

# 병원용 서비스 로봇의 제어시스템

박태호\*(부산대 대학원), 최경현(제주대), 이석희(부산대)

## Control System of Service Robot for Hospital

Tae-Ho Park\*(Graduate School, Pusan National Univ.),  
Kyung-Hyun Choi(Cheju National Univ.), Seok-Hee Lee(Pusan National Univ.)

### ABSTRACT

This paper addresses a hybrid control architecture for the hospital service robot, SmartHelper. In hybrid architecture, the deliberation takes place at planning layer while the reaction is dealt through the parallel execution of operations. Hence, the system presents both a hierarchical and an heterarchical decomposition, being able to show a predictable response while keeping rapid reactivity to the dynamic environment. The deliberative controller accomplishes four functions which are path generation, selection of navigation way, command and monitoring. The reactive controller uses fuzzy and potential field method for robot navigation. Through simulation under a virtual environment IGRIP, the effectiveness of the hybrid architecture is verified.

**Key Words** : Service Robot (서비스 로봇), Control Architecture (제어구조), Virtual Environment (가상환경), Object-Oriented Paradigm (객체지향접근법), Fuzzy (퍼지)

### 1. 서론

향후 5년을 전후하여 로봇분야에서 시장수요가 급증할 것으로 예상되는 분야로서 서비스 로봇(service robot)분야를 들 수 있다. 서비스로봇의 시장은 의료, 건설, 공공복지, 오락, 예완용 등의 용도로 형성될 것이 예상되며, 점차 일상생활에서 인간을 대신 또는 보조하는 역할을 담당할 것으로 기대하고 있다. 또한, 서비스 로봇을 위한 연구는 선진국에서도 개발단계 초기에 있으므로 이에 대한 적극적인 투자와 연구개발을 통하여 세계적인 기술적 기반확보가 상대적으로 용이하며, 개발된 기술은 로봇의 지능화와 활용이 기대된다.

특히, 의학기술의 발달과 더불어 전 세계의 인구의 평균연령이 고령화됨에 따라 병원용 서비스로봇의 중요성도 나날이 커지고 있다. 한국의 경우 65세 이상의 노인의 수가 1960년도에는 72만 6천명, 1970년도에는 99만 1천명, 1980년도에는 1백 42만 6천명, 1990년도에는 2백 19만 5천명, 2000년에는 3백 37만 1천명으로 계속증가하고 있으며 2010년에는 전체인구의 10%에 도달할 것으로 추정된다.

병원용 서비스 로봇의 주된 목적은 환자를 보호하거나 고도의 사고를 필요로 하지 않는 단순한 반복작업을 수행함으로써 의료종사자들의 역할을 보조하는 것이다. 이를 성공적으로 수행하기 위해서는 인간의 두뇌작용에 해당하는 지능제어 시스템과

이를 바탕으로 한 자율기능, 높은 수준의 인간과 로봇과의 통신을 위한 적절한 인터페이스, 고기능 센서를 이용한 감각기능, 로봇의 활동범위를 넓혀주는 이동기능, 임무수행을 위한 처리 기능 등을 들 수 있다<sup>[1]</sup>.

이러한 다양하고 복잡한 작업을 수행하기 위해서는 지능제어기의 도입이 요구된다. 본 논문에서는 병원용 서비스 로봇(SmartHelper)을 위한 하이브리드 제어구조를 제안하고자한다. 이 제어구조는 Reactive 제어와 Deliberation 제어를 혼합한 형태이다. Deliberation 제어는 4가지 기능을 수행하며, Reactive제어는 주행제어를 위해 퍼지이론과 Potential field method를 적용하였다.

## 2. 병원용 서비스 로봇 (SmartHelper)

병원용 서비스 로봇의 주된 임무는 물건의 식별 및 집기, 문이나 서랍의 열고 닫음, 복도 주행, 엘리베이터 이용, 원하는 지점으로의 물건 운반 등을 들 수 있다. 이러한 임무들의 수행을 위해서 개발된 서비스 로봇인 SmartHelper가 Fig.1에 보여진다.

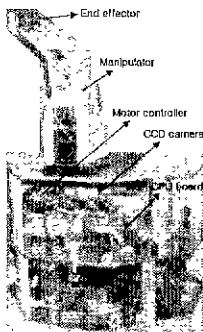


Fig. 1 Hardware components of SmartHelper

SmartHelper는 정확한 위치로 이동을 담당하는 이동부(Mobile module), 작업을 수행하기 위한 매니퓰레이터(Manipulator), 환경인식이나 이동에 필요한 센서부, 마지막으로 호스트 센터와 통신을 담당하는 통신모뎀으로 이루어져있다.

SmartHelper 제어기는 Fig.2에 보는바와 같이 온

보드제어기(On-board controller)와 오프보드제어기(Off-board controller)로 구성되어있다. 오프보드제어기는 유저 인터페이스부(User interface)로 가상 환경에서 SmartHelper의 작업 실행 및 운전 모니터링 기능 등을 담당하며, 작업 명령을 전송하기 전에 시뮬레이션을 통하여 미리 검증할 수 있는 기능을 가지고 있다. 통신은 RS-232C driver를 갖는 RF 모듈을 통해 이루어진다.

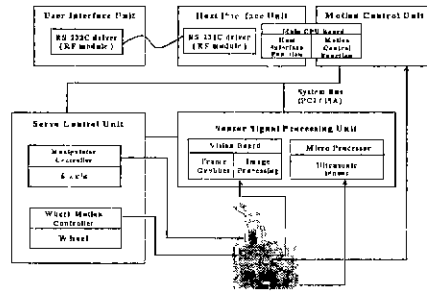


Fig.2 Schematic diagram of service robot controller

온보드제어기는 SmartHelper에 장착되어 있으며, 호스트 인터페이스부, 동작제어부, 서보제어부, 센서 신호처리부가 유기적인 결합을 통하여 오프제어기에서 주어진 명령을 수행한다. 호스트 인터페이스부는 오프라인제어기로부터 명령을 전송받거나 SmartHelper의 현재 상태를 알려주는 기능을 가지고 있으며, 유저 인터페이스부와 통신을 위해 마찬가지로 RS-232C driver를 갖는 RF 모듈을 이용한다.

동작제어부는 명령어의 해석과 궤적 계획 및 실시간 제어를 담당하는 SmartHelper 제어기의 핵심부이며, Reactive 제어와 Deliberation 제어를 동시에 구현하는 하이브리드 제어구조를 가지고 있으며, 온보드 컴퓨터 메인보드에서 소프트웨어로 처리된다.

시보제어부는 SmartHelper의 각 관절부의 위치나 토크 등의 명령치를 동작 제어부로부터 전달받아 모터의 위치제어나 토크 제어 기능을 수행한다.

센서 신호처리부는 SmartHelper의 동작 제어를 위한 센서 신호를 처리하는 부분으로 시각기능을 위해 image frame grabber 및 실시간 영상처리모듈

등의 하드웨어를 내장하고 물체의 위치/자세 정보를 동작제어기로 전달한다. SmartHelper에서는 장애물 회피나 자체의 위치 정보 추출을 위하여 초음파, 포토센서, Gyro 신호 처리 기능을 가지고 있다.

### 3. 하이브리드 제어구조

#### 3.1 하이브리드 제어

일반적인 이동로봇의 주행을 위해 behavior에 기반을 둔 Reactive제어를 사용하고 있다. 이러한 제어 구조는 센서에 의한 액츄에이터의 반응을 유한하게 정의하여 주행에서 일어나는 행위를 실시간으로 처리 할 수 있다. 그러나, 복잡한 계획이 요구되는 작업에는 적절하지 않는 단점을 가지고 있다.

반면에, 지식베이스에 근거를 두는 추론기능을 가지고 계획을 계획하고 수행하는 Deliberation 제어 구조는 전통적인 계층적인 제어 구조로서, 복잡한 작업에서도 전반적인 최적화를 이룰 수 있다. 그러나, 계획, 스케줄링 및 실행을 수행하는 여러 단계를 거쳐야하기 때문에 실시간 제어에 단점을 가지고 있다<sup>[3]</sup>.

본 연구에서는 두 제어 구조의 장점을 살릴 수 있는 하이브리드 제어 구조 Fig. 3과 같이 객체지향접근법으로 개발하였다. 최상위 레벨의 제어기인 Service Controller는 수행해야 할 작업을 계획하고, 여러 센서의 입력을 융합하여 작업 환경을 갱신한다. 또한, SmartHelper 자체의 내부 모델을 수정하여, 작업 계획의 에러를 최소화한다.

실시간을 위한 Reactive 제어는 Mobile Controller와 Manipulator Controller의 두 제어기에 의해서 이루어진다. 전자의 제어기는 이동 주행을 담당하며, 후자는 작업 처리를 위한 매니플레이터 제어를 담당한다. 이들 두 제어기는 주어진 작업의 원활한 수행을 위해 서로 연동하는 관계를 가지고 있다.

센서 처리부로부터 입력을 받은 후 Location finder객체에 의해 SmartHelper의 현재위치와 자세(orientation)를 인지할 수 있으며, Driving environment recognizer객체를 통하여 주변 환경을 인지하여 환경 맵(map) 갱신을 구현한다.

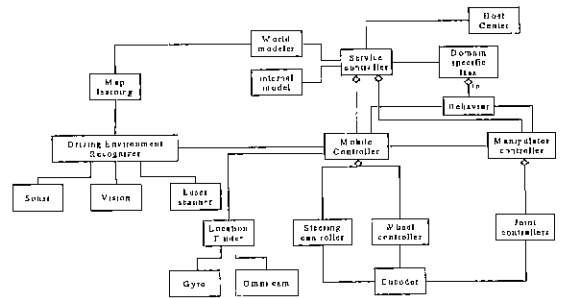


Fig. 3 Hybrid control architecture for SmartHelper

#### 3.2 Deliberation 제어

SmartHelper는 병원용 서비스 로봇이므로 그 이동환경이 어느 정도 정해져 있는 Semi-Structured environment이다. 본 논문에서는 환경을 모델링하기 위해 2, 3, 4 방향으로 나 있는 지역과 목적지를 각각 알파벳 L, T, X, G로 표시하였고, 벽이나 장애물은 각각 W, O로 나타내었다.

Table. 1 Navigation rule

	X	T	L
X	Hall	Hall	Hall
T	Hall	Wall	Hall
L	Hall	Wall	Wall

Deliberation 제어기는 경로생성, 주행방식결정, reactive 제어기로의 지령, 모니터링으로 크게 4가지 기능을 수행한다. 유저 인터페이스부에서 받은 목표점의 정보를 근거로 하여 기호로 모델링된 환경의 최적 경로생성을 한다. 생성된 경로를 바탕으로 하여 Table. 1에 나타난 주행물을 근거로 hall through, wall following, potential field와 같은 주행방식을 결정한다. wall following인 경우 모델링된 환경과 생성된 최적경로에 의해 left wall following과 right wall following이 결정된다. 주행방식이 결정되면 그와 함께 가려고 하는 위치정보를 reactive 제어기로 지령을 내린다. 그 후 deliberation 제어기는 reactive 제어기로부터 쉬고 있는지, 오류가 있는지, 작동중인지 등의 정보를 계속 받으며, 또한 로봇에 장착되어 있거나 주위환경에 설치된 비전 시스템으로 환경 맵(map)을 갱신한다. 이 때 예상

치 않은 장애물이 발생할 경우 주행방식결정 기능으로 피드백 되어 주행방식을 다시 결정하고 지령과 모니터링을 반복 수행한다.

### 3.3 Reactive 제어

Deliberation 제어기로부터 지령 받은 주행방식이 hall though, wall following일 경우 reactive 제어기는 퍼지이론<sup>[2]</sup>을 이용하여 로봇을 주행시킨다.

Fig. 4는 센서의 입력과 모터로의 출력에 대한 소속함수를 나타낸 것이다. 센서의 입력은 그림과 같이 전, 좌, 우로부터의 센서값을 각각 close (C), medium(M), far(F)로 퍼지화 하였고, 좌·우 모터의 출력은 역회전을 negative, 정회전을 positive로 하여 5가지로 퍼지화하였다.

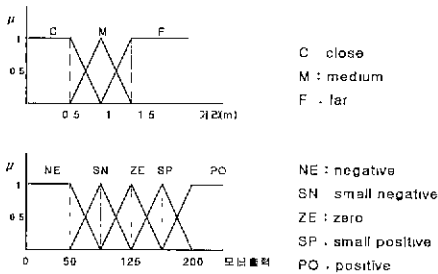


Fig. 4 Membership functions of input and output

Table. 2 Fuzzy rule for hall through

Left \ Right	Front	C	M	F
C C		SN SP	SP SP	SP SP
C M		SP ZE	PO SP	PO SP
C F		SP ZE	PO SP	PO SP
M C		ZE SP	SP PO	SP PO
M M		ZE SP	SP SP	PO PO
M F		SP ZE	SP SP	PO PO
F C		ZE SP	SP PO	SP PO
F M		ZE SP	SP SP	PO PO
F F		ZE SP	SP SP	PO PO

디퍼지화는 세 개의 입력소속함수에서 초기값에 대한  $\mu$  값들 중 가장 작은 값을 Table. 2, 3, 4에 나타난 퍼지룰에 해당하는 모터출력 소속함수의  $\mu$  값으로 하여 그 아래 면적의 centroid를 구하여 그 값을 모터의 출력값으로 한다.

Table. 3 Fuzzy rule for right wall following

Left \ Right	Front	C	M	F
C C		SN SP	SP SP	PO PO
C M		SP ZE	PO SP	PO SP
C F		SP ZE	PO SP	PO SP
M C		ZE SP	SP SP	PO PO
M M		SP ZE	PO SP	PO SP
M F		SP ZE	PO SP	PO SP
F C		ZE SP	SP SP	PO PO
F M		SP ZE	PO SP	PO SP
F F		SP ZE	PO SP	PO SP

Table. 4 Fuzzy rule for left wall following

Left \ Right	Front	C	M	F
C C		SP SN	SP SP	PO PO
C M		SP ZE	SP SP	PO PO
C F		SP ZE	SP SP	PO PO
M C		ZE SP	SP PO	SP PO
M M		ZE SP	SP PO	SP PO
M F		ZE SP	SP PO	SP PO
F C		ZE SP	SP PO	SP PO
F M		ZE SP	SP PO	SP PO
F F		ZE SP	SP PO	SP PO

환경이 비록 Semi-structured environment이지만 어느 정도의 가변성을 고려해야 한다. 즉, 갑자기 장애물이 나타났을 경우 Wall following, Hall through에 의한 주행은 좋지 않다.

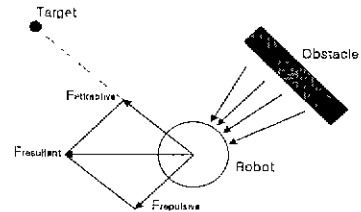


Fig. 5 Potential-Field Control

이러한 경우, Potential field<sup>[5]</sup>에 의한 주행방식으로 Wall following, Hall through의 단점을 보완한다. Fig. 5는 Potential field에 의한 주행방식의 원리를 나타낸다. 물체와 로봇간에는 척력이 작용하고, 목표점과 로봇과는 인력이 작용하여 로봇은 두 힘의 합력으로 움직이게 된다.

## 4. 시뮬레이션

하이브리드 제어구조를 구현하기 위해 IGRIP을 이용하여 시뮬레이션을 했다. 모델링된 여러 개의 방을 가진 가상의 병원에서 SmartHelper가 수행하는 작업은 현재방에서 출발하여 엘리베이터를 타고 위층으로 올라가는 것이다. 여기서, Service Controller에 의한 제어를 위해 상세한 통신 채널 및 메시지는 표기를 생략한 오퍼레이션 모델은 Fig. 6 과 같다. 박스는 수행하는 행위를 나타내고, 원은 행위를 한 후의 상태를 나타낸다.

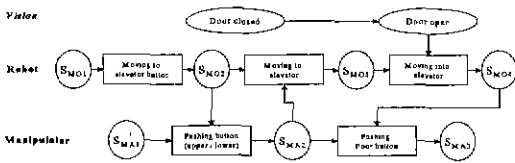


Fig. 6 Operation model for service controller

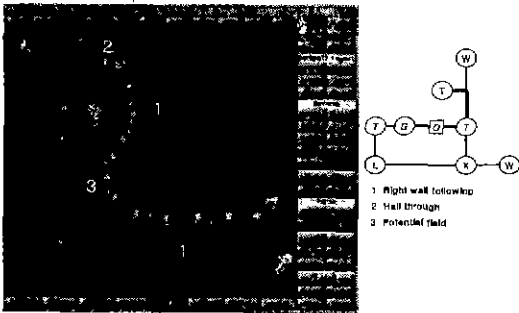


Fig. 7 SmartHelper driving path under virtual hospital model



Fig. 8 SmartHelper pushing elevator button

Fig. 7은 로봇이 엘리베이터를 타기 위해 현재의 방에서 문을 통하여 3가지 주행방법을 통해 나오는 과정을 나타낸다. 또한, 엘리베이터 버튼을 누르는 지점까지 간 후 버튼을 누르고(Fig.8) 엘리베이터 문이 열릴 때까지 기다린다. Vision 시스템에 의하여 문이 열린 것이 인식되면 로봇이 엘리베이터를 타게 된다. 이러한 로봇의 단계별 행동계획들은 Service Controller에 의해서 제어된다. 이동주행을 위한 behavior는 오퍼레이션 "Moving to elevator button" 수행을 위해 Reactive 제어에 의하여 충돌회피를 구현한 자율주행을 수행할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 병원용 서비스 로봇인 Smart Helper를 위한 Reactive 제어와 Deliberation 제어를 동시에 구현하는 하이브리드 제어구조를 개발하였다. 또한 IGRIP을 이용하여 가상환경에서의 시뮬레이션을 통하여 하이브리드 제어구조의 효용성을 검증해 보았다.

## 참고문헌

1. E. Ertelt, R. Furtwangler, U. D. Hanebeck and G. Schmidt, "Design Issues of a Semi-Autonomous Robotic Assistant for the Health Care Environment," Journal of Intelligent and Robotic Systems, Vol. 22, pp. 191-209, March, 1998.
2. H. R. Everett, "Sensors for Mobile Robots: Theory and Application," A K Peters, pp. 455-478, 1995.
3. P. Ridaou, J. Yuh, J. Battle, and K. Sugihara, "On AUV Control Architecture," Proc. IEEE/RSJ, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, Vol. 2, pp. 855-860, 2000.
4. B.Y. Chee, S.Y.T. Lang and P.W.T. Tse, "Fuzzy Mobile Robot Navigation and Sensor Integration," Fuzzy Systems, Proc. IEEE, Vol.1, pp. 7-12, 1996.
5. Y. Zhao, and S.L. BeMent, "Kinematics, Dynamics, and Control of Wheeled Mobile Robot," Robotics and Automation, Vol. 1, pp. 91-96, 1992