

# 제스처 기반 인간-로봇 인터페이스의 구현

## Implementation of a Gesture-Driven Human-Robot Interface

장욱, 조준기, 방원철, 최은석, Jing Yang, 조성정, 오종구, 김동윤  
삼성종합기술원

Wook Chang, Joon Kee Cho, Won-Chul Bang, Eun-Seok Choi, Jing Yang, Sung-Jung Cho, J. K. Oh and D. Y. Kim

Samsung Advanced Institute of Technology

[wook.chang@samsung.com](mailto:wook.chang@samsung.com)

### Abstract

본 논문은 이동 로봇의 조작에 관한 것으로, 특히 로봇의 이동 경로 또는 목적지를 사용자가 매우 직관적으로 설정할 수 있도록 하는 조작 방법에 관한 것이다.

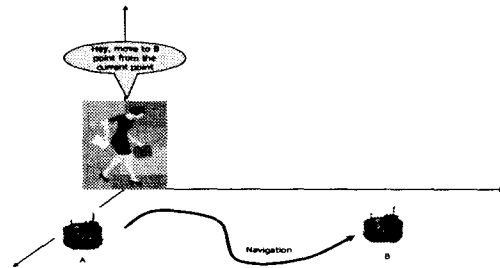
## I. 서론

그간 로봇은 주로 산업 현장에 설치되어 사용되어 왔으나 최근에는 그 활용 범위가 일반 가정애까지 미치고 있다. 사용자는 이러한 가정용 로봇에게 명령을 내리기 위해 음성, 조이스틱 등을 사용하나 이러한 방식들은 복잡한 명령을 전달하기에는 부족한 방식이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 사용자가 손쉽게 손짓 (제스처)를 이용해 로봇에게 명령을 내릴 수 있는 방법을 구현한다.

## II. 기본 개념

그림 1은 본 논문의 기본 개념을 도시한 것이다. 사용자는 손짓을 인식할 수 있는 휴대 가능한 장치 (이하 리모컨이라 칭함)를 이용해 로봇에게 A 지점에서 B 지점으로 이동하도록 명령을 내린다. 지시된 명령은 로봇이 이해할 수 있는 로봇 자체의 명령으로 바뀌고 로봇은 자체의 주행 알고리즘을 이용해 해당 지점으로 이동하게 된다.

그림 1 본 논문의 기본 개념



여기서, X-Y-Z 좌표계는 가상적인 3차원 좌표계로 그 XY 평면은 실내 바닥과 평행하며 또한 중력 방향에 수직이다. 사용자가 리모컨을 A 지점으로부터 B 지점을 가리키도록 이동하면 시스템은 리모컨에 의해 생성되는 시선 (LOS; Line Of Sight)과 XY 평면 (실내 바닥)이 만나는 점들 (이하 목표 지점)을 계산한다. 이 목표 지점들이 바로 사용자가 의도하는 로봇의 이동 경로이다.

그림 2 본 논문의 블록 구성도

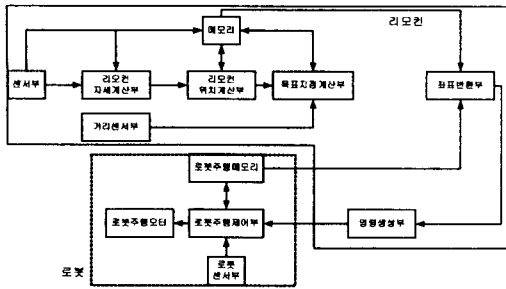


그림 2는 본 논문의 실시 예에 따른 로봇 조작의 블록 구성을 도시한 것이다. 그림 2에서, 센서부는 본 논문에서 제안한 조작 방식을 구현하기 위해 필요한 리모컨의 자세 및 위치 정보를 계산하기 위해 필요한 측정치를 제공하기 위한 것이다. 본 논문에서 센서부는 가속도 센서 (accelerometer), 각속도 센서 (gyroscope), 지자기 센서 (magnetic sensor)로 구성되어 있다.

리모컨자세계산부는 센서부에서 얻어진 데이터를 바탕으로 리모컨의 기준 좌표계에서 본 리모컨의 자세를 계산하며 리모컨 위치 계산부는 센서부에서 얻어진 측정치와 자세계산부에서 계산한 값을 바탕으로 기준 좌표계에서 본 리모컨의 위치를 계산한다. 이러한 계산 방식은 통상 관성 항법 시스템 (INS; Inertial Navigation System) 이론이라는 학문 분과에 속한다 [1][2], [3]. 앞서 기술한 블록들에 의해 측정되거나 계산된 결과들을 바탕으로 목표지점계산부는 수학적 알고리즘을 이용해 사용자가 실제로 가리킨 목표 지점을 계산한다.

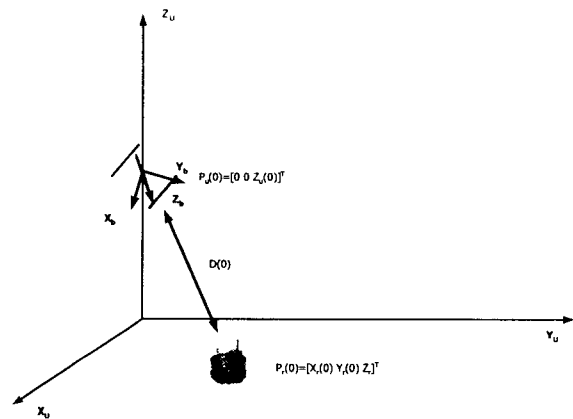
실제로 로봇에게 의미가 있는 명령을 전달하기 위해서는 리모컨의 목표지점계산부에서 계산한 목표지점을 로봇 기준 좌표계에서 본 목표지점으로 변환해야 한다. 이러한 작업을 좌표변환부에서 수행한다. 이 변환을 수행하기 위해 좌표변환부는 리모컨 메모리와 로봇 메모리에 저장된 정보, 그리고 리모컨과 로봇 사이의 거리를 측정하는 거리센서부에서 얻어진 정

보를 사용한다

좌표변환부에 의해 얻어진 변환된 목표지점 정보를 이용해 명령생성부는 적절한 주행 명령을 생성하며 이 주행 명령에 따라 로봇주행제어부는 실제적인 로봇의 주행을 담당하는 주행모터를 제어한다. 로봇에게 전달되는 명령은 단순히 주행 경로 또는 최종 목표 지점이므로 로봇은 자체적인 로봇센서부와 로봇주행메모리를 이용해 자율 주행을 수행한다.

### III. 알고리즘 설계

그림 3 리모컨 기준 좌표계에서 본 리모컨과 로봇간의 초기 위치 관계



먼저 그림 2에서 목표지점계산부까지의 과정을 상술한다.그림 3은 리모컨의 기준 좌표계에서 본 로봇과 리모컨 간의 초기 위치 관계를 도시한 것이다. 리모컨은 초기에 자신의 동체 좌표계의 Z 축 ( $Z_b$ )을 로봇을 향해 위치해 있다. 여기서 리모컨의 기준 좌표계는 본 논문의 실시예가 동작을 시작할 때 가상적으로 정해지는 좌표계이며 동체 좌표계는 리모컨 자체의 좌표계이고 각각 첨자 u와 첨자 b로 표시한다. 이 기준 좌표계에서 리모컨의 X, Y 좌표값은 0으로 설정된다. 그리고 리모컨 기준 좌표계의 XY 평면은 중력 방향에 수직인 평면으로 설정한다. 이러한 설정에 따라 논리의 비약 없이 리모컨 기준 좌표계의 XY 평면은 로봇이 주행해야 할 실내 평면과 중첩됨을 알 수 있다. 이

기준 좌표계에서 리모컨과 로봇의 위치 관계를 알기 위해서는 리모컨의 위치

$P_u(0) = [x_u(0) \ y_u(0) \ z_u(0)]^T$  와 로봇의 위치

$P_r = [x_r(0) \ y_r(0) \ z_r(0)]^T$  을 구해야 한다.

앞서 언급했듯이 리모컨의 초기 X, Y 위치는 0으로 설정하였으며 로봇은 실내 평면 상에서 주행하므로 로봇의 Z축 위치는 0으로 둘 수 있다. 그러나 로봇은 일정한 높이를 가지고 있으므로 여기서는 로봇의 Z축 위치를 로봇의 높이  $z_r$ 로 설정한다. 따라서 리모컨과 로봇의 초기 위치는 각각  $P_u(0) = [0 \ 0 \ z_u(0)]^T$  ,

$P_r = [x_r(0) \ y_r(0) \ z_r]^T$  이다. 두 위치 사이의 관계는 (1)로 기술할 수 있다.

$$\begin{aligned} C_b^u i_{bz} D(0) &= P_r(0) - P_u(0) \\ &= [x_r(0) \ y_r(0) \ z_r - z_u(0)]^T \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $i_{bz} = [0 \ 0 \ 1]^T$  는 동체 좌표계의 Z축 방향의 단위 벡터이며  $D(0)$  는 리모컨과 로봇 간의 초기 거리이고  $C_b^u$  은 방향 코사인 행렬 (Direction Cosine Matrix)이다.

(1)에서 방향 코사인 행렬  $C_b^u$  와 리모컨과 로봇 간의 거리  $D(0)$  를 알면 나머지 세 개의 미지수  $z_u(0)$  ,  $x_r(0)$  ,  $y_r(0)$  는 (1)에서 직접 구할 수 있다. 방향 코사인 행렬  $C_b^u$  는 센서부에서 측정된 신호를 이용해 리모컨자세계산부에서 얻는다.

본 논문에서 리모컨과 로봇간의 초기 거리  $D(0)$  는 초음파 센서를 이용해 측정하였다.

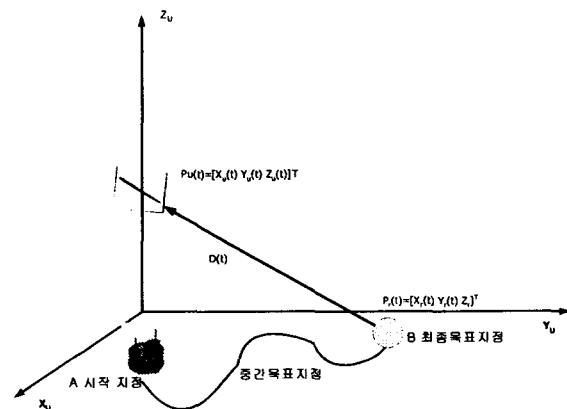
다음으로는 사용자가 리모컨을 움직여 로봇이 이동해야 하는 최종 목적지 또는 중간 경로

를 지정할 때 필요한 사항들을 상술한다. 먼저 그림 4와 같이 사용자가 리모컨을 움직여 로봇이 가야 할 최종 목적 지점 B를 가리키는 경우를 생각하자. 이 때 로봇은 여전히 시작 지점 A에 있는 상태이다. 이 경우 시작 지점 A와 로봇이 가야 할 목적 지점 B 간의 위치 관계는 (1)과 유사하게 기술할 수 있다.

$$\begin{aligned} C_b^u(t) i_{bz} D(t) &= P_r(t) - P_u(t) \\ &= [x_r(t) - x_u(t) \ y_r(t) - y_u(t) \ z_r - z_u(t)]^T \end{aligned} \quad (2)$$

여기서  $D(t)$  는 목적 지점 B에 로봇이 도달할 경우에 측정되는 리모컨과 로봇의 상단 사이의 거리,  $P_r(t)$  는 로봇이 목적 지점 B에 도달했을 경우 리모컨 기준 좌표계에서 본 로봇의 X, Y, Z 좌표,  $P_u(t)$  는 리모컨이 목적 지점 B를 가리킬 때 리모컨 기준 좌표계에서 본 X, Y, Z 좌표 값이다.

그림 4 본 논문의 동작 중에 발생하는 리모컨과 로봇 간의 위치 관계



앞서 본 논문의 실시예에서 리모컨의 센서부는 가속도 센서, 각속도 센서, 지자기 센서로 구성되어 있으며 이러한 센서 조합을 사용하면 관성 항법 이론을 이용해 시스템의 위치를 계산할 수 있음을 언급하였다. 즉 (2)에서

$$P_u(t) = [x_u(t) \ y_u(t) \ z_u(t)], C_b^u \text{ 를 구할 수}$$

있으며 미지수는  $x_r(t)$ ,  $y_r(t)$ ,  $D(t)$  세가지 이이므로 간단한 계산에 의해 앞의 세 미지수를 계산할 수 있다.

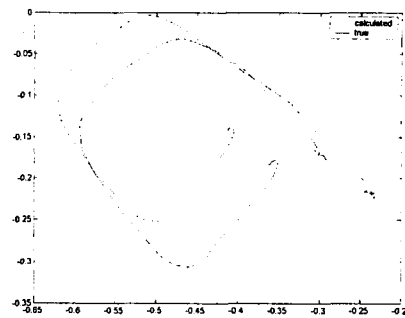
그러나, 상술한 방법을 이용해 구한 로봇의 위치 정보는 모두 리모컨 기준 좌표계에서 본 값이다. 로봇을 조작하기 위해서는 이 값들을 로봇이 자체에 내장한 기준 좌표계 (로봇 기준 좌표계)에서 본 값으로 변환하는 과정이 필요하다. 이 과정은 그림 2의 좌표변환부에서 수행된다.

리모컨 기준 좌표계와 로봇 기준 좌표계는 두 좌표계 모두 공히 XY 평면이 중력 방향에 수직이다. 따라서 오일러 각 중 구해야 하는 것은 두 좌표계의 상대적인 헤딩 각, 즉, 요 각의 차이이다. 여기서 주의할 점은 해당 요각은 동일한 기준 좌표계에서 측정된 값이어야 한다. 본 논문의 실시 예에 따른 구성에 따르면 리모컨은 지자기 센서를 구비해 자체의 절대 요각을 측정할 수 있다. 또한 상당수 자율 주행이 가능한 로봇들 또한 지자기 센서를 구비해 절대 요각을 측정할 수 있다 [3]. 두 시스템이 계산하는 요 각 모두 북극을 기준으로 하는 기준 좌표계에서 측정된 것이며 따라서 리모컨 기준 좌표계와 로봇 기준 좌표계의 요각 차이는 손쉽게 구할 수 있다.

#### IV. 실험

본 논문에서 제안한 방법의 효용성을 검증하기 위한 실험을 수행한다. 실험을 위해 사용한 장비는 Intersense사의 IS-900 3차원 위치 추적기, 자체 제작한 관성 센서 모듈, SRF04 초음파 거리 측정기이다. 그림 5는 사용자가 의도한 주행 경로를 제안한 방법으로 복원한 경우와 IS-900을 이용해 복원한 경우를 보인다. 그림에서 보듯이 제안한 방법은 실제 사용자가 의도한 이동 궤적에 매우 근접함을 알 수 있다. 실제 사용자가 의도한 이동 궤적은 IS-900 시스템을 이용해 추출하였다.

그림 5 실험 결과



#### V. 결론

이상에서 설명한 바와 같이 본 논문은 사용자가 로봇의 움직임에 관한 명령을 매우 직관적이고도 손쉽게 가할 수 있도록 한다. 제안한 방법을 이용해 사용자는 복잡한 경로를 움직이는 명령을 손쉽게 로봇에게 전달할 수 있다. 더해서 본 논문을 구현하기 위해서는 카메라와 같은 외부 장비를 설치할 필요가 없으므로 구현 비용도 매우 저렴한 이점이 있다.

#### 참고문헌

- [1] J. A. Farrel and Matthew Barth, The Global Positioning System & Inertial Navigation, McGraw-Hill, 1999.
- [2] G. Minkler and J. Minkler, Theory and Application of Kalman Filtering, Magellan
- [3] G. Grenon, P. E. An, S. M. Smith and A. J. Healey, "Enhancement of the Inertial Navigation System for the Morpheus Autonomous Underwater Vehicles," IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 26, no. 4, pp. 548-560, Oct. 2001.
- [4] G. Dissanayake, S. Sukkarieh, E. Nebot and H. Durrant-Whyte, "The Aiding of a Low-Cost Strapdown Inertial Measurement Unit Using Vehicle Model Constraints for Land Vehicle Applications," IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vo. 17, No. 5, pp. 731-747, Oct. 2001.
- [5] D. Perzanowski, A. C. Schultz, W. Adams, E. Marsh and M. Bugajska, "Building a Multimodal Human-Robot Interface," IEEE Intelligent Systems, pp. 16-21, Jan.-Feb. 2001.