

휴먼케어 서비스 로봇을 위한 계층적 복합 지식 기반 서비스 선택 엔진

장철수, 장민수, 이재연
한국전자통신연구원 지능로보틱스연구본부
e-mail : {jangcs, minsu, leejy}@etri.re.kr

Service Selection Engine for Human-care Service Robot Based on a Hierarchical Multimodal Knowledge

Choulsoo Jang, Minsu Jang, Jaeyeon Lee
Intelligent Robotics Research Division, Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

고령사회에 대응하기 위한 휴먼케어 서비스 로봇은 다양한 동적 환경에서 사용자에게 최적의 서비스를 제공하기 위해 서비스 선택 엔진을 요구한다. 서비스 선택 엔진은 로봇이 수집한 각종 원시 데이터를 활용하여 계층적으로 상위 수준의 정보로 가공하고 최종 단계에서는 휴먼케어 전문가가 설계한 규칙에 의해 사용자에게 제공할 서비스를 선택한다. 본 논문에서는 휴먼케어 서비스 로봇을 위해 기계학습 기반의 지식 생성과 규칙 기반의 지식 생성을 함께 활용하여 하이브리드 형태로 계층적 지식을 생성하고, 생성된 지식을 바탕으로 서비스를 선택하는 메커니즘을 제공할 수 있는 서비스 선택 엔진 내용을 설명한다.

1. 서론

우리나라는 고령화 사회를 넘어 이미 2017년에 고령 사회로 진입하였고[1] 2026년에는 초고령화 사회로 진입이 예상된다. 이와 같은 고령 사회에 대응하기 위해서 휴먼케어 서비스를 제공할 수 있는 로봇에 대한 수요가 늘어날 전망이다.

휴먼케어 서비스를 제공하는 로봇은 일반 사용자에게 서비스를 제공하던 방식과는 다르게 노약자나 고령자들을 위해 특화된 방식으로 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 즉, 고령자가 명시적으로 요청하지 않더라도 주변 상황을 복합적으로 고려하여 서비스를 제공할 수 있어야 하며, 또한 고령자가 요청하는 명령을 여과 없이 바로 실행하기 보다는 노인 영양 전문가 등의 자문을 통해 정의된 규칙을 적용하여 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 주변 상황을 복합적으로 인식하기 위해서는 발화 기반 사용자 의도 인식, 시각 센서를 통한 영상 인식, 로봇 센서를 통한 인식, 다양한 IoT 환경 정보 인식 등 다양한 인식 결과와 클라우드 기반 외부 정보 등 다양한 원시 데이터들을 수집하여 추론 및 기계학습을 통해 지식을 생성할 수 있어야 하고, 생성된 지식을 이용하여 서비스 선택 규칙에 활용할 수 있어야 한다.

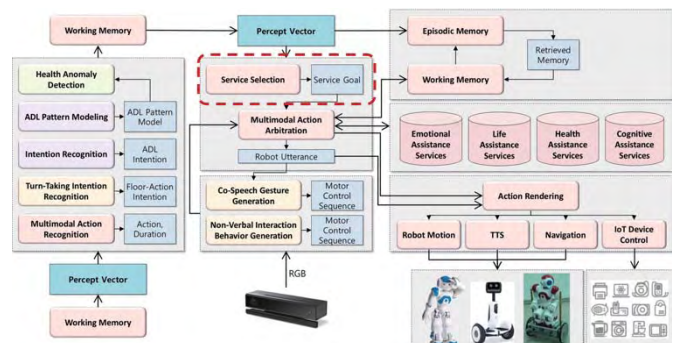
본 논문에서는 기계학습 기반의 지식 생성과 추론 규칙 기반의 지식 생성을 함께 활용하여 하이브리드 형태로 계층적 지식 생성을 통해 주변의 복합 상황을 표현하고, 런타임에 복합 상황 지식을 개발자가 정의한 서비스 선택 규칙에 적용하여 고령자에게 적절한

서비스를 선택하여 제공할 수 있는 서비스 선택 엔진의 개발 내용을 설명한다.

2. 휴먼케어 서비스 로봇 SW 플랫폼

휴먼케어 서비스 로봇은 독립생활이 가능한 고령자와 장기적으로 함께 생활하면서 사람처럼 자연스럽게 정서적으로 교류하면서 건강, 정서, 인지, 정보 측면에서 고령자를 돕기 위한 개인 맞춤형 서비스를 적절한 시점에 제공 가능한 로봇이다.

AIRBase(AI for Robot-Base)는 시각 인공 지능 기반 개인 프로파일링, 대인 관계 지능 모델링, 생활 패턴 모델링 및 건강이상징후 감지, 고령자 의도 이해 및 복합 상황 추론을 목표로 개발 중인 휴먼케어 서비스 로봇을 위한 SW 플랫폼이다.



(그림 1) 휴먼케어 서비스 로봇 SW 플랫폼 (AIRBase)

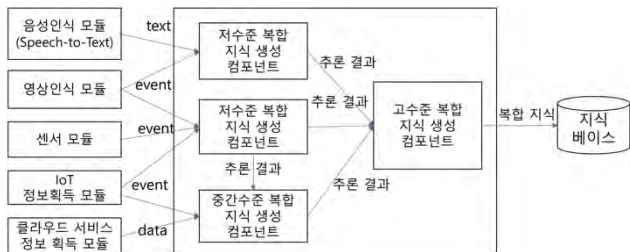
AIRBase 에서의 서비스 선택 엔진은 복합 상황을 관측하고 추론하여 상황을 이해하고, 상황에 기반하여 사용자 의도에 맞는 서비스를 적절한 시점에 선택하여 제공하기 위한 모듈이다.

3. 계층적 복합 지식 생성 메커니즘

휴먼케어 로봇의 개별 서비스는 특정 인식 결과에 대한 이벤트에 대응해서 로봇이 어떻게 사용자와 대화하거나 행동해야 할 지를 스크립트 형태로 구성해 놓는다. 스크립트 기반의 서비스는 단순 이벤트에 대응하여 즉각적인 반응하는 방식으로 사용자와의 상호 작용을 수행한다. 하지만, 로봇이 다양한 상황에서 사용자에게 특화된 최적의 서비스를 제공하기 위해서는, 로봇은 입력 받은 정보를 복합적으로 활용하여 서비스를 선택할 수 있어야 한다.

로봇이 입력받는 정보의 수준이 단순 센서 수준에서부터 인터넷을 통해 연결된 클라우드 서비스를 통해 얻게 되는 상위 수준의 정보와 같이 다양한 형태와 수준으로 제공되므로 서비스 수행에 필요한 조건을 정의하는 것이 어려운 작업이 된다. 특히, 스크립트 형태로 구성된 서비스 내에서 이벤트들을 직접 결합하거나 복잡한 규칙을 작성해야 해서 서비스 선택에 필요한 조건을 정의하는 것은 매우 어려운 작업이다. 이를 해결하기 위해서는, 저수준의 센서 데이터에서부터 고수준의 심볼화된 이벤트까지 정보를 체계화시켜 지식 체계를 구축하고 추론 기반 규칙을 적용하여야만, 서비스 선택에 필요한 복합 지식을 생성할 수 있다.

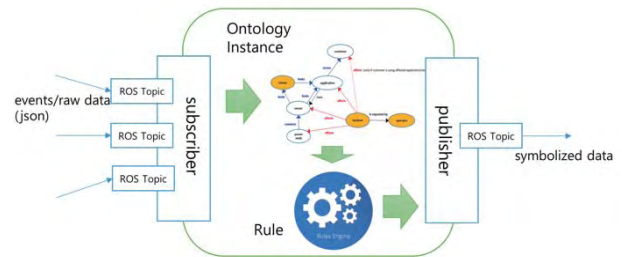
이를 위해, 휴먼케어 로봇의 서비스 선택 엔진은 그림 2와 같이 저수준 복합 지식 생성 컴포넌트에서부터 고수준 복합 지식 생성 컴포넌트까지 이용하여 지식을 계층적으로 구성된다. 여기서 저수준의 복합 지식 생성 컴포넌트는 단순 상황 센싱 결과를 지식화시켜 빠른 실행 주기로 상위 컴포넌트로 전달하게 되며 지식 체계의 변동이 적게 일어난다. 반면에 고수준 복합 지식 생성 컴포넌트는 보다 복잡한 상황을 추론하며 늦은 실행 주기를 가지며 지식 체계의 상황 변화가 보다 활발히 일어난다.



(그림 2) 계층적 복합 지식 생성 컴포넌트 구성

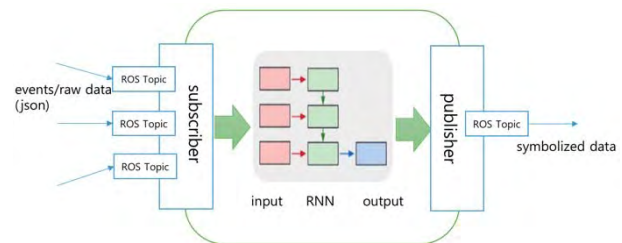
ROS(Robot Operating System)[2]를 이용하여 개발된 각 수준의 복합 지식 생성 컴포넌트는 다른 컴포넌트와의 통신을 위해 ROS Topic을 통해 Publisher/Subscriber 기반의 통신을 수행하며, 그 내부에는 지식 메모리와 규칙 집합으로 이루어진 In-

memory 데이터 저장소인 Redis[3] 기반의 지식베이스와 durable_rules[4] 기반의 추론 엔진을 갖고 있다. 복합지식 생성 컴포넌트의 지식베이스는 RDF(Resource Description Framework)[5]에서와 같이 주어(subject), 술어(predicate), 목적어(object)로 구성된 트리플(triple) 형태의 온톨로지(Ontology)로 구축된다. Durable_rules 기반의 추론 엔진은 새로운 지식이 지식베이스에 입력될 때마다 혹은 주기적으로, 지식베이스에 저장된 규칙 집합을 이용하여 RETE 알고리즘[6]을 활용하여 Forward Chain 추론 기법을 이용하여, 상위 컴포넌트에게 전달하기로 약속한 지식을 생성한다.



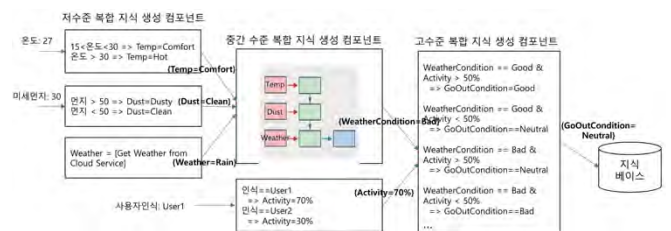
(그림 3) 추론 기반 복합 지식 생성 컴포넌트

복합 지식 생성 컴포넌트의 또다른 형태는 추론 엔진 대신 RNN(Recurrent Neural Network)이나 LSTM(Long Short-Term Memory)[7] 등 순환학습 방식의 기계학습을 통해 다중 센서로부터 입력되는 순차적인 데이터를 이용하여 서비스를 선택하는데 필요한 지식을 생성한다.



(그림 4) 기계학습 기반 복합 지식 생성 컴포넌트

이런 형태의 복합 지식 생성 컴포넌트들을 연결하여 계층적으로 쌓음으로써, 로봇에 의해 인식된 결과나 센싱된 저수준의 데이터들이 단계적으로 다른 지식들과 결합하면서 커다란 지식으로 확장하고, 최종적으로는 복합적인 상황에서 사용자에게 최적의 서비스가 가능한 서비스를 선택하기 위한 지식이 생성된다.



(그림 5) 계층적 복합 지식 생성예

일례로 사용자에게 외부 가능 여부를 서비스하는 로봇의 경우 그림 5와 같이 온도와 미세먼지, 날씨를 측정하는 저수준 복합 지식 생성 컴포넌트에서는 로봇에 탑재된 센서를 이용하거나 인터넷에 연결된 클라우드 서비스를 이용하여 온도와 미세먼지, 날씨 정보를 수집하고 자신의 지식베이스에 해당 데이터를 저장한다. 데이터가 저장되면 지식 생성 규칙에 의해 상위 수준 컴포넌트로 전달할 온도와 먼지, 날씨에 관련된 지식(Temp, Dust, Weather)을 생성하고 상위 컴포넌트에게 전달한다. 온도와 미세먼지, 날씨를 중간에 수집한 중간 수준 복합 지식 생성 컴포넌트는 온도와 미세먼지, 날씨를 복합적으로 활용하여 RNN을 이용하여 학습된 네트워크를 이용하여 외출 조건(WeatherCondition)을 도출하고 고수준 복합 지식 생성 컴포넌트에게 전달한다. 고수준 복합 지식 생성 컴포넌트는 중간 수준 복합 지식 생성 컴포넌트에서 받은 외출 조건 과 또다른 하위 복합 지식 생성 컴포넌트로부터 전달 받은 사용자 활동성(Activity) 등의 지식을 이용하여 규칙에 따른 추론을 하여 서비스 선택에 필요한 지식(GoOutCondition)을 생성한다.

4. 서비스 선택 메커니즘

스크립트 형태로 만들어진 휴먼케어 로봇의 개별 서비스는 사용자가 음성으로 어떤 명령을 내릴 때 서비스를 실행할지를 정의한 발화 규칙(utterance_rule)과 복합 지식 생성 메커니즘을 통해 생성된 지식을 이용하여 어떤 조건일 때 서비스를 실행할지를 정의한 규칙(trigger_rule)을 포함하는 메타파일을 갖는다.

<표 1> 서비스 선택 규칙 메타파일 예

```

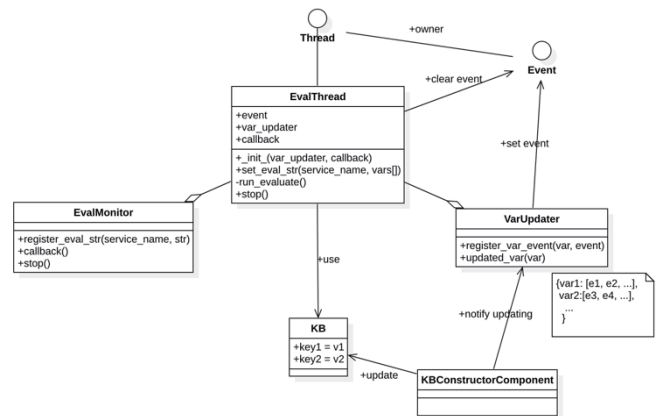
name: TVWatching
alias: Watching TV
utterance_rule:
  ~ [*] drama [*]
  ~ [*] news [*]
  ~ [*] (tv|televi|television) [*]
trigger_rule:
  when_intent :
    ~ $time_to_sleep < $current_time or
      $too_much_watching == False
  when_all :
    ~ $favorite_tv_program_onair == True and
      $tv_is_on == False
    
```

서비스 선택 엔진은 메타파일에서 작성된 발화 규칙에 로봇 호출명 및 대응 규칙을 추가하여 RiveScript[8]가 해석할 수 있는 형태로 변환하고 런타임에 해석하여, 음성 인식을 통해 확인된 사용자 명령이 정해진 발화 규칙에 대응되면 해당 서비스를 선택할 후보로 결정한다. 여기서, 발화 규칙에 대응된다고 하여 무조건 서비스를 선택하는 대신, 실행 규칙(trigger_rule) 중 예 노인 요양 전문가 등의 자문으로 결정된 규칙(when_intent)을 반영하여 사용자의 명시적 의도에 대해 여과 과정을 수행한다.

위에 예제에서는 고령자가 TV 시청 의사가 있더라도 잠자리에 들 시간이거나 이미 TV 시청이 너무 많은 경우에 건강을 위해 TV 시청을 제한할 수 있는 규칙이 추가되어 있음을 보여준다. 여기서 \$기호로 시작되는 심볼들은 앞 절에서 복합 지식 생성 과정을 통해 지식베이스에 입력된 지식들을 나타낸다.

사용자 발화에 의한 명시적 요청 뿐 만 아니라, 주변 환경으로부터 얻은 정보가 고령자에게 위험한 상황에서 선제적으로 대응하거나 고령자에게 보다 능동적인 서비스를 제공하기 위해 사용자의 명령이 없더라도 특별한 조건이 만족되면 사용자에게 서비스를 제공할 수 있도록 메타파일에는 상시 실행 규칙(when_all)을 정의하여 놓는다. 서비스 실행 엔진은 상시 실행 규칙을 평가하여 해당 조건이 만족되면 서비스 실행기에 해당 서비스 실행을 요청한다.

상시 실행 규칙에 작성된 조건을 평가하기 위해서는 주기적으로 해당 조건을 평가하는 방법도 있을 수 있지만, 그 경우에는 서비스가 많아지고 메타파일의 상시 실행 규칙도 많아지면 매 주기마다 많은 비교 조건을 평가해야 하므로 CPU를 많이 점유하게 된다. 따라서, 주기마다 조건을 비교하는 대신에 지식베이스에서 해당 심볼에 대한 값이 변경되었을 때 만 조건을 평가하도록 하여 불필요한 CPU 점유를 막도록 해야 한다. 이를 위해 그림 6과 같이 상시 실행 규칙의 각 규칙 문장들은 EvalThread에 등록되고, EvalThread에 등록된 문장에 있는 지식 심볼들에 대해서 VarUpdater에 등록한 후, 복합 지식 생성 컴포넌트(KBConstructorComponent)에서 지식베이스의 값을 수정한 경우 VarUpdater에 통보하면 등록된 EvalThread가 깨어나 규칙 조건을 평가한다. 이와 같은 구조를 통해 지식베이스에서 값이 변경된 심볼에 대해서만 규칙 조건이 평가되어 효율적인 서비스 선택이 가능하다.



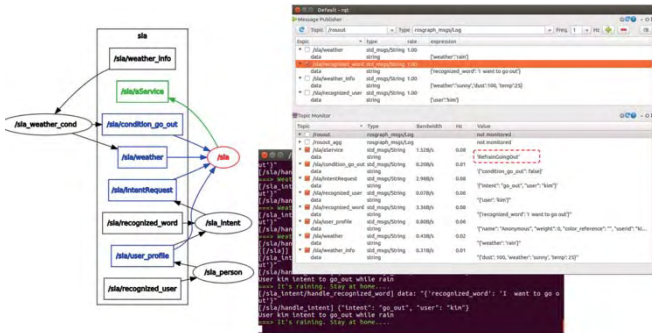
(그림 6) 규칙 평가를 위한 UML 다이어그램

5. ROS를 활용한 서비스 선택 엔진의 개념 검증

그림 7은 ROS를 활용하여 계층적 복합 지식 생성 메커니즘과 서비스 선택 메커니즘에 대한 개념 검증을 위해 구현한 서비스 선택 엔진을 나타내고 있다.

노드 그래프에서 보는 것과 같이 여기서는 날씨, 미세먼지, 온도를 종합적으로 판단하여 외출 가능 상황을 분석하는 컴포넌트와 사용자 발화 문장을 입력 받아 사용자 의도를 분석하는 컴포넌트, 사용자별 활성도를 제공하는 컴포넌트들로부터 개별 상황 지식을 입력 받아 외출 관련 추천 서비스를 제공하기 위해 외출 여부를 종합 판단하는 예제를 대상으로 개념 검증을 수행한다.

토픽 모니터를 보면, 저수준의 복합 지식 생성 컴포넌트는 데이터 수집을 위해 ROS topic에 subscribe하여 놓고, ROS의 rqt 도구를 이용하여 가상의 인식된 데이터 및 사용자 의도를 json 포맷으로 publish하면 subscribe한 컴포넌트에게 데이터가 전달된다. 전달된 데이터는 durable_rules에 트리플 형태의 fact로 입력되어 추론되거나 RNN으로 학습된 네트워크를 통해 복합 지식이 생성되고, 계층적으로 topic을 거치면서 최종적으로 고수준의 복합 지식 생성 컴포넌트를 통해 서비스가 선택됨을 확인할 수 있다.



(그림 7) 서비스 선택 엔진의 노드 그래프와 토픽 모니터

6. 결론

본 고에서는 휴먼케어 서비스 로봇이 다양한 동적 환경에서 사용자에게 최적의 서비스를 제공하기 위해 필요한 서비스 선택 엔진을 설명하였다. 서비스 선택 엔진은 기계학습 기반의 지식 생성과 규칙 기반의 지식 생성을 함께 활용하여 하이브리드 형태로 계층적 복합 지식을 생성하는 메커니즘을 제공하고 또한 사용자의 명시적인 서비스 요청이나 묵시적인 실행을 위한 전문가의 규칙을 추가할 수 있는 메커니즘을 제공한다.

향후, 개발된 서비스 선택 엔진을 휴먼케어 서비스 로봇을 위한 프레임워크인 AIRBase와 연동하여 다양한 휴먼케어 서비스에 적용할 계획이다.

Acknowledgment

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2017-0-00162, 고령 사회에 대응하기 위한 실환경 휴먼케어 로봇 기술 개발]

참고문헌

- [1] 통계청, “2017 인구주택총조사 전수집계 결과”, 2018
- [2] ROS, <http://www.ros.org>
- [3] Redis, <http://redis.io>
- [4] Durable_rules, <https://github.com/jruizgit/rules>
- [5] "Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification", <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/>
- [6] Charles Forgy, “Rete: A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem”, Artificial Intelligence, Vol. 19, Issue 1, pp.17-37, 1982.
- [7] Hochreiter, Sepp, Schmidhuber, Jürgen. “Long short-term memory”, Neural computation, 9(8), pp.1735–1780, 1997.
- [8] RiveScript, <https://www.rivescript.com>