

# 모방학습을 위한 모터 프리미티브 데이터 생성 시스템의 설계

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

## A Motor Primitive Data Generation System for Imitation Learning

YeJi Kim, So Hyun Sim, 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

서비스 로봇이 인간과의 상호작용을 하기 위해서는 상호작용에 필요한 동작들을 학습할 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 서비스 로봇에게 동작 학습을 시키기 위한 모방학습 프레임워크의 구축에 관한 연구를 진행한다. 모방학습에는 로봇이 행동을 수행하기 위한 모터 프리미티브가 필요하므로 본 연구에서는 선행자가 로봇을 직접 움직여 생성한 모터 프리미티브를 데이터 파일로 저장 하여 로봇에게 전송하면 로봇이 스스로 모터 프리미티브를 수행하도록 하는 모터 프리미티브 생성 시스템을 설계한다.

### 1. 서론

지능형 서비스 로봇은 가정 내에서 인간에게 다양한 서비스를 제공하고, 인간친화적인 인터페이스 역할을 수행하고 있다. 이러한 로봇은 미래의 우리 생활 속에서 환경과 유기적으로 동작하고, 인간과 자연스러운 상호작용을 통해서 지속적 관계를 갖고 성장하여, 인간의 동반자 역할을 할 수 있게 된다. 이러한 상호작용 학습 로봇을 개발하기 위해서는 여러 가지 문제점들이 해결되어야 한다. 우선 서비스 로봇이 동작하는 방법을 학습하기 위한 방법들이 필요하다. 본 연구에서는 모방학습을 활용하여 상호작용 로봇에게 동작학습을 시키기 위한 프레임워크 구축에 관한 연구를 진행한다.

본 연구에서는 엘더베른(Aldebaran)사의 휴머노이드 로봇인 나오(Nao)를 사용한다. 나오는 25 개의 관절로 구성되어있어 유연한 보행 및 전신 동작의 제어가 가능하며, 유/무선 네트워크를 이용한 통신과 캠, 적외선 센서, 마이크, 스피커 및 LED 를 사용한 입출력으로 다양한 상호작용도 가능하다. 또한, 개방형 임베디드 리눅스 기반의 소프트웨어 구조로 다수의 프로그래밍 언어를 지원한다. 더불어, 콜레그래프(Choregraphe)라는 그래픽 기반 프로그래밍을 제공한다. 콜레그래프에서는 70 여 개의 박스라이브러리와 나오의 움직임을 3 차원으로 보여주는 3D 나오 화면 기능을 제공한다.

3D 나오는 박스라이브러리 중 관절을 움직여 만들

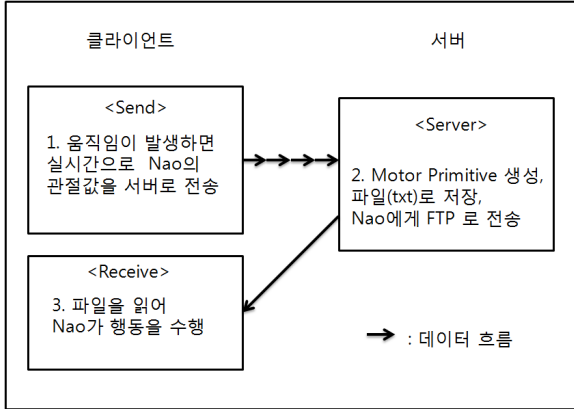
어진 '모션 라이브러리'만을 시뮬레이션 할 수 있고, 여러 개의 관절을 동시에 움직일 수 없는 한계를 가진다. 또한 3D 나오를 통해 직접 관절을 움직여 모방 학습 데이터를 만들어 나오의 CPU 에 저장할 수는 있지만, 실험 데이터가 많아질수록 나오의 CPU 에 과부하가 걸릴 가능성이 있고, 그 데이터를 다시 빼내어 가공하는 작업을 하는 데에 불편함이 따른다. 위에 서술한 이유로 본 연구에서는 무선 네트워크 통신으로 나오의 관절 값들을 추출하여 모방학습 데이터를 따로 저장할 수 있는 서버/클라이언트 구조를 갖는 모방학습 데이터 생성 시스템을 제안한다.

서버 프로그램은 마이크로소프트사의 비주얼 스튜디오에서 씨샵(C#) 언어를 사용해 개발하였다. 서버 프로그램은 TCP/IP 방식으로 나오의 25 개 관절 값들을 실시간으로 받아내는 역할을 한다. 또한 받아온 관절 값을 시간 순서대로 특정한 형식의 텍스트 파일로 저장하며, 생성한 파일을 FTP 를 통해 나오에게 전송하는 역할을 한다.

클라이언트 프로그램은 나오에서 제공하는 콜레그래프에서 파이썬(Python) 언어를 사용해 구현하였다. 콜레그래프와 나오를 연동하여 수행자가 직접 나오를 움직일 때 변화하는 관절 값들을 빼내어 서버로 보내주고, 서버에서 FTP 로 보낸 데이터 파일을 읽어 들여 파일에 저장된 관절 값들을 직접 나오에게 적용시킴으로써 선행자가 생성한 모터 프리미티브를 그대로 수행하는지 여부를 확인할 수 있다.

2. 모방학습 데이터 생성 시스템의 설계

이 장에서는 나오의 모방학습에 쓸 모터 프리미티브를 생성하는 구현 내용을 기술한다. 다음 (그림 1)은 서버-클라이언트 간의 관계 도를 보여준다.

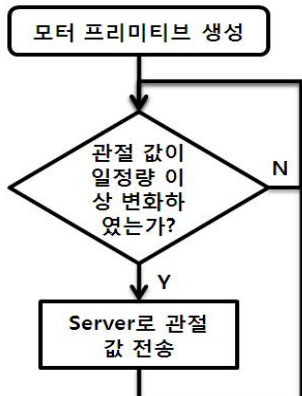


(그림 1) 서버-클라이언트 간의 관계도

모터 프리미티브 생성 및 재생과정은 Send 모듈, Receive 모듈, 서버 프로그램 부분으로 나뉜다. Send 모듈은 나오가 모터 프리미티브 생성 과정에서 선행자에 의해 움직이면서 실시간으로 얻어지는 관절의 각도 정보들을 TCP/IP 방식을 통해 서버 프로그램에 전송한다. 서버 프로그램은 받아온 관절 데이터로 모터 프리미티브를 생성 후, 텍스트 파일로 저장하여 FTP 를 이용해 나오에게 전송한다. Receive 모듈은 나오의 안에 저장된 파일을 읽어와서 나오가 해당 행동을 수행하도록 한다.

2-1.클라이언트 프로그램의 Send 모듈

나오의 관절 데이터를 추출하여 서버로 보내는 기능을 하는 부분이다. 모터 프리미티브의 생성이 시작된 후, Send 모듈에서는 일정 주기로 나오의 관절정보의 변화를 체크한다. 나오의 25 개의 관절 중 한 개 이상의 관절이 특정 각도 이상 움직이면 그 시각의 25 개 관절의 각도 데이터가 서버 프로그램으로 전송된다. 전송되는 방식은 Windows Socket 의 TCP/IP 방식이다.(그림 2)는 Send 모듈의 순서도를 보여준다.



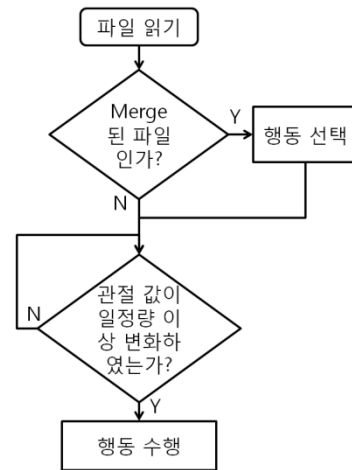
(그림 2) Send 모듈 순서도

2-2. 서버 프로그램

Send 모듈에서 받아온 관절 정보를 수집하고, 서버 프로그램에서 시간 정보를 같이 수집하여 관절 정보와 시간 정보가 결합된 모터 프리미티브를 생성한다. 외부에서 데이터로 사용하기 위해 모터 프리미티브를 파일로 저장한다. 저장 방식은 Send 모듈에서 보내준 나오의 관절 데이터에 시간 정보를 더하여 'Time, 각도 1, 각도 2, ... , 각도 25' 의 형태로 저장한다. 파일의 형식은 텍스트 파일로 저장한다. 생성된 파일들을 병합(Merge)하면 다수개의 행동들이 기록된 파일을 만들 수 있다. 파일은 나오의 FTP 기능을 이용해 나오에게 전송한다.

2-3.클라이언트 프로그램의 Receive 모듈

나오에 저장된 모터 프리미티브파일을 가져와서 행동을 수행하는 부분이다. 파일은 1 개의 모터 프리미티브가 저장된 파일과 2 개 이상의 모터 프리미티브가 저장된 파일 이렇게 두 종류가 있다. 2 개 이상의 모터 프리미티브가 저장된 파일을 읽어들 때는 여러 개의 행동 중 단 하나의 행동만 선택해서 수행하도록 한다. 수행할 행동이 선택되었으면 파일을 읽어서 관절 값이 일정량 이상 변화한 관절 값을 골라내어 시간 정보와 함께 나오에게 보내주어 나오가 행동을 수행하도록 한다. 다음 (그림 3)은 Receive 모듈의 순서도를 보여준다.



(그림 3) Receive 모듈 순서도

3. 실험 환경 및 분석

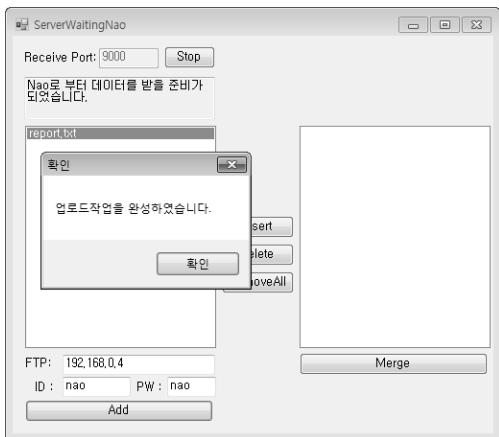
이 장에서는 본 연구에서 제안한 모방 학습 데이터 생성 시스템을 통해 직접 나오를 움직여 모터 프리미티브를 만들고, 수행 시킨 결과를 보인다.

Send 모듈을 실행하고 사람이 나오를 움직여 모터 프리미티브를 생성시키면, 움직이면서 변하는 나오의 관절 값이 실시간으로 서버 프로그램에 전송된다. 다음 (그림 4)는 서버 프로그램에 전송된 나오의 관절 값을 보여준다.



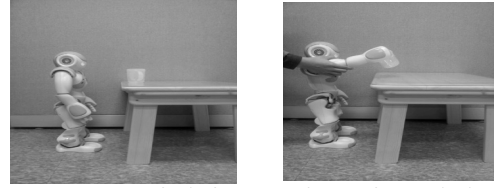
(그림 4) 서버 프로그램에 전송된 나오의 관절 값

모터 프리미티브 생성이 완료되면 서버 프로그램에서 생성된 모터 프리미티브를 텍스트 파일로 저장한다. 저장된 모터 프리미티브 파일들을 병합하면 다수개의 모터 프리미티브를 모아 한 개의 파일에 저장할 수 있다. 저장된 모터 프리미티브 파일들은 FTP 기능을 사용하여 나오에게 전송한다. (그림 5)는 모터 프리미티브 파일을 FTP로 전송하는 화면을 보여준다.

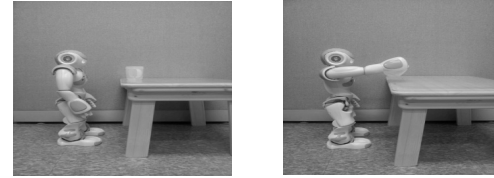


(그림 5) 모터 프리미티브 파일의 FTP 전송

실행할 모터 프리미티브 파일을 지정한 뒤 Receive 모듈을 실행하면 나오는 모터 프리미티브를 생성할 때와 매우 흡사하게 모터 프리미티브를 수행한다. 다음 (그림 6)은 사람이 직접 나오를 움직여 모터 프리미티브를 생성시키는 모습을 보여준다. (그림 7)은 선행되었던 모터 프리미티브를 수행하는 모습을 보여준다.



(그림 6) 선행자를 통한 모터 프리미티브 생성



(그림 7) 나오의 모터 프리미티브 수행

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 나오 로봇을 사용자가 직접 움직여 모방학습을 위한 모터 프리미티브 데이터를 생성해 텍스트 파일로 저장하고, FTP를 통해 나오에 탑재하여 나오가 스스로 모터 프리미티브를 수행하도록 만드는 연구를 하였다. 본 연구는 향후 나오의 체격에 맞는 가구들을 배치하여 모델하우스를 제작하고, 그 안에서 수행할 수 있는 모터 프리미티브들을 생성할 킬 것이다. 그 후에는 같은 모터 프리미티브를 여러 번 반복해서 생성하여 생성된 다수의 데이터를 하나의 텍스트 파일로 합쳐서 모터 프리미티브를 정규화시킬 것이다. 정규화된 다수의 모터 프리미티브들은 하나의 텍스트 파일로 병합하여 태스크(Task)로 만들 것이다. 클라이언트 프로그램을 맡은 콜래그래프에서는 하나의 파일로 합쳐진 태스크 데이터를 모터 프리미티브 별로 나누어 번호를 매긴 뒤 태스크를 수행하는 도중 내려지는 명령에 따라 선택된 번호의 모터 프리미티브를 수행하는 프로그램을 개발 할 계획이다.

#### 감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0011266).

#### 참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [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 NAO를 이용한 인터랙티브 휴머노이드 입문. 서울: (주)NT 리서치.