

안정적인 이동성과 향상된 인간-로봇 상호작용을 갖춘 병원 안내 로봇 개발

Development of Hospital Guide Robot With Stable Mobility and Improved Human-robot Interaction

최 병 선¹, 박 재 병^{1,*}
(Byeongseon Choi¹ and Jaebyeung Park^{1,*})

¹Division of Electronics and Information Engineering, Jeonbuk National University

Abstract: Using robots to guide humans in large and complex environments has been a long standing research topic in robotics. Two important factors for guide robots are stable mobility and human-robot interaction capability. This paper proposes a hospital guide robot with improvements in these areas. To achieve stable mobility, we first constructed the robot's mechanical and electrical systems. we analyzed the kinematics of the robot and implemented a pose estimation algorithm using a sensor fusion technique. Secondly, we developed the "Hospital Guidance System" software to enhance the human-robot interaction capability. Using a quick response code-based system, hospital visitors can seamlessly access medical care and guidance service. We conducted experiments to validate the robot's ability to provide hospital guidance services based on pre-defined scenario.

Keywords: guide robot, robot design, mobile robot kinematics, pose estimation, human-robot interaction

I. 서론

전세계적으로 고령화와 노동력 부족이 사회 문제로 대두되고 있다. 대한민국은 급속한 고령화로 인해 2025년에 65세 이상 인구가 20%를 넘어서는 초고령사회로 진입할 것이 예상된다[1]. 노인들은 앓고 있는 질환이 많기 때문에 고령 사회에서는 병원을 방문하는 노인 환자가 많을 수밖에 없다. 하지만 육체 및 인지능력이 저하되는 고령 환자가 홀로 병원을 방문해 치료를 받는 것은 쉽지 않은 일이다. 종종 진료/검사 과정 중 복잡한 병원 환경에서 길을 잃는 경우도 발생한다. 실제로 국민일보 인턴 기자들이 건강검진을 받기 위해 홀로 병원에 방문한 고령 환자를 따라다니며 어떤 부분에서 어려움을 겪는지 조사한 사례가 있는데, 잘못된 장소로의 이동, 안내 및 치침 부족 등 주로 간호사의 손길이 닿지 않는 곳에서 문제가 발생했다[2]. 하지만 간호사들이 수많은 고령 환자들을 일일이 안내하기에는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 고령 환자들이 원활한 진료를 받을 수 있도록 돕는 병원 안내 로봇을 제안한다. 2장에서는 병원 안내 로봇과 관련한 선행 연구를 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 병원 안내 로봇의 하드웨어 구현에 대하여 서술한다. 4장에서는 로봇의 이동 제어에 대한 내용을 다루고, 5장에서는 병원 안내 로봇의 인간-로봇 상호작용에 대하여 서술한다. 마지막 6장에서 결론을 내리는 것으로 본 논문을 마무리한다.

II. 선행 연구

1. 안내 로봇의 이동성

안내 로봇의 이동성(mobility)에 대한 연구는 오랜 기간 이루어져 왔다. 1999년 W. Burgard et al.의 '리노(Rhino)'와 S. Thrun et al.의 '미네르바(Minerva)'는 확률적 기법을 이용하여 박물관 내부를 자율적으로 주행하며 관람객들에게 안내 서비스를 제공했다[3-4]. 2008년 H. -M. Gross et al.은 'Rao-Blackwellized Particle Filter SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)'을 개선하여 '샵봇(Shopbot)'이 쇼핑 센터의 지도를 작성하고, 스스로 위치를 추정하며 방문객의 쇼핑을 돕게 했다[5]. 또한 2020년 B. P. E. Alvarado Vasquez et al.은 확장 칼만 필터를 이용하여 레이저 거리 측정기와 전방향 카메라(omnidirectional camera) 센서를 융합함으로써 안내 로봇 '도리스(Doris)'의 위치 추정 성능을 개선했다[6].

2. 인간-로봇 상호작용

안내 로봇의 인간-로봇 상호작용에 대해서도 많은 연구가 이루어져 왔다. 2020년 T. lio et al.은 휴머노이드 로봇 '아시모(Asimo)'에 '말하기 및 후퇴 상호작용(Speak-and-Retreat Interaction)' 접근법을 적용해 박물관 관람객들에게 먼저 다가가 전시품에 대해 설명하고, 관람객이 더 이상 설명을 원하지 않으면 후퇴하는 안내 방식을 제안했다[7]. 국내에서는 2004년 G. Kim et al.이 국립중앙과학관에서 안내를 수행하기 위한 로봇 '지니(Jinny)'를 개발하여 실제 환경에서 다양한 테

* Corresponding Author

Manuscript received December 20, 2022; revised April 28, 2023; accepted April 28, 2023.

최병선: 전북대학교 전자정보공학부 대학원생(bschoi@jbnu.ac.kr, ORCID[®] 0009-0008-1015-5328)

박재병: 전북대학교 전자정보공학부 교수(jbpark@jbnu.ac.kr, ORCID[®] 0000-0002-5771-2872)

※ 본 연구는 2022년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.

(NRF-2018R1D1A1B07049270), (NRF-2019R1A6A1A09031717)

※ 상기 논문은 2022년도 ICROS 전북제주시부 학술대회에서 초안이 발표되었음.

스트를 진행하였고, 이후 이를 기반으로 안내 로봇을 이용자 측면에서 개선하고자 하는 연구가 이루어졌다[8-9].

3. 병원 안내 로봇

2019년 5월 개원한 국내의 은평성모병원은 안내로봇 ‘마리아봇(MariaBot)’을 운영하고 있다[10]. 마리아봇은 인공지능 기반의 음성 인식과 자율주행 기능을 갖추고 있어 병원 방문객에게 진료 스케줄을 알려주고, 진료과까지의 안내 서비스를 제공한다.

국내의 또 다른 병원인 의정부 을지대학병원에서는 3대의 안내 로봇 ‘사랑’, ‘희망’, ‘행복’을 운영하고 있다[11]. 이 로봇들은 병원 방문객에게 예약 내역 조회, 진료과 안내, 차량 등록 서비스 등을 제공한다. 이들은 터치 스크린을 이용하여 사용자와 상호작용하는데, GUI(Graphical User Interface)의 목적지 버튼을 누르면 로봇이 사용자를 목적지까지 안내한다.

선행 연구를 살펴보면 안내 로봇에게 있어 중요한 요소는 운영하고자 하는 환경에 적합한 이동성과 편리한 인간-로봇 상호작용 기법이다. 본 논문은 이러한 안정적인 이동성과 인간-로봇 상호작용에 주목하여 병원 환경에서 운용할 수 있는 안내 로봇을 제안한다.

III. 병원 안내 로봇 하드웨어 개발

1. 기구 설계 및 제작

병원 안내 로봇의 기구 설계 사양을 표 1에 나타냈다. 사용자와의 원활한 상호작용을 위해 로봇의 크기는 $50 \times 50 \times 140\text{cm}$ 로 설계했다. 로봇은 구동 바퀴 두 개와 보조용 캐스터 하나를 사용하는 차동 구동(differential drive) 방식으로 이동하며, 로봇의 최대 직진 속도와 회전 속도는 1m/s 와 1rad/s 로 설정했다. 그리고 로봇의 가속도와 각가속도는 1m/s^2 과 1rad/s^2 으로 설정하였다.

3D 모델링 프로그램을 이용해 설계한 로봇 모델과 실제 제작한 병원 안내 로봇을 그림 1에 나타냈다. 로봇의 기구부는 알루미늄 4T 판과 $40 \times 40\text{mm}$ 프로파일을 이용하여 5층으로 구성했고, 각 층마다 로봇 제어를 위한 전자 부품들을 배치했다. 또한 ABS 플라스틱을 이용해 로봇의 케이스를 제작하였다.

2. 구동 모터 선정

로봇의 구동 바퀴로 인휠모터(In-Wheel Motor) 한 쌍을 사용했다. 적절한 토크를 가지는 인휠모터를 선정하기 위해 식 (1)-(4)를 통해 로봇 구동을 위한 모터의 필요 토크 T_{req} 를 계산했다[12].

표 1. 병원 안내 로봇 기구 설계 사양.

Table 1. Mechanical design specs for hospital guide robot.

Dimensions (D): $L \times W \times H$	$50 \times 50 \times 140\text{cm}$
Drive Mechanism (DM)	Differential Drive
Maximum Linear Velocity (v)	1m/s
Maximum Angular Velocity (ω)	1rad/s
Maximum Linear Acceleration (a)	1m/s^2
Maximum Angular Acceleration (α)	1rad/s^2



그림 1. 로봇 3D 모델과 제작된 병원 안내 로봇.

Fig. 1. 3D model of the robot and actual robot.

$$J = \frac{1}{8}md^2 \quad (1)$$

$$\alpha_{wheel} = \frac{v}{d/2} \cdot \frac{1}{t_a} \quad (2)$$

$$T_{min} = J\alpha_{wheel} + \frac{\mu_s mgd}{2} \quad (3)$$

$$T_{req} = c_{s,f} T_{min} \quad (4)$$

여기서 J 는 관성 모멘트이고, m 은 로봇의 질량, d 는 바퀴의 지름이다. α_{wheel} 은 바퀴의 각가속도이며, v 는 로봇의 직진 속도, t_a 는 가속 시간이다. T_{min} 은 안전계수 $c_{s,f}$ 가 반영되기 전 로봇이 필요로 하는 최소 토크이고, μ_s 는 정지 마찰 계수, g 는 중력 가속도이다.

식(1)-(4)를 통해 필요 토크 T_{req} 와 바퀴 지름 d 의 관계식 (5)를 구했다. 이 때 병원 안내 로봇의 최대 질량은 70kg 으로 설정하였고, 로봇의 가속도 a 에 따라 정지 상태에서 최대 직진 속도 1m/s 에 도달하는 가속 시간 t_a 는 1s 가 된다. 그리고 안전계수는 1.5, 정지 마찰 계수는 0.1, 중력 가속도는 9.8m/s^2 로 계산했다.

$$T_{req} = 77.7d \quad (5)$$

식 (5)에 따라 정격 토크 $8\text{N} \cdot \text{m}$, 바퀴 지름 0.17m 인 인휠모터 한 쌍을 선정했다. 이 경우 모터 한 쌍의 총 구동 토크는 $16\text{N} \cdot \text{m}$ 로, 설계한 로봇 구동을 위해 필요한 토크 $13.209(= 77.7 \times 0.17)\text{N} \cdot \text{m}$ 를 상회한다. 선정된 인휠모터의 사양은 표 2에 나타냈다.

3. 전기 시스템 구성

병원 안내 로봇의 전기 시스템 구성도를 그림 2에 나타냈다. 로봇의 기구부는 총 5층으로 구성하였는데, 1층은 구동부, 2층은 제어부, 3층과 4층은 센서부, 5층은 인터페이스부이다. 전체적인 전력 공급에는 $25.9\text{V}/28.8\text{Ah}$ 리튬이온 배터리 2개를 사용한다. 구동부의 배터리는 모터 드라이버와 연결되어

표 2. 선정된 인휠모터 사양.

Table 2. selected In-wheel motor Specs.

Rated Voltage	$24 \sim 48\text{VDC}$
Rated Torque	$8\text{N} \cdot \text{m}$
Wheel Diameter	0.17m
Encoder Resolution	$4,096\text{PPR}$
Payload	$< 150\text{kg}/2ea$
Rated Speed	200RPM
Rated Linear Velocity	1.8m/s

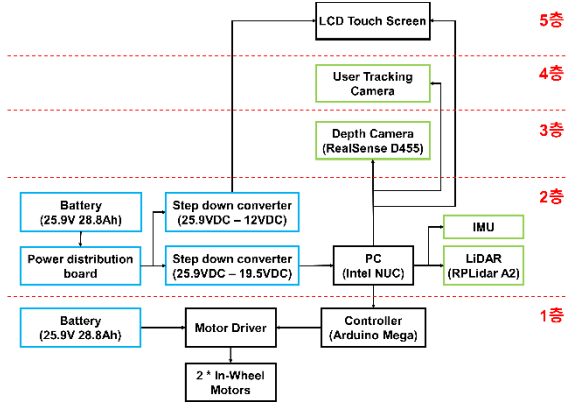


그림 2. 로봇 전기 시스템 구성도.

Fig. 2. Robot electrical system configuration diagram.

인휠모터 구동을 위한 전력을 공급하고, 제어부의 배터리는 전력분배보드와 2개의 스텝 다운 컨버터를 거쳐 PC와 LCD 터치스크린에 전력을 공급한다.

센서는 LiDAR, 관성측정장치(IMU), 깊이 카메라, 사용자 추종 카메라를 사용한다. LiDAR와 깊이 카메라는 SLAM과 자율 주행 및 장애물 회피에 이용된다. 특히 깊이 카메라는 로봇이 병원 안내 시 사용자 정보가 담긴 QR코드를 인식하는 기능도 수행한다. IMU는 인휠모터에 장착되어 있는 엔코더(encoder)와 함께 로봇의 자세를 추정한다. 사용자 추종 카메라는 로봇의 후방에 설치되어 사용자가 잘 따라오고 있는지 확인하는 용도로 사용된다.

로봇 시스템의 전체적인 제어는 Intel NUC mini-PC에서 이루어진다. PC의 운영체제는 Ubuntu 20.04이고, ROS Noetic을 이용하여 각종 센서로부터 입력된 데이터를 처리하고 제어 명령을 내린다. 모터 제어는 아두이노 메가(Arduino Mega)가 담당하는데, I/O 핀과 모터 드라이버가 연결되어 인휠모터의 RUN/BRAKE 및 START/STOP, 회전 방향과 각속도를 제어한다.

IV. 병원 안내 로봇 이동 제어

1. 이동 제어를 위한 기구학 분석

그림 3은 2D 좌표계에서 나타난 병원 안내 로봇이다. 로봇의 자세는 벡터 $X(x, y, \theta)$ 로 나타낼 수 있고, 오른쪽과 왼쪽 바퀴가 회전함에 따라 발생하는 속도는 v_R 과 v_L 로 표기했다. 양쪽 바퀴가 회전함에 따라 나타나는 로봇의 직진과 회전 속도는 v 와 ω 이고, ICR은 로봇의 순간회전중심(Instantaneous Center of Rotation)이다.

로봇의 속도와 바퀴의 각속도 사이의 관계는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다[13].

$$\begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{d}{4} & \frac{d}{4} \\ \frac{d}{2L} & -\frac{d}{2L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서 d 는 바퀴의 지름, L 은 양쪽 바퀴 간 거리이고, $\dot{\phi}_r$, $\dot{\phi}_l$ 은 오른쪽과 왼쪽 바퀴의 각속도이다. 속도 명령으로 로봇을 제어하기 위해서는 해당 속도를 달성하기 위한 바퀴

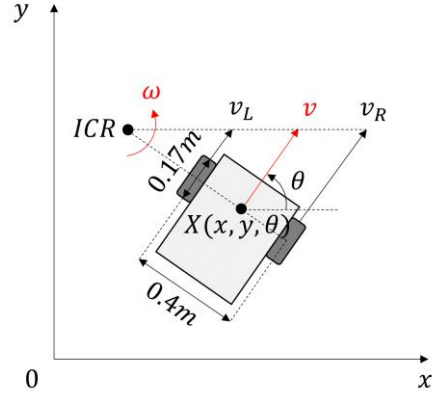


그림 3. 2D 좌표계에서의 병원 안내 로봇.

Fig. 3. Hospital guide robot in 2D cartesian coordinate system.

의 각속도를 계산해야 한다. 따라서 식 (6)에서 역행렬을 구하여 식 (7)을 얻었다. 병원 안내 로봇의 경우 바퀴 지름 $0.17m$, 바퀴간 거리는 $0.4m$ 이므로, 최종적인 로봇의 속도와 바퀴 각속도 간 관계는 식 (8)과 같다.

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{d} & \frac{L}{d} \\ \frac{2}{d} & -\frac{L}{d} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11.765 & 2.353 \\ 11.765 & -2.353 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (8)$$

바퀴의 각속도를 측정하기 위해 인휠모터에 내장되어 있는 엔코더를 이용했다. 표 2에 나타난 것처럼 선정된 인휠모터의 엔코더 해상도는 4,096PPR (Pulses Per Revolution)이다. 따라서 바퀴가 각속도 $\dot{\phi}_{wheel}$ 로 회전할 때 1초당 발생하는 펄스 수 PPS (Pulses Per Second)는 식 (9)와 같이 계산할 수 있다.

$$PPS = 4096 \frac{\text{pulses}}{\text{rev}} \times \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \times \dot{\phi}_{wheel} \frac{\text{rad}}{s} \quad (9)$$

계산된 PPS를 추종하기 위해 PID 제어 기법을 이용했다. 로봇에 속도 명령이 주어지면 아두이노 메가 컨트롤러는 식 (8)-(9)에 의해 양쪽 바퀴의 각속도 및 목표 PPS를 계산한다. 샘플링 시간마다 측정된 PPS와 목표 PPS 간의 오차를 계산하고, 이 오차를 줄이기 위해 PWM (Pulse Width Modulation) 신호의 값을 제어한다. 그 결과 PWM 출력값에 의해 결정되는 바퀴의 각속도는 로봇이 속도 명령에 따라 이동할 수 있도록 제어된다.

제어의 유효성을 검증하기 위해 로봇이 직진할 때, 로봇이 회전할 때, 직진과 회전이 동시에 일어날 때의 3가지 경우를 고려하여 실험을 진행했다. 샘플링 시간 $0.1s$ 마다 속도 명령을 0.1 단위로 변화시키며 양쪽 바퀴가 목표 PPS를 달성하는지 확인하였다. 본 실험에서 엔코더 펄스 수는 로봇이 앞쪽 방향으로 이동할 때를 기준으로 증가한다. 즉, 왼쪽 바퀴는 시계 반대 방향, 오른쪽 바퀴는 시계 방향으로 회전할 때 펄스 수가 증가하고, 그 반대일 경우 감소한다. 또한 PID 제어기의 제어 이득 K_P , K_I , K_D 는 각각 0.1 , 1.0 , 0.01 로 설정했다.

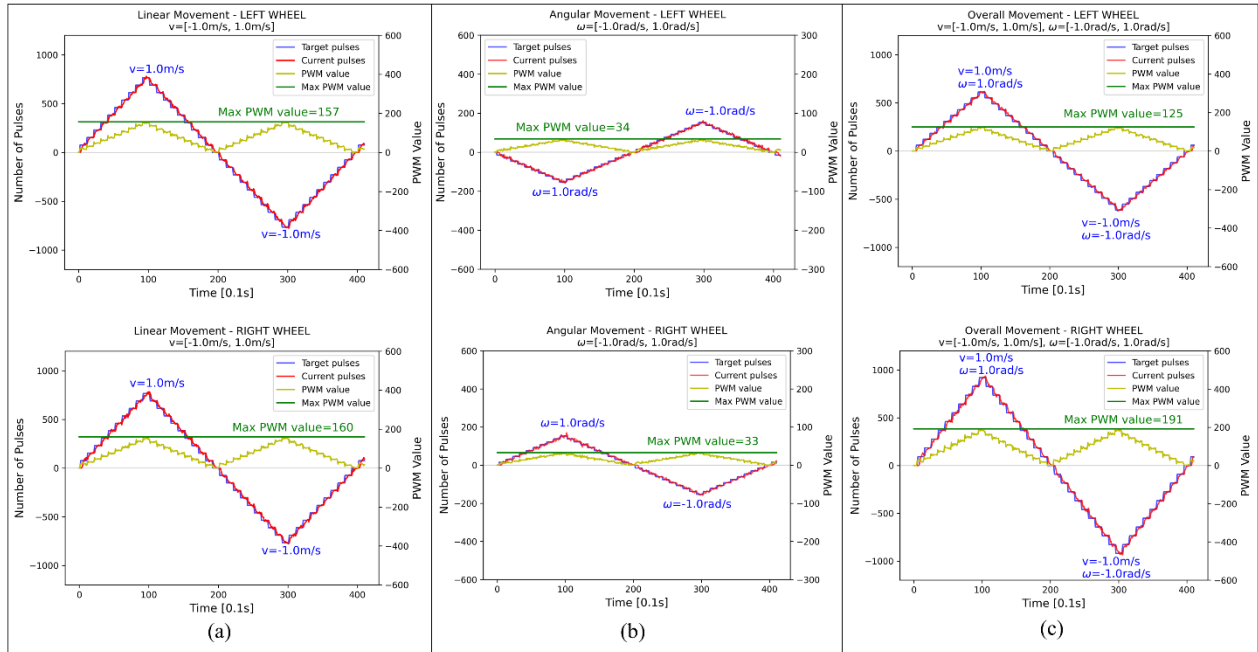


그림 4. 주어진 속도 명령을 달성하기 위한 로봇 바퀴의 각속도 제어 결과. (a) 직진 명령, (b) 회전 명령, (c) 직진과 회전 명령이 함께 있는 경우. 상단의 그래프는 왼쪽 바퀴, 하단의 그래프는 오른쪽 바퀴에 해당한다.

Fig. 4. Results of angular velocity control of the robot wheels to achieve a given velocity command. (a) linear velocity command, (b) angular velocity command, and (c) both commands. the upper graphs correspond to the left wheel, and the lower graphs correspond to the right wheel.

실험 결과를 그림 4에 나타냈다. 상단에는 왼쪽 인휠모터의 그래프, 하단에는 오른쪽 인휠모터의 그래프를 나타냈다. 그래프의 x축은 시간, 좌측 y축은 엔코더 펄스의 수, 우측 y축은 PWM 출력값을 의미한다. 이때 파란색 선과 빨간색 선은 각각 샘플링 시간 동안의 목표 PPS와 측정된 PPS이다. 또한 노란색 선은 PWM 출력값, 초록색 선은 PWM 신호의 최댓값이다. 시간의 단위는 0.1s이다.

그림 4(a)는 로봇의 직진 속도를 구간 $[-1.0\text{m/s}, 1.0\text{m/s}]$ 에서 0.1m/s 단위로 변화시킨 결과이다. PWM 출력의 최댓값은 왼쪽 인휠모터 157, 오른쪽 인휠모터 160로 나타났다. 그림 4(b)는 로봇의 회전 속도를 구간 $[-1.0\text{rad/s}, 1.0\text{rad/s}]$ 에서 0.1rad/s 단위로 변화시킨 결과이다. 로봇이 제자리에서 회전해야 하기 때문에 양쪽 바퀴의 회전 방향이 반대인 것을 확인할 수 있다. PWM 신호의 최댓값은 왼쪽 인휠모터 34, 오른쪽 인휠모터 33으로 나타났다. 그림 4(c)는 동일한 조건으로 직진 속도와 회전 속도를 모두 변화시킨 결과이다. PWM 신호의 최댓값은 왼쪽 인휠모터 125, 오른쪽 인휠모터 191로 나타났다. PID 제어를 통해 로봇이 주어진 속도 명령을 달성하기 위해 목표 PPS를 빠르고 정확하게 추종하는 것을 확인했다.

2. 센서 융합을 통한 로봇의 자세 추정

엔코더를 이용하여 주행 거리(odometry)를 측정함으로써 이동 로봇의 자세를 추정할 수 있다. 하지만 단일 센서만 이용하는 경우 오차가 누적되는 특성이 있기 때문에 다양한 센서를 융합하여 이를 보정하는 방법들이 연구되어 왔다[14-16]. 병원 안내 로봇에는 확장 칼만 필터(extended Kalman filter)를 이용하여 엔코더와 IMU 센서 데이터를 결합하는 자세 추정 기법을 적용했다.

확장 칼만 필터를 이용해 엔코더와 IMU 데이터를 결합했

을 때와 엔코더만 이용했을 때의 자세 추정 성능을 비교하는 실험을 진행하였다. 병원 안내 로봇이 반지름 1m인 원을 따라 움직이도록 직진 속도 0.3m/s , 회전 속도 0.3rad/s 로 총 3바퀴 회전시키고, 최종 자세는 초기 자세와 동일하도록 정지시켰다. 3바퀴 중 마지막 바퀴의 궤적을 그림 5에 나타냈다. 각 점과 화살표는 로봇의 위치와 로봇이 향하고 있는 각도를 의미한다. 빨간색은 계산을 통해 얻은 로봇의 이상적인 궤적, 초록색은 센서 융합을 통한 자세 추정 결과, 파란색은 엔코더만 이용한 자세 추정 결과를 나타낸다.

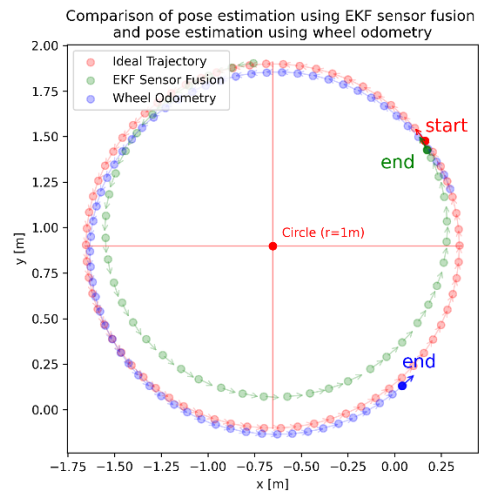


그림 5. 바퀴 주행 거리 정보를 이용한 자세 추정과 확장 칼만 필터를 적용하여 결합된 자세 추정 결과 비교.

Fig. 5. Comparison of pose estimation using EKF sensor fusion and pose estimation using wheel odometry.

추정된 자세들로 그린 궤적은 엔코더만 이용한 경우 반지름이 1.00m 인 원, 센서를 융합한 경우 반지름이 0.93m 인 원이었다. 하지만 최종 자세의 추정값과 초기 자세의 오차를 계산한 결과, 엔코더만 이용한 경우 거리 오차 1.352m, 각도 오차 1.493rad(85.54°)로, 상당한 오차가 누적된 것을 확인하였다. 반면 센서를 융합한 경우, 거리 오차 0.052m, 각도 오차 0.157rad(9.00°)로 나타났다. 안내 로봇은 최종 목적지에 도달했을 때 위치와 방향이 중요하기 때문에 병원 안내 로봇에는 센서 융합을 통한 자세 추정 방법이 더 적합하다고 볼 수 있다.

V. 향상된 인간-로봇 상호작용

최근 많은 병원에서 외래 환자 진료에 대한 오류를 개선하고 업무 효율을 향상시키기 위해 QR코드/바코드 및 RFID를 도입하고 있다[17]. 환자 정보가 담긴 QR코드를 이용한 병원 안내 시스템을 로봇에 적용함으로써 환자에 대한 잘못된 검사나 투약을 방지하고, 환자에게 보다 원활한 안내 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서 제안하는 QR코드를 이용한 병원 안내 시스템을 그림 6에 나타냈다. 담당 의사가 환자 문진 후 환자의 이름, 나이, 성별, 증상, 진료 순서 등의 정보를 환자 관리용 클라우드 서버에 입력하면 해당 정보를 담은 QR코드를 생성할 수 있다. 생성된 QR코드를 병원 안내 로봇의 카메라를 통해 입력하면 로봇은 환자의 정보 및 진료 순서를 저장한다. 이후 간호사 등 의료 종사자가 환자의 정보 및 진료 순서를 확인하고, ‘안내 시작’ 버튼을 누르면 로봇이 목적지까지 안내를 수행한다. 로봇은 목적지에 도착하면 방문 기록에 현재 기록을 저장하고, 클라우드 서버의 방문 기록을 업데이트한다. 각 진료과마다 의료 종사자가 환자 정보를 확인하고 다음 목적으로 로봇과 환자를 함께 보내는 방식으로 진료가 이루어진다.

병원 환경에서 그림 6의 골절 환자가 진료를 받는 시나리

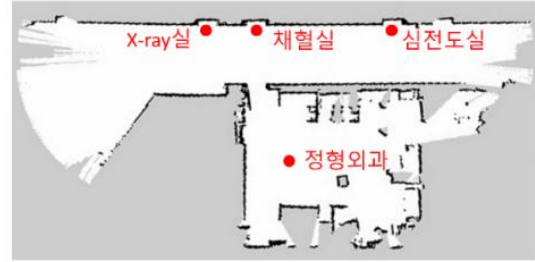


그림 7. 병원 환경 지도.

Fig. 7. Hospital environment map.

오를 토대로 실험을 진행하였다. 로봇이 LiDAR 센서를 이용해 미리 작성한 병원 환경 지도를 그림 7에 나타냈다. 환자의 정보가 담긴 QR코드를 로봇에 입력하고, 환자 정보를 확인한 뒤 ‘안내 시작’ 버튼을 눌러 로봇을 목적지까지 이동시켰다.

ROS의 시각화 툴 Rviz를 이용해 실험 결과를 그림 8에 나타냈다. 안내 순서는 (a)정형외과, (b)채혈실, (c)심전도실, (d)X-ray실이고, 각 장소의 위치는 지도 위에 이름을 표기했다. 추정된 안내 로봇의 위치는 지도상에 병원 안내 로봇 그림으로 표시하였고, 지도 오른쪽에는 로봇의 실제 위치를 확인할 수 있도록 사진을 배치했다. 실험을 통해 로봇이 클라우드 서버와 통신하며 정해진 진료 순서대로 안내를 수행하는 것을 확인했다.

VI. 결론

본 논문에서는 안정적인 이동성과 인간-로봇 상호작용에 주목하여 병원에서 운용할 수 있는 안내 로봇을 제안했다. 병원 안내 로봇의 이동성을 위하여 로봇의 기계 및 전기 시스템 구현과 기구학 분석이 이루어졌고, 확장 칼만 필터를 이용한 센서 융합을 통해 로봇의 자세 추정 정확도를 향상시

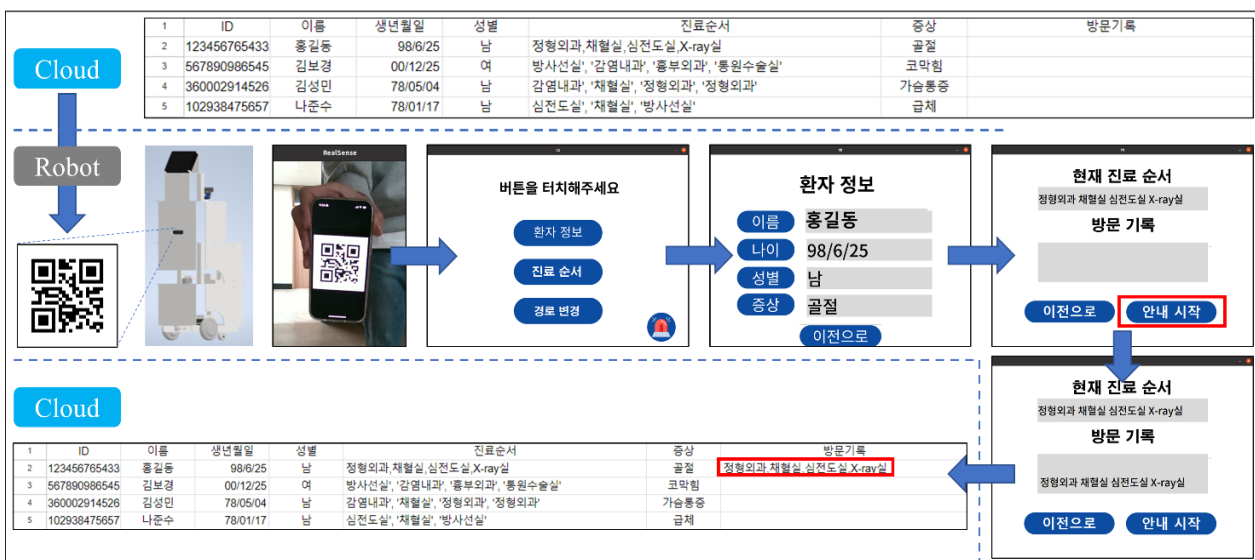


그림 6. 병원 안내 시스템.

Fig. 6. Hospital guidance system.

켰다. 또한 병원 안내 시스템 및 GUI를 개발하여 로봇에 적용하였고, 실험을 통해 로봇이 원활한 안내 서비스를 제공할 수 있음을 검증했다. 이를 통해 초고령화 사회로 접어드는 대한민국 사회에서 고령 환자들에게는 질 높은 의료 서비스를 제공하고, 의료진에게는 진료에 집중할 수 있는 환경을 조성할 수 있을 것으로 기대된다.

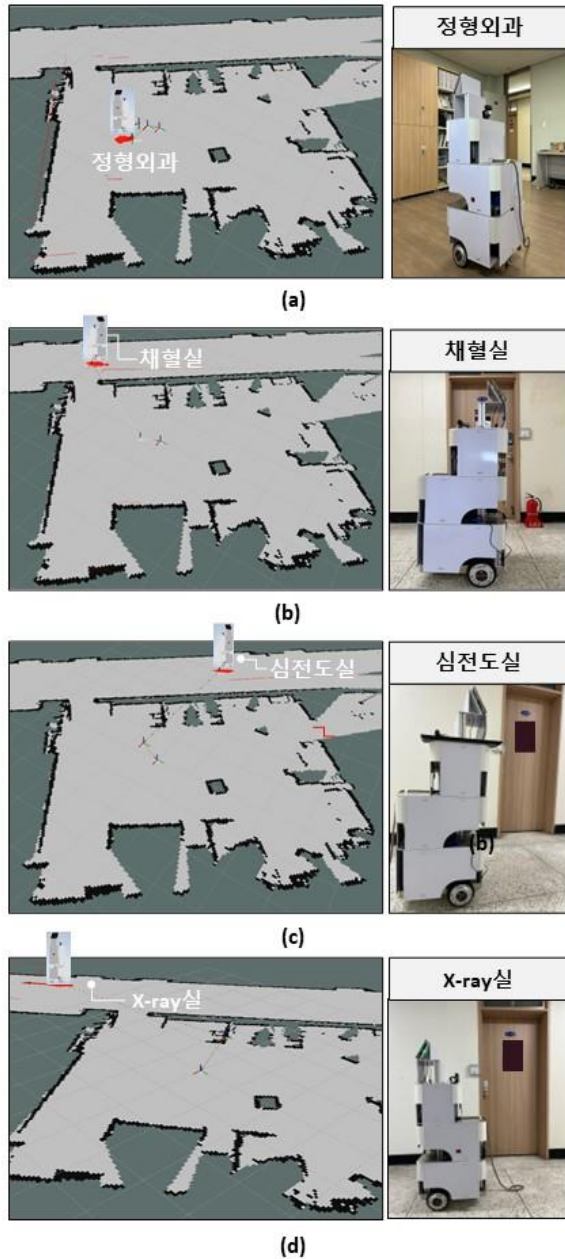


그림 8. 병원 안내 실험 결과. (a) 정형외과, (b) 채혈실, (c) 심전도실, (d) X-ray실로 안내를 수행한 결과이다. 좌측 그림은 ROS Rviz에 나타나는 화면이고, 우측 그림은 목적지에 도착한 로봇의 사진이다.

Fig. 8. Hospital guide test results. The results of guidance to (a) orthopedics, (b) blood sampling room, (c) electrocardiogram room, and (d) X-ray room. The pictures on the left are the screens that appear in ROS Rviz, and the pictures on the right are photos of the robot reached its destinations.

REFERENCES

- [1] S. A. Jang and K. H. Jeong, "2022 Elderly Population Statistics," Statistics Korea, Report, 2022.
- [2] J. Kim and J. Yang, "'So, I Can't Do It.' We followed grandma for her health checkup," KukminIlbo, Report, 2020, <https://m.kmib.co.kr/view.asp?arcid=0014864913>.
- [3] W. Burgard, A. B. Cremers, D. Fox, D. Hähnel, G. Lakemeyer, D. Schulz, W. Steiner, and S. Thrun, "Experiences with an interactive museum tour-guide robot," *Artificial Intelligence*, vol. 114, no. 1-2, pp. 3-55, Oct. 1999.
- [4] S. Thrun, M. Bennewitz, W. Burgard, A. B. Cremers, F. Dellaert, D. Fox, D. Hähnel, C. Rosenberg, N. Roy, J. Schulte, and D. Schulz, "MINERVA: a second-generation museum tour-guide robot," *Proceedings 1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Detroit, MI, USA, vol. 3, pp. 1999-2005, May. 1999.
- [5] H. M. Gross, H. J. Boehme, C. Schroeter, S. Mueller, A. Koenig, Ch. Martin, M. Merten, and A. Bley, "ShopBot: Progress in developing an interactive mobile shopping assistant for everyday use," *2008 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Singapore, pp. 3471-3478, Oct. 2008.
- [6] B. P. E. Alvarado Vásquez and F. Matía, "A tour-guide robot: Moving towards interaction with humans," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 88, pp. 103356-103363, Feb. 2020.
- [7] T. Lio, S. Satake, T. Kanda, K. Hayashi, F. Ferreri, and N. Hagita, "Human-like guide robot that proactively explains exhibits," *International Journal of Social Robotics*, vol. 12, pp. 549-566, May. 2020.
- [8] G. Kim, W. Chung, K. R. Kim, M. Kim, S. Han, and R. H. Shinn, "The autonomous tour-guide robot Jinny," *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Sendai, Japan, vol. 4, pp. 3450-3455, Sep. 2004.
- [9] T. B. Ahn and E. S. Kang, "Improvement of mobile tour-guide robots from the perspective of users," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 18, no. 10, pp. 955-963, Oct. 2012.
- [10] J. Lee, "'MariaBot' for route guidance and 'PaulBot' for making rounds with doctors: 'Reducing the workload of medical personnel and enhancing the quality of medical care,'" DongAIlbo, Report, 2019, <https://www.donga.com/news/%20It/article/all/20190625/96174635/1>.
- [11] J. Lee, "[Medical field with medical specialist Jinhan Lee] 'Patients come before money' - A one-stop hospital in a medically underserved area," DongAIlbo, Report, 2021, <https://www.donga.com/news/It/article/all/20210706/107809395/1>.
- [12] S. Jeon, H. Yeom, M. Choi, and M. Kim, "Design and manufacture of a power wheelchair by upper-body tilt estimated by a complementary filter," *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems*, vol. 28, no. 1, pp. 6-12, Jan. 2022.
- [13] R. Siegward and I. R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, 1st Ed., The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2004.
- [14] Y. Park, J. Jun, and H. I. Son, "Three-axis Attitude Control of Chinese Cabbage Harvester Cutting Device Based on Sensor

- Fusion,” *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems (in Korean)*, vol. 27, no. 3, pp. 277-284, Mar. 2021.
- [15] S. Lee, Y. J. Kwon, S. U. Lee, J. H. Kim, and J. W. Park, “Position Tracking of Pipe-Climbing Robot for Pipe Structure Inspection,” *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems (in Korean)*, vol. 27, no. 6, pp. 428-434, Jun. 2021.
- [16] D. H. Lee, J. K. Kim, J. S. Oh, X. Y. Li, C. Ryu, and H. Kim, “Precise Compensation of Estimated Distance by Pose Estimation using Camera-IMU Sensor Fusion,” *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems (in Korean)*, vol. 28, no. 12, pp. 1161-1169, Dec. 2022.
- [17] Seoul National University Hospital, “Seoul National University Hospital entrance system change notice,” Report, 2020, http://www.snuh.org/board/B003/view.do?bbs_no=5218&pageIndex=1&restrictedBbsType=&viewType=&cate_cd=&searchKey=all&searchWord=.



최 병 선

2022년 전북대학교 전자공학부 졸업.
2022년~현재 전북대학교 대학원 전자정
보공학부 석사과정 재학 중. 관심분야
는 로보틱스, 자율주행, 인공지능.



박 재 병

2000년 성균관대학교 전기·전자 및 컴
퓨터공학부 학사 졸업. 2002년 서울대학
교 전기·컴퓨터공학부 석사 졸업. 2006
년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박
사 졸업. 2006~2007년 서울대학교 전기
·컴퓨터공학부 BK21 박사 후연구원.
2007년~ 현재 전북대학교 전자공학부 교수. 관심분야는 원격
이동로봇제어, 다중이동로봇제어, 이동로봇 진북회피제어, 인
공지능.