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 다음의 표 3은 MQTT 서버 전송 횟수와 수신 결과를 정리한 것이다.

표 3. MQTT 서버 전송 횟수와 수신 결과
Table 3. MQTT server transmission count and reception results

| No | 로봇 모션 | 전송 | 성공 |
|----|---|----|----|
| 1 |  | 5 | 5 |
| 2 |  | 15 | 15 |
| 3 |  | 10 | 10 |
| 4 |  | 10 | 10 |
| 5 |  | 5 | 5 |

5. 결론

본 논문에서는 메시지 서버를 기반으로 한 AAL 서비스 네트워크 구축을 통해 다양한 스마트기기와 스마트 홈 환경과 사회적 관계망의 데이터에 이르기까지 통합적인 데이터를 교환할 수 있도록 하였으며 특히 본 논문에서 이러한 실험으로 반려 로봇이 고령자들에게 지능적이고, 효과적인 서비스를 제공할 수 있는 가능성을 탐구하였다. 얼굴인식 및 상황인지와 같은 최신 AI 기술을 활용하여 반려 로봇이 고령자의 사회적

고립을 해소하고, 향후 연구할 방향으로 상황인지 모델을 이용한 서비스와 IoT 기기와의 연동을 통한 실시간 건강 모니터링과 응급 상황 대응 기능을 갖출 수 있도록 설계하였다. 또한, 대화 지속 모델의 경우 STT와 TTS를 이용하여 대화 내용을 저장하고 요약 재생함으로써, 광범위한 서비스가 가능하다. 이를 통하여 고령자들의 생활 편의성 향상뿐만 아니라 정서적 지원을 제공하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Statistics Korea, Statistics on the elderly, https://kostat.go.kr/board.es?mid=a1030101000&bid=10820&list_no=427252&act=view&mainXml=Y, 2023.
- [2] Marti, P., Bacigalupo, M., Giusti, L., Mennecozi, C., Shibata, T., "Socially assistive robotics in the treatment of behavioural and psychological symptoms of dementia", In The First IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2006, IEEE, pp.483-488, 2006. DOI: 10.1109/BIOROB.2006.1639135
- [3] Wada, K., Shibata, T., Saito, T., Sakamoto, K., Tanie, K., "Psychological and social effects of one year robot assisted activity on elderly people at a health service facility for the age", In Proceedings of the 2005 IEEE international conference on robotics and automation, IEEE, pp.2785-2790, 2005. DOI: 10.1109/ROBOT.2005.1570535
- [4] Levit, M., Roy, D., "Interpretation of spatial language in a map navigation task", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), Vol.37, No.3, pp.667-679, 2007.

- DOI: 10.1109/TSMCB.2006.889809
- [5] Gorniak, P., Roy, D., “Grounded semantic composition for visual scenes”, *Journal of Artificial Intelligence Research*, Vol.21, pp.429-470, 2004, DOI: 10.1613/jair.1327
- [6] Ahn, H., “A sentential cognitive system of robots for conversational human-robot interaction”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol.35, No.6, pp.6047-6059, 2018. DOI: 10.3233/JIFS-169845
- [7] Guemghar, I., Pires de Oliveira Padilha, P., Abdel-Baki, A., Jutras-Aswad, D., Paquette, J., Pomey, M. P., “Social robot interventions in mental health care and their outcomes, barriers, and facilitators: scoping review”, *JMIR Mental Health*, Vol.9, No.4, e36094, 2022. DOI: 10.2196/36094
- [8] Lytridis, C., et al., “Social robots as cyber-physical actors in entertainment and education”, In *International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks*, IEEE, pp.1-6. 2019. DOI: 10.23919/SOFTCOM.2019.8903630
- [9] Park, C. H., Ros, R., Kwak, S. S., Huang, C. M., Lemaignan, S., “Towards real world impacts: Design, development, and deployment of social robots in the wild”, *Frontiers in Robotics and AI*, Vol.7, 600830, 2020. DOI: 10.3389/frobt.2020.600830
- [10] Kaptein, F., et al., “A cloud-based robot system for long-term interaction: principles, implementation, lessons learned”, *ACM Transactions on Human-Robot Interaction (THRI)*, Vol.11, No.1, pp.1-27, 2021. DOI: 10.1145/3481585
- [11] Yossy, E. H., & Budiharto, W., “Knowledge-based chatbot for humanoid robot in restaurant for question and answering system”, *ICIC Express Letters, Part B: Applications*, Vol.13, No.3, pp.315-320, 2013. DOI: 10.24507/icicelb.13.03.315
- [12] Coşar, S., et al., “ENRICHME: Perception and Interaction of an Assistive Robot for the Elderly at Home”, *International Journal of Social Robotics*, Vol.12, pp.779-805, 2020. DOI: 10.1007/s12369-019-00614-y
- [13] Matarić, M. J., Scassellati, B., “Socially assistive robotics Springer handbook of robotics”, pp. 1973-1994, Jul. 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1_73
- [14] Fasola, J., Matarić, M. J., “A socially assistive robot exercise coach for the elderly”, *Journal of Human-Robot Interaction*, Vol.2, No.2, pp.3-32, 2013. DOI: 10.5898/JHRI.2.2.Fasola
- [15] Munaro, M., Ghidoni, S., Dizmen, D. T., Menegatti, E., “A feature-based approach to people re-identification using skeleton keypoints”, In *2014 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*, IEEE, pp.5644-5651, May. 2014. DOI: 10.1109/ICRA.2014.6907689
- [16] Jara, A. J., Zamora, M. A., Skarmeta, A. F., “An internet of things -based personal device for diabetes therapy management in ambient assisted living (AAL). *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.15, pp.431-440. 2011. DOI: 10.1007/s00779-010-0353-1
- [17] Mainetti, L., Patrono, L., Secco, A., Sergi, I. “An IoT-aware AAL system for elderly people. In *2016 International multidisciplinary conference on computer and energy science (SpliTech)*, IEEE, pp. 1-6, 2016. DOI: 10.1109/SpliTech.2016.7555929

저 자 소 개



강명훈
(Myeong-Hoon Kang)

1996.2 연암공과대학교 전산학과 졸업
1995.7-2014.2 LG CNS IT 컨설팅 외
2020.2 공주대학교 IT융합학과 석사
2022.2-현재 공주대학교 컴퓨터공학과
박사과정
2014.3-현재 연암대학교 통합전산센터장
<주관심분야> 시스템 소프트웨어, 인공지능
시스템, 개인정보보호, Database,



김동현(Dong-Hyun Kim)

1986.2 중앙대학교 전기공학과 학사
2005.2 공주대학교 컴퓨터멀티미디어공학과
석사
2010.2 공주대학교 컴퓨터공학과 박사
2021.9-현재 나사렛대학교 IT인공지능학부
교수
<주관심분야> 인공지능, 로봇 제어, 멀티
미디어 시스템



김재웅(Jae-Woong Kim)

1983.2 중앙대학교 전자계산학과 학사
1988.2 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사
2002.2 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
1992.8-현재 국립공주대학교 천안공과대학
컴퓨터공학부 교수
<주관심분야> 소프트웨어공학, 인공지능
시스템, 멀티미디어공학, 빅데이터