

# 휴머노이드 로봇의 복합 작업 수행을 위한 행동 선택 알고리즘

## Behavior Selection Algorithm of Humanoid Robots for Performing Complex Tasks

○ 고 우 리\*, 김 중 환\*\*

\* 한국과학기술원 전기및전자공학과 (TEL: 042-350-8048, E-mail: wrko@rit.kaist.ac.kr)

\*\* 한국과학기술원 전기및전자공학과 (TEL: 042-350-3448, E-mail: johkim@rit.kaist.ac.kr)

**Abstract** This paper proposes a behavior selection algorithm for humanoid robots to perform complex tasks by defining four input (context) symbols and seven target (atom behavior) symbols. To employ the degree of consideration-based mechanism of thought (DoC-MoT) in the algorithm, the consideration degree for each input symbol is represented by the fuzzy measure and the knowledge link strengths between input and target symbols are represented by the partial evaluation values. Then, each atom behavior is globally evaluated by the fuzzy integral of partial evaluation values with respect to the fuzzy measure values and the atom behavior with the highest evaluation value is selected and activated.

**Keywords** Behavior selection algorithm, humanoid robots, complex tasks, mechanism of thought

### 1. 서론

휴머노이드 로봇의 복합 작업은 일련의 단위 행동들을 통해 수행될 수 있다. 이 때, 단위 행동은 직관적으로 이해하기 쉽도록 서술적 심벌 형식으로 정의하여야 하며[1], 사람처럼 다양한 상황 정보를 전반적으로 고려하여 행동을 선택해야 한다[2]. 따라서 본 논문에서는 사람의 사고방식을 모델링한 고려도 기반 생각 메커니즘[3]을 이용하여 행동을 선택하고자 하며, 이를 스크립트 기반 시뮬레이터에서 검증하고자 한다.

### 2. 고려도 기반 생각 메커니즘

고려도 기반 생각 메커니즘[3]은 여러 개의 인지 정보가 있을 때, 자신의 가치관을 반영하여 하나의 결론을 추론해내는 과정을 모델링한 것이다. 뇌를 구성하는 뉴런 덩어리는 지각된 정보를 나타내는 입력 심벌이나 가능한 결론을 나타내는 표적 심벌을 나타낸다. 입력 심벌과 표적 심벌 사이의 연결은 지식을 나타내므로 지식 연결이라 한다.

입력 심벌에 대한 고려도 정도는 Sugeno  $\lambda$ -퍼지 척도로 나타내며, 각 표적 심벌에 대한 평가는 다음과 같이 Choquet 퍼지 적분으로 계산된다[4].

$$I(z) = \sum_{i=1}^n (h(x_i) - h(x_{i-1}))g(E_i),$$

$z$ 는 표적 심벌,  $x_i$ 는  $i$ 번째 입력 심벌,  $h(x_i)$ 는  $x_i$ 에 대한  $z$ 의 부분 평가치,  $E_i = \{x_i, \dots, x_n\}$ 는 입력 심벌 집합,  $g(E_i)$ 는  $E_i$ 의 퍼지 척도 값이다.

### 3. 복합 작업 수행을 위한 행동 선택 알고리즘

#### 3.1 복합 작업과 단위 행동 정의

본 논문에서 수행하고자 하는 복합 작업은 표 1과 같이 5개이며, 이를 위해 7개의 단위 행동을 정의하였다.

표 1. 복합작업과 단위 행동.

	내용
복합 작업	화분에 물주기, 서랍 안 물건 찾기, 다른 용기의 내용물 옮기기, 장난감 정리하기, 토스트기로 빵 굽기
단위 행동	둘러보기, 다가가기, 몸 숙이기, 잡기, 옮기기, 기울이기, 내용물 옮기기

### 3.2 행동 평가 기준 설정

행동 평가 기준은 표 2와 같이 4개의 상황 정보를 정의하였으며, 각 평가 기준에 대한 고려도 값은 4:3:2:1로 설정하였다.

표 2. 행동 평가 기준.

	선택 기준	단위	범위	고려도
1	로봇 몸체와 해당 물체의 거리	[m]	[0,5]	4
2	로봇 손과 해당 물체의 거리	[m]	[0,1]	3
3	현재 잡은 물체의 현재 위치와 도착 위치의 거리	[m]	[0,1]	2
4	현재 잡은 물체의 현재 기울기와 도착 기울기와 차이	[°]	[0, 360]	1

### 3.3 행동 평가

각 행동의 평가치는 4개의 상황 정보 값과 각 기준에 대한 고려도 값을 모두 고려하여 다음과 같이 계산된다.

$$E(b_i) = \sum_{j=1}^n \{h_{ij} \cdot c_j(t) - h_{i(j-1)} \cdot c_j(t)\} g(A),$$

$b_i$ 는  $i$ 번째 단위 행동,  $h_{ij}$ 는  $j$ 번째 평가 기준에 대한  $i$ 번째 행동의 부분 평가치,  $c_j(t)$ 는  $t$ 시간에의  $j$ 번째 상황 정보 값.  $g(A)$ 는  $A \subset X = \{c_1, \dots, c_n\}$ 의 퍼지 적분 값이다. 최종적으로  $E(b_i)$ 가 가장 큰 하나의 단위 행동이 선택되어 발현된다.

## 4. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 효용성을 검증하기 위해 스크립트 기반 시뮬레이터에서 사람과 로봇이 선택한 행동 비교 실험을 수행하였다. 사람의 행동 패턴 파악을 위하여 사전 시연을 바탕으로 100개의 일화 기억(각 복합작업 당 20개)과 선택 행동들을 데이터베이스화하였다. 표 3은 “화분에 물주기” 복합작업에서의 상황 정보와 선택된 행동들을 보여주며, 표 4는 선택된 행동들과 사람의 행동 패턴과의 유사도를 보여준다. 제안하는 고려도 기반 알고리즘은 사람과 86%의 유사도를 보였으며, 기존의 confabulation 기반 알고리즘[2]의 유사도 51%에 비해 사람과 더 유사한 행동 패턴을 보이며 복합작업들을 수행하였다.

표 3. 복합작업 1의 상황 정보와 선택한 행동.

		상황정보				선택한 행동		
		1[m]	2[m]	3[m]	4[°]	사람	로봇	
							Confabulation	고려도
Scenario 1 (화분에 물주기)	1	-	-	-	-	둘러보기	둘러보기	둘러보기
	2	2.3	1.0	-	-	다가가기	다가가기	다가가기
	3	1.8	1.0	-	-	다가가기	다가가기	다가가기
	4	1.4	1.0	-	-	다가가기	다가가기	다가가기
	5	0.9	0.8	-	-	다가가기	다가가기	다가가기
	6	0.5	0.4	-	-	다가가기	다가가기	몸 숙이기
	7	0.4	0.1	-	-	다가가기	-	몸 숙이기
	8	0.4	0.3	-	-	몸 숙이기	잡기	몸 숙이기
	9	0.2	0.3	-	-	몸 숙이기	잡기	잡기
	10	0.2	0.3	-	-	잡기	잡기	잡기
	11	0.2	0.1	-	-	잡기	-	잡기
	12	0.2	0.0	0.1	0	옮기기	-	옮기기
	13	-	-	-	-	둘러보기	둘러보기	둘러보기
	14	0.2	0.4	-	-	다가가기	잡기	잡기
	15	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기
	16	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기
	17	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기
	18	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기
	19	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기
	20	0.3	0.0	0.0	45	기울이기	기울이기	기울이기

표 4. 사람 행동 패턴과의 유사도.

알고리즘 \ 복합작업	1	2	3	4	5	전체
Confabulation[2]	70	45	55	30	55	51%
고려도	80	100	85	75	90	86%

## 5. 결론

본 논문에서는 고려도 기반 생각 메커니즘을 이용하여 휴머노이드 로봇의 행동 선택 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘의 효용성을 검증하기 위해 스크립트 기반 시뮬레이터에서 실험을 수행하였으며, 기존의 confabulation 기반 알고리즘에 비해 사람과 더 유사한 행동 패턴을 보이며 복합작업을 수행할 수 있었다.

## 참고문헌

- [1] F Stulp and M Beetz, “Combining declarative, procedural, and predictive knowledge to generate, execute, and optimize robot plans,” *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 56, pp. 967-979, 2008.
- [2] J.-H. Kim and S.-H. Cho, “Two-layered confabulation architecture for an artificial creature’s behavior selection” *IEEE SMC-C*, vol. 38, pp. 834-840, 2008.
- [3] J.-H. Kim and W.-R. Ko., “The degree of consideration-based mechanism of thought and its application to artificial creatures for behavior selection,” *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2012.
- [4] M. Sugeno, “Theory of fuzzy integrals and its application,” Ph.D. dissertation, 1974.