

# 인간형 로봇을 위한 모터 중재기 연구 Study of Motor Arbiter for a Human-like Robot

\*양광웅<sup>1</sup>, #이태근<sup>2</sup>, 최무성<sup>3</sup>, 손웅희<sup>4</sup>

\*Kwang-Woong Yang(page365@gmail.com)<sup>1</sup>, #Tae-Geun Lee(taegeun@kitech.re.kr)<sup>2</sup>,

Moo-Sung Choi(moosung@kitech.re.kr)<sup>3</sup>, Woong-Hee Shon(shon@kitech.re.kr)<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> 한국생산기술연구원 로봇기술본부

Key words : motor control, human-like robot, behavior based control, motion arbiter

## 1. 서론

기존의 산업용 로봇과는 달리 근래의 로봇은 인간이 생활하는 환경으로 사용 범위가 넓어지고 있고, 실제 환경에서 인간의 생활을 돕는 로봇에 대한 연구가 행해지고 있다. 이러한 로봇은 기존의 산업용 로봇과 달리 사무실이나 가정 환경 내에서 인간과 직접 접촉하며 인간이 필요로 하는 서비스를 제공하여야 하기에 인간과 유사한 기능과 형태를 가져야 하며 인간과의 상호작용이 무엇보다 중요하게 요구되고 있다.

인간과의 상호작용을 연구하기 위하여 미국 MIT 인공 지능 연구실에서 Kismet 을 개발하였고, 일본 오사카대 이시구로 교수는 안드로이드 로봇 Actroid 를 개발하였다. Kismet 의 소프트웨어 구조는 몇 개의 서브 시스템으로 구성되는데<sup>[1]</sup>, 모터 서브시스템에서 우선 순위로 모터를 독점 제어하는 구조<sup>[2]</sup>를 사용하지만 생리적 반응, 의식적 동작, 무의식적 동작 등을 혼합하여 표현하기에는 한계가 있다. Actroid 는 인간의 동작을 모사하기 위해 피드백 제어 방법<sup>[3]</sup>을 사용하였으나 단위 동작의 조합에 의해 연속 동작을 만드는 방법은 고려하지 않았다. 인간 친화적인 상호작용에 있어서 감정 표현은 중요하다. 미국 Hanson Robotics 사의 얼굴형 로봇은 많은 모터들이 동시에 제어되어 얼굴 표정을 생성하고 있지만<sup>[4]</sup>, 인간은 감정을 얼굴 표정뿐만 아니라 음성, 동작등과 같이 표현하기 때문에 여러 단위 동작들이 동시에 제어되어야 한다.

본 논문은 인간형 로봇의 동작 및 표정을 인간과 유사하게 표현하도록 모터를 제어하는 방법에 관한 것으로, 로봇의 단위 동작 및 표정을 합성하여 연속 동작으로 표현하기 위하여 행위기반 제어 및 모터 중재 방법을 제안한다. 행위기반 제어는 로봇의 센서 입력과 상위 타스크의 명령에 대해 적절한 동작 및 얼굴 표정 비헤이비어를 선택하여 실행한다. 모터 중재기는 비헤이비어와 모터 드라이버 사이에 존재하여 한 개 이상의 비헤이비어가 동시에 수행되어 만들어지는 상충된 출력을 중재한다.

## 2. 행위기반 제어

행위기반 로보틱스는 종래의 SPA(Sense-Plan-Act)<sup>[5]</sup> 구조의 단점이라고 할 수 있는 느린 응답성을 극복하고자 1980년대 중반 MIT 의 Rodney Brooks 가 제안 하였다. 행동지향 센싱(Action-oriented sensing), 비헤이비어의 병렬수행, 그리고 표현(representation)의 제한적 사용은 행위기반 제어의 주요 특징이다. 행동지향 센싱은 각 행동을 수행하기 위해 필요한 인지만을 수행하는 것으로서, 각 행동 별로 필요한 인지 알고리즘이 결부된다. 이 방식은 필요한 인지 기능만을 선택적으로 수행하여 실행 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다.

행위기반 제어로 곤충 수준의 지능을 표현할 수 있다는 점을 증명하였으나, 그 이상의 복잡한 작업을 수행할 수 있다는 점을 증명하지는 못했다. 따라서 이후의 연구들은 SPA 의 계층적 구조의 장점과 행위기반 제어의 장점을 조합한 하이브리드형 제어 구조가 주류를 이루게 되었다. 본 연구에서도 행위기반 제어기와 타스크 플래너를 함께 사용

하는 하이브리드 구조를 사용하고 있다.

Fig.1 은 로봇의 동작 및 표정을 표현하기 위한 블록 구조와 데이터 흐름을 표시한다. 로봇의 동작 및 표정을 표현하기 위한 하드웨어 모듈은 센서와 모터로 구성되고, 로봇의 동작 및 표정을 표현하기 위한 소프트웨어 모듈은 인지 시스템, 시나리오, 타스크, 행위기반 제어기, 모터 중재기로 구성된다. 행위기반 제어기의 주요 기능은 타스크의 명령에 따라 단위 동작이나 표정의 실행, 인지에 따른 적절한 반응, 감정에 근거한 표정과 자세 유지이다.

### (1) 단위 동작의 실행

타스크는 비헤이비어를 선택하고 실행한다. 동작 컨테이너와 표정 컨테이너는 몸체와 얼굴의 단위 동작과 표정을 비헤이비어로 가지는데, 타스크의 순차적 명령에 의해 한 개 이상의 비헤이비어를 중첩하여 표현한다. 입술 동기화 비헤이비어는 발음 기호에 따라 동기화 된 입술 모양을 표현한다.

### (2) 인지에 대한 반응

인지 모듈은 여러 센서로부터 수집된 다양한 정보로부터 의미 있는 정보를 추출하여 동작 선택 모듈로 전달한다. 시각에서 인지한 물체의 접근과 멀어짐, 동작 감지, 얼굴 인식, 음성 위치 인식 결과에 따라 눈 비헤이비어는 눈의 주시 방향을 표현한다.

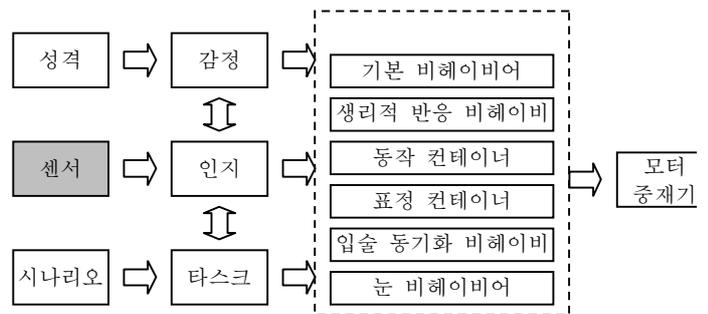


Fig. 1 Block diagram of robot software architecture based on behavior based control

### (3) 감정에 근거한 표정 및 자세 유지

기본 비헤이비어는 로봇 몸체의 기본 자세와 얼굴의 기본 감정 상태를 표현한다. 몸체의 기본 자세 상태는 잠자기, 졸기, 깨어있기 상태를 연속적으로 표현한다. 깨어있는 상태에서는 로봇 다양한 자세를 취할 수 있다. 일 예로, 왼팔을 들고 있거나 고개를 숙이고 있는 자세이다. 얼굴은 감정 상태에 따라 평상, 기쁨, 슬픔, 행복, 불쾌 등을 표시하며 몇 개의 감정이 동시에 일어날 수 있다. 일 예로, 조금 기쁨 경우에는 평상 40%, 기쁨 60%를 동시에 표현하여 표시할 수 있다. 생리적 반응 비헤이비어는 호흡, 맥박, 딸꾹질, 하품, 눈 깜박임과 같은 인체의 교감신경이 활성화되어 나타나는 반응을 표현한다. 일 예로, 눈꺼풀을 뜨고 감는 동작, 불규칙한 주기로 눈을 깜박이는 동작이 된다.

### 3. 모터 중재기

모터 중재기는 비헤이비어와 모터 드라이버 사이에 존재하여 한 개 이상의 비헤이비어가 동시에 수행되어 만들어내는 상충하는 출력을 중재한다.

비헤이비어가 생성되면서 비헤이비어는 모터 중재기로부터 모터 출력 정보를 저장하기 위한 모터 인터페이스의 기억 공간을 생성하여 포인터를 참조한다.

Fig.2에서 모터 중재기의 상세한 구조를 도시하고 있다. 각 비헤이비어의 출력 값은 각 비헤이비어에 할당된 모터 인터페이스의 기억 공간에 저장되고, 이 값은 아래의 식에 의하여 모터 출력 위치를 결정한다.

$$Position = \frac{\sum_{i=0}^n priority_i \cdot mask_i \cdot posture_i}{\sum_{i=0}^n priority_i \cdot mask_i}$$

$n$  - 행위기반 제어기에 등록된 비헤이비어 개수  
 $priority_i$  -  $i$  번 비헤이비어의 가중치  
 $mask_i$  -  $i$  번 비헤이비어의 축 별 가중치  
 $posture_i$  -  $i$  번 비헤이비어의 축 별 출력 위치  
 $Position$  - 각 축에 연결된 모터의 제어 위치

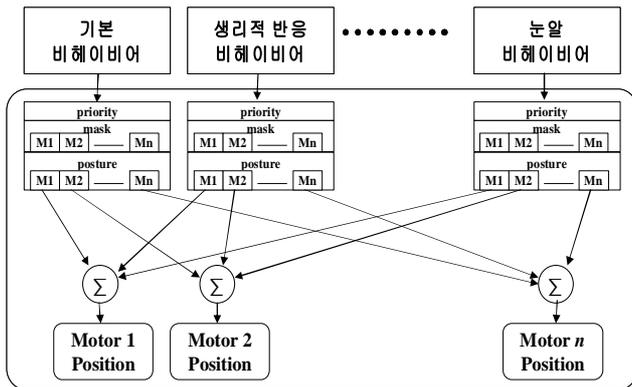


Fig.2 Block diagram of motor arbiter

#### (1) 동작 컨테이너에 동작 적재

로봇의 소프트웨어가 시작되면서 로봇의 저장 매체를 검색하여 동작과 궤적 파일을 읽어 동작 컨테이너에 동작 비헤이비어로 등록하는 과정이 수행된다. 동작 파일은 일정한 간격의 이산 시간에 로봇의 각 축이 지나가야 할 위치 값이 저장되어 있다. 동작 파일의 첫 프레임에는 로봇의 모든 축에 대한 선택 플래그 값이 저장되어 있고, 다음 프레임부터는 매 순간 로봇의 모든 축에 대한 위치 값이 저장되어 있다. 동작 파일과 달리 궤적 파일은 특정 시간에 로봇의 각 축이 지나가야 할 위치 값이 저장되어 있다. 궤적 파일은 cubic spline 보간법을 사용하여 동작 데이터로 변환된 후 동작 컨테이너에 등록된다.

#### (2) 동작 실행 요구

타스크 모듈에서 특정 동작의 수행을 동작 컨테이너에 요구하면, 동작 컨테이너에서는 요구한 동작에 대하여 동작 비헤이비어를 검색하여 성공한 경우, 검색된 동작 비헤이비어의 run\_flag(Fig.4 참조)를 true로 설정하여 동작의 실행을 지시하게 된다. 타스크 모듈의 요구에는 자세를 유지할 것인지를 결정하는 플래그가 있으며, 이 플래그에 따라 기본 비헤이비어에서 마지막 동작을 기본 자세로 설정할 것인지 결정한다.

#### (3) 동작 실행 지시

동작 비헤이비어의 run\_flag가 true인 경우 수행이 계속된다. 동작 프레임 배열의 참조 위치는 index를 계산하여

결정된다. st와 magnitude는 타스크 모듈에서 설정한다. st가 ct보다 큰 경우 index는 0보다 작은 값을 가지게 되어 다음 단계를 수행하지 않고 잠시 대기한다. index가 fc보다 같거나 큰 경우 실행이 종료된다. profile은 시간의 흐름에 따른 동작의 가중치로서 사다리꼴 프로파일을 제공한 형태이다.

표정 파일을 표정 컨테이너에 적재하기 위한 단계와, 표정 컨테이너에서 표정을 실행하기 위한 단계, 및 표정 비헤이비어의 실행 단계는 상기 (1), (2), (3)에서 제시한 방법과 비교하여 축이 다를 뿐 수행 방법은 같기에 상세한 설명은 생략한다.

### 5. 결론

본 논문에서는 인간과 로봇의 상호작용을 위해서, 인간을 닮은 로봇이 동작과 표정을 인간처럼 하기 위한 모터 제어 방법에 대해 제안하였다. 행위기반 제어기와 타스크 플래너를 도입한 하이브리드형 구조와 상충되는 단위 동작들을 제어하기 위한 모터 중재기를 사용하였다. 본 논문에서 제안된 모터 중재기는 이미 안드로이드 로봇 EveR1, EveR2, 휴머노이드 로봇 SEROPI에 적용되어 충실하게 기능을 수행함으로써 구조의 실용성을 검증하였다. 앞으로 행위기반 제어기의 단위 동작들에 대한 알고리즘을 적용하여 인간과의 상호작용에 있어서 좀더 효율적인 방법을 계속 연구해 나갈 것이다.

### 후기

본 연구는 산업자원부 퍼스널 로봇 기반기술 개발 과제 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

1. The framework of Kismet: <http://www.ai.mit.edu/projects/sociable/kismet.html>
2. Facial expressions of Kismet: <http://www.ai.mit.edu/projects/sociable/facial-expression.html>
3. Matsui D, Minato, T, MacDorman K, & Ishiguro H, "Generating natural motion in an android by mapping human motion," In Proceedings of the IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems, Edmonton, Canada, 2005
4. D. Hanson, "Identity emulation facial expression robots," Proc. of AAAI, August, 2002
5. Sukhatme, G.S., Matarik, M.J., "Robots: intelligence, versatility, adaptivity," Communications of the ACM, vol. 45, issue 3, 2002, pp.30-32.
6. 이태근, 최무성, 김태주, 양광웅, 소병록, 이상원, 김진영, 백문홍, 이호길, "안드로이드 로봇 K-1004 개발", CASS 06 논문집, 2006. 6.