

# 콜레그래프를 이용한 모방학습 프레임워크 설계

심소현, 김예지, 신승엽\*, 성연식\*\*, 엄기현, 조경은  
동국대학교 멀티미디어공학과  
\*동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과  
\*\*University of Florida 컴퓨터공학과  
교신저자 e-mail : khum@dongguk.edu

## A Framework for Imitation Learning using Choregraphe

So-Hyun Sim, Ye-ji Kim, Seungyoub Ssin, Yunsick Sung, Kyhyun Um, Kyungeun Cho  
Dept. of Multimedia Engineering, Dongguk University  
\*Dept. of Multimedia, Graduate School of Digital Image & Contents, Dongguk University  
\*\*Dept. of Computer Engineering, Florida University

### 요 약

본 연구에서는 인간과 서비스 로봇과의 상호작용에 필요한 동작의 학습을 위한 방법으로 모방 학습을 활용한다. 로봇을 모방학습 시키기 위해서는 모방학습을 위한 특정한 구조가 필요하다. 따라서 선행자가 로봇을 직접 움직여 생성한 모방학습 데이터를 저장하고, 그 데이터를 학습알고리즘에 적용시킨 뒤 로봇이 학습 내용을 수행하도록 하는 모방학습 프레임워크를 제안한다. 모방학습 프레임워크의 프로그래밍은 본 연구에서 사용하는 휴머노이드 로봇인 나오에서 제공하는 그래픽기반 환경 개발도구인 콜레그래프를 활용한다.

### 1. 서론

사람과 상호작용하고 다양한 서비스를 제공하는 서비스 로봇은 그 편리성으로 인해 미래에 로봇 시장의 위치가 점차 커질 것으로 예상된다. 이러한 이유로 서비스 로봇에 관한 다양한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 서비스 로봇의 상호작용에 필요한 동작의 학습을 위한 모방학습 프레임워크의 구축에 관한 연구를 진행한다[1,2,3].

본 연구에서 사용하는 엘더베른(Aldebaran)사의 나오(Nao)는 H25 모델로 상·하체 총 25 개의 관절을 가진 보행이 가능한 완전한 휴머노이드 로봇이다[1]. 나오는 개방형 임베디드 리눅스 기반으로 다수의 프로그래밍 언어를 사용할 수 있어 고수준의 기능을 구현할 수 있다. 유/무선 네트워크를 이용하여 PC 와 통신을 하는 것은 물론, 적외선 센서와 무선 네트워크, 카메라, 마이크, 스피커를 이용해 다수의 나오 사이의 상호작용도 가능하다[4].

나오에서 제공하는 개발 소프트웨어는 콜레그래프(Choregraphe)와 나오큐아이(NAOQi), 텔레패스(Telepathe)가 있다. 본 연구에서는 그래픽 기반 환경 개발도구인 콜레그래프로 클라이언트 프로그램을, 마이크로소프트 비주얼 스튜디오 (Microsoft Visual Studio)로 서버 프로그램을 구현하는 것을 제안한다. 콜레그래프는 나오를 3 차원으로 보여주는 3D 나오라는 화면을 제공하여 사용자가 프로그래밍한 행동을 시뮬레이션하고, 관절 값을 직접 변경하여 나오의 움직임을 구현할 수 있다. 또한 마우스로 박스를 배치하여 쉽게 프로그래밍 할 수 있는 약 70 여 개의 박

스라이브러리를 제공한다[4].

본 연구는 마이크로소프트 비주얼 스튜디오에서 씨샵(C#) 언어를 사용해 만들어진 서버 프로그램과, 콜레그래프에서 파이썬(Python) 언어를 사용해 만들어진 클라이언트 프로그램으로 구성되는 모방학습 데이터 생성 시스템을 포함한다. 모방학습 데이터 생성 시스템은 나오의 모방학습 데이터를 만들고, 그 데이터를 이용해 다시 나오가 동작을 재생하게 만드는 시스템이다. 따라서 본 연구에서는 모방학습 데이터 생성 시스템에서 생성된 데이터를 모방학습 알고리즘에 적용하여 가공하고, 가공된 모방학습 내용을 나오가 수행하도록 하는 모방학습 프레임워크를 콜레그래프를 이용해 설계한다.

### 2. 콜레그래프의 이해

콜레그래프에는 나오의 행동을 작성하는 다이어그램 작성 공간이 있다. 사용자는 콜레그래프가 제공하는 박스 라이브러리에서 필요한 기능이 구현되어 있는 박스를 드래그-앤-드롭 방식으로 가져다 쓸 수 있으며 직접 박스를 만들어 쓸 수도 있다. 콜레그래프에서는 다이어그램에 박스들을 배치하고, 연결하여 프로그래밍한다. 내부적으로 여러 개의 박스들의 조합으로 된 박스의 경우는 더블 클릭하면 내부의 박스들이 작성된 다이어그램이 나오고, 가장 하위 박스를 더블 클릭하면 유알비아이(Urbi) 스크립트 언어와 파이썬(Python) 언어로 작성할 수 있는 스크립트 창이 나온다. 본 연구에서는 콜레그래프에서 제공하는 박스와 파이썬으로 직접 구현한 박스를 함께 사용한다.

아래 <표 1>은 본 연구에 사용된 박스의 인터페이스를 간략히 설명한다.

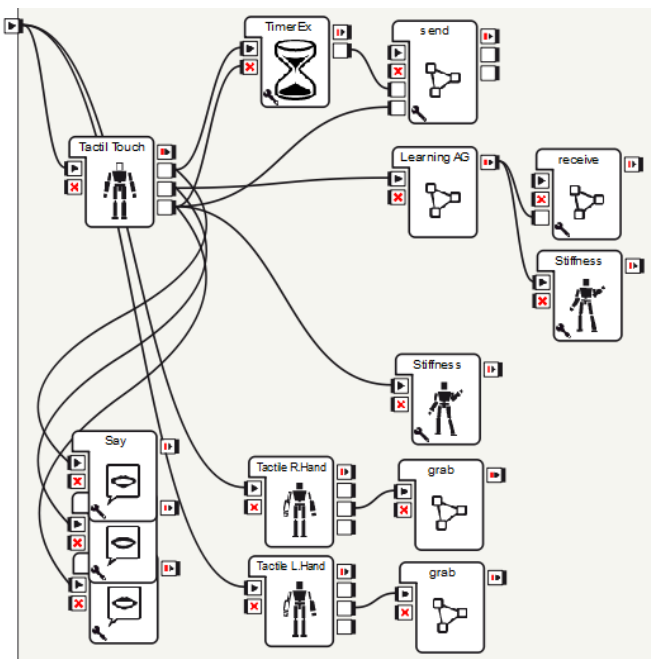
아이콘	기능 및 설명
	박스 아이콘으로, 본 연구에서는 박스 내부의 스크립트 창에 파이썬 언어로 필요한 기능을 구현하였다.
	박스의 기능을 활성화시키는 입력단자
	박스의 기능을 중지시키기 위한 입력단자
	박스의 기능이 종료되면 결과값을 출력하는 단자
	박스의 내부에 있는 데이터를 출력하는 단자

<표 1> 박스의 인터페이스 설명

### 3. 모방학습 프레임워크 설계의 분석

이 장에서는 본 연구에서 설계하여 콜래그래프를 통해 프로그래밍한 모방학습 프레임워크의 구조를 설명한다. 본 구조는 나오에 탑재된 터치 센서를 이용해 모방학습 데이터를 생성한 뒤, 그 데이터를 모방학습 알고리즘을 통해 가공하고, 가공된 모방학습 내용을 나오가 수행하도록 하는 구조로 설계하였다.

다음 (그림 1)은 콜래그래프로 설계한 내용이다. 이 장에서는 <표 2>를 통해 (그림 1)의 각각의 박스들을 간단히 설명하고, 선을 통해 연결된 박스들의 흐름을 설명한다.



(그림 1) 콜래그래프로 설계한 내용

박스 이름	기능 및 설명
택틸 터치 (Tactil Touch)	나오의 정수리 부분에 부착된 터치 센서에서 신호를 받아오는 부분이다. 앞, 중간, 뒤 부분으로 나뉘어 있으며, 사용자가 접촉하는 부분에 따라 구분하여 세 개의 데이터 출력단자에 결과값을 출력한다.
세이 (Say)	택틸 터치 박스의 세 개의 출력단자에서 나오는 결과 값에 따라 “Send start”, “Receive start”, “Connect end”라는 음성을 내보낸다.
타이머 (Timer Ex)	설정된 주기로 타이머가 작동한다. 첫 번째 신호를 내보낸 후 설정된 주기가 지날 때마다 신호를 일정 주기로 계속 보낸다.
센드 (send)	콜래그래프와 연결된 서버 프로그램에 TCP/IP 방식을 이용해 나오의 25 개의 관절 값들을 타이머 박스에서 신호를 받을 때마다 전송한다.
러닝 알고리즘 (Learning AG)	센드 모듈에 의해 생성된 모방학습 데이터를 가공하는 알고리즘이다.
리시브 (receive)	모방학습 알고리즘에 의해 가공된 모방학습 내용을 나오에 적용시켜 수행하도록 한다.
스티프니스 (Stiffness)	나오의 관절에 힘을 주는 정도를 설정한다. 나오가 움직여야 할 때엔 25 개 관절에 힘을 적용하고, 나오의 움직임이 끝나면 가해진 힘을 해제한다.
택틸 알핸드, 택틸 엘핸드 (Tactil R.Hand, Tactil L.Hand)	나오의 오른쪽, 왼쪽 손등에 부착된 터치 센서에서 신호를 받아오는 부분이다. 손등의 왼쪽, 중간, 오른쪽으로 나뉘어 있으며 사용자가 접촉하는 부분에 따라 구분하여 세 개의 데이터 출력단자에 결과값을 출력한다. 본 연구에서는 중간 부분 센서만을 이용한다.
그랩 (grab)	나오 손가락의 굽혀진 정도를 읽어와 택틸 알핸드/택틸 엘핸드 박스의 출력단자에서 나오는 결과 값에 따라 손가락을 굽혔다 폈다 한다.

<표 2> 구현 내용의 박스별 설명

(그림 1)의 박스들은 모두 선으로 연결되어 있다. 우선 다이어그램 작성 공간의 맨 왼쪽 위의 온스타트 인풋 버튼에 의해 택틸 터치 박스와 택틸 알핸드, 택틸 엘핸드 박스의 기능이 활성화 된다. 택틸 알핸드

와 택틸 엘핸드 박스는 나오의 손가락을 굽혔다 폈다 하기 위한 터치 센서로, 모방학습 데이터를 생성할 때와 가공된 모방학습 내용을 수행시킬 때 모두 사용되므로 택틸 터치에 의한 세 가지 경우로 나뉘기 전에 활성화한다.

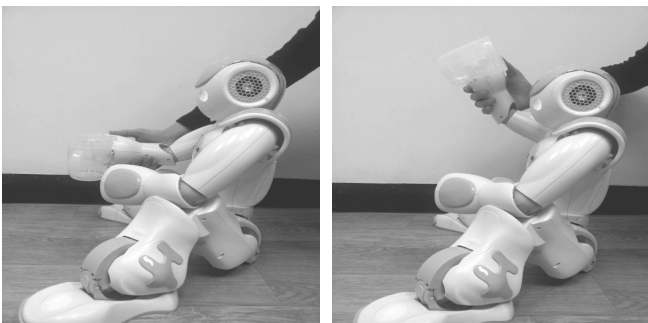
택틸 터치 센서의 앞부분을 터치하면 세이 박스에서 “Send start”라는 음성을 내보내면서 모방학습 데이터의 생성이 시작된다. 이때 타이머 박스에 의해 일정 시간 간격으로 신호가 센드 박스에 보내지는데, 신호가 들어올 때마다 센드 박스에서는 콜레그래프와 연결된 서버 프로그램으로 TCP/IP 방식을 이용해 나오의 25 개 관절 값들을 보낸다. 이 때 택틸 알핸드/택틸 엘핸드 터치 센서를 이용해 나오의 손가락도 제어하여 모방학습 데이터를 생성한다.

택틸 터치 센서의 중간 부분을 터치하면 세이 박스에서 “Receive start”라는 음성을 내보내고, 러닝 알고리즘 박스가 활성화되면서 센드 박스에서 생성된 모방학습 데이터를 모방학습 알고리즘을 적용시켜 가공한다. 그 후 스티프니스 박스로 나오의 관절에 힘을 적용시키고, 리시브 박스로 모방학습 내용을 수행시킨다.

택틸 터치 센서의 뒷부분을 터치하면 세이 박스에서 “Connect end”라는 음성을 내보내고, 서버와의 연결을 끊는다. 또한 스티프니스 박스에 의해 나오의 관절에서 힘이 빠진다. 센드 박스나 리시브 박스가 활성화 되어 있을 때 비활성화 상태로 바꾸는 역할을 한다.

#### 4. 실험 분석 및 결론

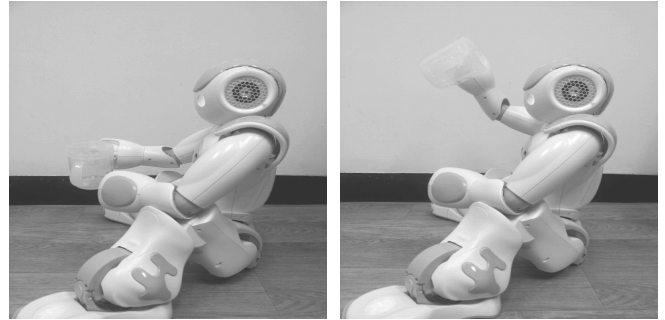
현재는 모방학습 프레임워크의 설계 단계로, 모방학습 알고리즘의 구현부는 탑재되지 않은 상태이기 때문에 아래에 설명하는 실험은 센드 박스를 통해 모방학습 데이터를 생성하고, 리시브 박스를 통해 모방학습 데이터를 재생한 결과이다. 모방 학습 데이터의 생성은 센드 박스를 활성화한 뒤 선행자가 직접 나오의 관절을 움직여 나오의 관절에 변화를 준다. 다음 (그림 2)는 선행자인 사람이 나오를 움직여 모방학습 데이터를 생성하는 그림이다.



(그림 2) 선행자를 통한 모방학습 데이터 생성

리시브 박스만을 이용해 모방학습 데이터를 재생시킨 결과, 나오는 선행자가 직접 움직였을 때와 유사하게 행동을 수행하였다. 다음 (그림 3)은 나오가 리시브 박스에 의해 모방학습 데이터를 재생하는 그림

이다.



(그림 3) 나오의 모방학습 데이터 재생

본 연구에서는 나오의 모방학습에 필요한 모방학습 프레임워크를 설계하고, 콜레그래프를 사용하여 구현하였다. 현재의 실험에서는 생성한 모방학습 데이터를 나오가 유사하게 재생할 수 있는지의 여부를 살펴 보았다. 향후에는 모방학습 알고리즘을 연구·개발하고, 본 연구에서 설계한 프레임워크에 탑재하여 단순 재생이 아닌 모방학습 내용을 수행하는 모방학습 프레임워크를 완성하려 한다.

#### 감사의 글

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A2009148).

#### 참고문헌

- [1] Brenna D. Argall, Sonia Chernova, Manuela Veloso and Brett Browning, "A Survey of Robot Learning from Demonstration", Journal of Robotics and Autonomous Systems, Vol. 57, Issue 5, 2009.
- [2] Monica N. Nicolescu and Maja J Matarić, "Learning and Interacting in Human-Robot Domains", Proc. of IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics (SMC 2001), Vol. 31, No. 5, pp. 419-430, 2001.
- [3] Bernard Gorman, Christian Thureau, Christian Bauckhage, and Mark Humphrys, "Bayesian Imitation of Human Behavior in Interactive Computer Games", Proc. of Eighteenth Int'l Conference on Pattern Recognition (ICPR 2006) Vol. 1, pp. 1244-1247, Hong Kong, August, 2006.
- [4] 서기성(2011). 기본편 NAO 를 이용한 인터랙티브 휴머노이드 입문. 서울: (주)NT 리서치.
- [5] 이강성(2005). 열혈강의 파이썬(Python) 개정판 Ver.2. 경기도 부천시: 프리렉.