

협력적 작업수행을 위한 상황인지 기반의 Robot Grouping에 관한 연구

서주희*, 우종우*

*국민대학교 컴퓨터공학부

e-mail : crazyDMP@gmail.com, cwwoo@kookmin.ac.kr

A Study on the Robot Grouping based on Context Awareness for Performing Collaborative Task

Joo-hee Suh*, Chong-woo Woo*

*School of Computer Science, Kookmin University

요 약

유비쿼터스 환경에서 상황인지 능력을 가진 지능적 컴퓨팅 개체들 중 사람에게 의존적이지 않고 독립적으로 행동할 수 있는 개체는 유비쿼터스 로봇으로 볼 수 있다. 이러한 로봇은 최근 상호 협력 함으로서 보다 최적화된 서비스를 제공하는 연구가 진행되고 있으며, 또한 다수의 로봇이 포함된 환경일 때는 특정한 작업을 수행하기 위하여 특정 로봇의 선별에 관한 연구가 진행 중이다. 본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 서로 다른 기능과 구조를 가지고 있는 지능형 로봇들이 협력하여 특수한 상황이나 임무를 그룹으로 대처할 수 있는 로봇 그룹핑을 설계하고 이를 구현한 결과에 대하여 기술한다. 다수의 로봇 중에서 특정 임무수행을 위한 로봇의 선별 알고리즘은 Entropy 를 이용하여 결정 트리를 생성하였다. 또한 Grouping 을 위한 Group Layer 를 설계하여 구현하였다.

1 서론

유비쿼터스 컴퓨팅이란 용어는 Mark Weiser[5]에 의해 처음 제창된 것으로, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이란 환경에 내장된 다양한 컴퓨팅 개체들이 네트워크를 통해 서로 긴밀한 연결을 유지하여 시스템이 자율적으로 언제 어디서나 서비스를 제공할 수 있는 환경을 말한다[1][2]. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅의 한 부분으로 최근 상황인식 컴퓨팅에 관한 연구가 활성화 되고 있으며, 이러한 환경에서의 동적 객체라 할 수 있는 지능형 로봇에 관한 연구도 지속적으로 전개되고 있다[3].

상황은 로봇이 지능적 행위를 하게 하는 주요 요인이 된다[4]. Dey 와 Abowd[6]에 의해 정의된 상황이란 사용자와 환경의 컴퓨팅 개체들간의 상호작용에 영향을 주는 모든 Entity들이다. 즉, 사람, 장소 또는 개체의 상태를 나타내기 위해 사용되는 모든 정보이다 [6][7]. 상황인식 시스템은 이러한 상황들을 인지할 수 있는 시스템으로 최근 상황 인지를 위한 Context-Modeling, Context Reasoning 등과 같은 상황인식 처리 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[8].

상황 인식 기반의 환경에서 가장 사람에게 의존적이지 않고 자율적인 이동성이 보장되는 컴퓨팅 기기는 로봇이라 할 수 있다. 상황 인식 기반의 지능적 서비스 로봇은 유비쿼터스 환경에 내장된 다양한 컴

퓨팅 기기들과 상호작용하며 발생한 상황을 인지하여 사용자 및 환경에 적절한 서비스를 제공한다. 하지만 이러한 환경에서 발생한 상황들은 매우 다양하여 발생한 모든 상황에 대한 서비스를 한 대의 로봇이 수행하기에는 로봇이 가져야 할 물리적인 요소 및 제어 처리 요소가 많아진다. 따라서 이러한 작업환경에서는 협업(collaboration)에 대한 요구가 많아지게 됨은 필수적이며, 하나의 서비스를 수행하기 위해 서로 협업 해야 할 로봇1과 로봇2를 협업을 위한 Group 이라 할 수 있다. 이러한 Group을 생성하는 것을 Social Robot 에서의 Grouping 이라 정의한다. 본 논문에서는 각 기능과 역할이 다른 로봇들이 발생한 상황에 대해 협업을 하기 위한Grouping 방법론을 설계하고 이를 시뮬레이션 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 상황인식 기반의 서비스 로봇 및 로봇 Grouping 에 관한 관련 연구를 기술하였고, 3장에서는 Robot Grouping 알고리즘의 설계 및 Grouping 을 위한 결정 트리[9] 적용 방법을 기술한다. 4장에서는 실험 및 결과를 보고 5장에서는 결론을 맺는다.

2 관련연구

2.1 상황 인지 기반의 지능형 로봇

¹ 본 논문은 서울시 산학연 협력사업의 지원을 받아 연구 수행된 논문입니다.

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 기술을 이용한 지능형 로봇에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 대표적인 연구는 혼다의 아시모로, 다음과 같은 특징이 있다.

2.1.1 혼다의 아시모(ASIMO)

일본의 혼다가 2000년에 만든 지능형 휴머노이드 로봇인 아시모는 지속적으로 신속히 발전하고 있다. 아시모는 장애물의 위치를 인식하여 충돌을 피하고, 계단 오르내리기, 곡선 주행, 음성인식 그리고 동작 인식 등의 기능으로 작동시간은 40분이다. 또한 사람이 자신을 보면 고개를 돌리고 인간의 말을 알아들을 수 있는 기능, 시속 6k로 달릴 수 있는 능력 그리고 물건을 운반 할 수 있는 능력이 있다. 현재 아시모는 네트워크 접속 기능으로 기존의 네트워크 시스템과 접속하여, 데이터 베이스를 활용하고 개별적으로 적절한 행동을 판단/행동 하게 된다[10].



(그림1) 아시모의 상황인식

2.2 자율적인 협력

자동화된 협력을 위한 시스템에 관한 연구들도 최근 활성화 되고 있다 [11][12]. Open Agent Architecture(OAA)[13] 와 RETSINA[14]의 경우로 볼 수 있으며, 이러한 시스템들은 모두 특정 환경에 국한된 것이 아닌 일반적인 환경에서 서로 다른 Agent 들이 서로 상호 작용하고 협력하는 것에 초점을 맞추고 Broker 를 통해 Task Allocation 을 하고 있다.

2.3 로봇 Grouping 과 상호협력

로봇 grouping 은 최근 생물학분야를 비롯하여 다양한 분야에서 연구되고 있다. 특히 동물군집에서의 노동력은 각 개체의 특성에 달려있으며, 중요한 점은 각 개체의 선택이 무작위이거나, 단순선택이 대부분이다. 본 연구에서는 이러한 점에서 entropy알고리즘을 적용하여 하나의 개체를 선택할 것이다.

3 시스템 설계

3.1 시스템 구성 및 개요

본 연구에서 협업을 통해 최적화된 서비스를 수행할 수 있는 상황 인식 기반의 로봇 시스템을 다음과 같이 설계하였다.

로봇 시스템은 크게 Physical Layer, Network Layer, Context-Awareness Layer, Grouping Layer 그리고 Collaboration Layer 인 5개의 Layer 로 구성되며, 각 Layer 가 담당하는 기능은 아래와 같다.

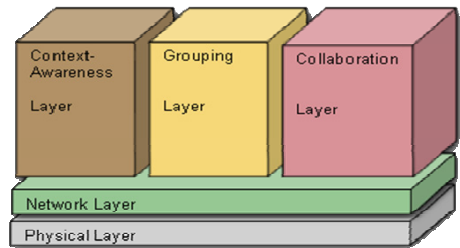
Physical Layer: Robot에 장착된 물리적인 디바이스로부터 받은 raw data 를 Context-Awareness Layer로 전송한다.

Context-Awareness Layer: 전송 받은 raw data를 가지고 현재의 Context를 인지하고, 인지한 Context 들을 종합하여 Situation을 생성한다. 생성된 Situation들은 Group Layer로 전송된다.

Group Layer: 전송 받은 각 Situation에 맞는 Training Data를 이용하여 분류자인 결정 트리를 생성하고 이를 이용하여 해당 Situation 에 맞는 Robot 들을 Grouping 한다.

Collaboration Layer: Robot Group 정보를 전송 받아 각 Situation에 해당하는 하나 이상의 Group들에 대해 각 로봇들이 수행 한 일들에 대한 Planning을 통해 Group에 속한 Robot 들의 Task 들을 생성한다.

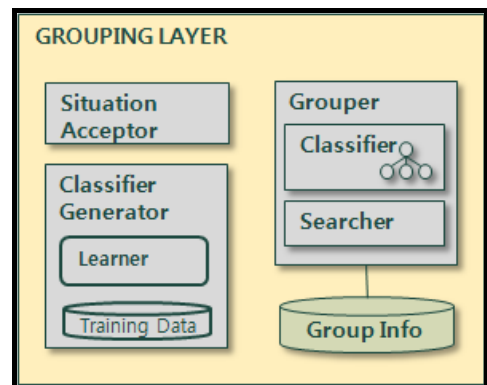
Network Layer: 생성된 Task 들은 Network Layer 를 통해 Group내의 로봇들에게 전송되고 각 로봇들은 자신의 Task 를 수행함으로써 협업을 통한 서비스가 이루어 진다.



(그림 2) 상황 인식 기반의 로봇 Architecture

3.2 Grouping Layer 설계

본 연구에서는 위와 같은 전체시스템 구성 중에서 우선적으로 Grouping Layer에 대한 세부 시스템을 아래와 같이 설계하고 시뮬레이션 하였다. 각 세부 모듈별 설명은 아래와 같다.



(그림 3) Grouping Layer 의 구조도

Situation Acceptor: Grouping을 하기 위한 상황정보들을 Context-Awareness Layer로 부터 수집하는 모듈로 Classifier Generation 모듈이 더 이상 상황 정보가 없을 때까지 분류자(결정 트리)를 생성할 수 있는 정보를 제공한다.

Classifier Generator: Generation Learner(학습 엔진)를 통해 각 상황에 맞는 로봇을 Grouping 하기 위한 분류자(결정 트리)를 생성하는 모듈로 필요에 따라서는 Training Data를 가지고 있다. 본 연구에서는 많은 AI 학습기법 중 결정 트리 학습을 사용하였으며 결정 트리 알고리즘 중 가장 대표적인 ID3로 결정트리(분류자)를 생성하였다.

Grouper: Grouper 의 Searcher는 Network Layer 를 통하여 네트워크로 연결된 모든 로봇들에게 각 로봇의 현재 Instance 정보를 요청해줄 것을 요구한다. 즉, 모든 로봇들에 대한 Instance를 요구(Request)하면, Grouper는 Classifier Generation에서 생성한 분류자(결정 트리)를 이용하여 Robot Grouping을 수행하고 생성된 Grouping 정보는 Group Info 에 저장되어 Collaboration Layer의 협업을 위해 사용된다.

3.3 Grouping Layer 에서 받는 상황 정보

본 논문에서는 로봇이 인식할 수 있는 상황을 3가지로 설정하였다. 첫째, 청소를 해야 하는 상황. 둘째, 운반을 해야 하는 상황. 셋째, 사람과 대화를 해야 하는 상황. Grouping Layer 에서는 위와 같은 세가지 상황 중에서 한가지를 입력 받은 후 상황에 맞는 서비스를 할 수 있는 로봇들을 Grouping 한다.

3.3.1 Robot Instance 및 Training Data

각 로봇이 가지고 있는 Instance 의 노드와 속성은 아래의 <표1>과 같다. 모든 로봇은 자신의 Instance 를 가지고 있는데 각 노드별 속성은 자신의 물리적 상황 및 환경적 상황에 따라 다르며 다른 로봇으로부터 Instance 요구를 받을 때 Update 되어 전송된다.

<표 1> Robot Instance 의 노드와 속성

Node	Attribute	Meaning
Power	Low	에너지 부족함
	Middle	에너지 적당함
	High	에너지 충분함
Location (Left/Right/Top/D own)	Near	상황과 거리가 가까움
	Far	상황과 거리가 가깝지 않음
Speed	Slow	속도가 느림
	Normal	속도가 적당함
	Fast	속도가 빠름
Possession	Tray (Transfer)	운반 능력이 있음
	Gripper (Transfer and Cleaning)	운반 및 청소 능력이 있음
	Interpreter	외국어 구사 능력이 있음
IL (Intelligence Level)	Smart	똑똑함
	Normal	중간임
	Poor	나쁘지 않음 (not bad)

위와 같은 Instance 들로 구성된 Training Data 는 아래의 <표2> 와 같다. Cleaning, Interpreter 그리고 Transfer 의 3가지 상황에 대한 10개의 Data를 xml 파일로 작성하여 인지된 상황에 맞는 분류자를 생성할 수 있는 지표가 된다.

<표 2> 결정 트리를 생성하기 위한 Training Data

Idx	Power	Location	Speed	Possession	IL	Cleaning	Interpreter	Transfer
1	Low	Near	Fast	Tray	Poor	Yes	No	Yes
2	Low	Far	Slow	Gripper	Normal	Yes	No	Yes
3	Middle	Near	Fast	Interpreter	Smart	No	Yes	No
4	High	Near	Fast	Tray	Normal	No	No	Yes
5	Low	Far	Normal	Tray	Smart	Yes	No	Yes
6	Low	Near	Normal	Interpreter	Normal	Yes	Yes	No
7	Middle	Far	Normal	Interpreter	Normal	No	Yes	No
8	High	Near	Slow	Gripper	Smart	Yes	No	Yes
9	Middle	Near	Fast	Interpreter	Smart	No	Yes	No
10	High	Far	Slow	Gripper	Poor	Yes	No	Yes

3.3.2 생성된 분류자의 형태 (결정 트리)

Training Data의 Attribute 가 Power, Location, Speed, Possession 그리고 IL 의 5가지 이므로 각 Attribute의 Entropy 를 계산하여 최적화된 결정 트리를 생성한다. 적용한 Entropy 수식은 아래와 같다.

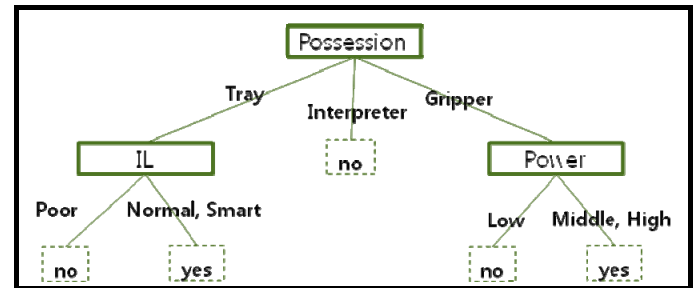
$$Entropy(S) = -P_{(+)} \log_2 P_{(+)} - P_{(-)} \log_2 P_{(-)}$$

-수식 (1)

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{v \in values(A)} \frac{|S_v|}{S} Entropy(S_v)$$

-수식 (2)

수식(1)로 전체 Training Data 의 Entropy(S) 를 계산하고 수식(2)로 Training Data 의 각 Attribute에 대해 Entropy(S, A)를 계산하여 생성된 결정 트리는 아래의 (그림4)와 같다.



(그림 4) 대화 시나리오에 대한 결정 트리

4 실험 및 결과

본 연구에서는 상황을 입력 받은 후 아래의 <표3> 과 같은 xml 파일로 구성된 Training Data 를 통하여 분류자를 생성 하고 상황에 맞는 서비스를 수행 할 수 있는 로봇을 Grouping 하였다. 실험 결과는 아래의 (그림 5)와 같다.

<표 3> Training Data 의 xml Instance

```

<TrainingData>
  <instance>
    <index>1</index>
    <power>low</power>
    <location>near</location>
    <speed>fast</speed>
  
```

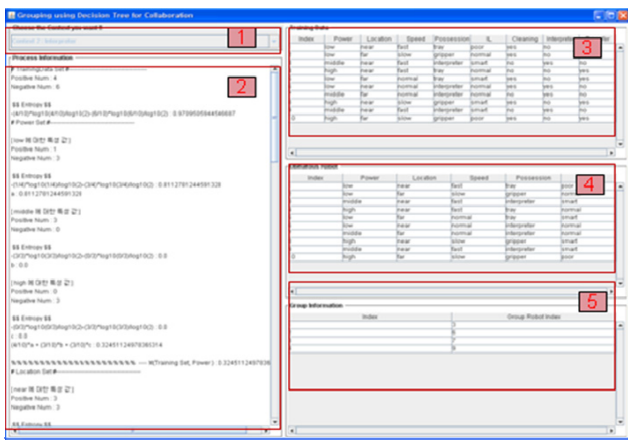
```

        <possession>tray</possession>
        <il>poor</il>
        <cleaning>yes</cleaning>
        <interpreter>no</interpreter>
        <transfer>no</transfer>
    </instance>
    ...
    <instance>
        <index>10</index>
        <power>high</power>
        <location>far</location>
        <speed>slow</speed>
        <possession>gripper</possession>
        <il>poor</il>
        <cleaning>yes</cleaning>
        <interpreter>no</interpreter>
        <transfer>yes</transfer>
    </instance>
</TrainingData>
    
```

Instance를 정의하였다. 셋째, 전체 시스템 구성 중 Grouping Layer를 세부 설계하여 Entropy를 이용한 각 상황에 맞는 분류자(결정 트리)를 생성하여 로봇을 Grouping 하는 방법을 제시하고 구현하였다. 본 논문에서 제시하는 Grouping 을 통해서 유비쿼터스 환경에 있는 로봇들의 협업을 유도할 수 있을 것이다. 향후연구로는 다음과 같이 계획하고 있다. 실제 로봇들로 시스템을 구축하기 위해서는 각 센서 및 네트워크 통신이 가능한 로봇들로 유비쿼터스 환경을 조성한 후 상황인식을 하기 위한 Context Modeling 과 Context Reasoning 의 설계가 필요하다. 또한 Grouping 된 로봇들의 협업을 유도하기 위한 Collaboration Layer 의 Planning 및 Planning 을 위한 Rule을 구성하여야 한다.

참고문헌

[1] 이서우, 이종권, “유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 위한 상황인식 처리 기술”, 정보과학회지 제24권 제10호, 2006.10.
 [2] 김중환 외 4인, “유비쿼터스 로봇 시스템”, 한국정보통신학회지, 제 21권 제7호, 2004.7.
 [3] 김지환, 양정진, “에이전트 기반 상황인식 모델 및 응용 현황”, 정보과학회지, 제24권 제10호, 2006.10.
 [4] 임기현 외 5인, “상황이해를 위한 로봇 지식 체계”, 정보과학회지, 제24권 제10호, 2006.10.
 [5] Weiser, M. (1991). The computer for the twenty-first century. Scientific American.
 [6] Dey, A. K. and Abowd, G. D. Towards a better understanding of context and context-awareness. In Proceedings of the Workshop on the What, Who, Where, When and How of Context-Awareness, New York. ACM Press, (2000).
 [7] H. Jaygarl, K. Oyama, J. Xia, and C.K. Chang, "HESA: a Human-centric Evolvable Situation-Awareness Model in Smart Homes," Submitted to the 2008 International Conference on Smart homes and health Telematics (ICOST 2008).
 [8] Young Cheol Go, Joo-Chan Sohn, Context Modeling for Intelligent Robot Services using Rule and Ontology. Advanced Communication Technology, ICACT 2005. The 7th International Conference on, Volume 2, 0-0 0 Page(s):813 – 816, (2005).
 [9] Machine Learning Tom M. Mitchell McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS
 [10] <http://asimo.honda.com/AsimoSpecs.aspx>
 [11] Brian P. Gerkey , Maja J. Mataric, Principled Communication for Dynamic Multi-robot Task Allocation, Experimental Robotics VII, p.353-362, December 11-13, 2000
 [12] <http://robotics.usc.edu/~gerkey/research/murdoch.html>
 [13] David L. Martin, Adam J. cheyer, and Douglas B. Moran. The open agent architecture : A Framework for building distributed software system. Applied Artificial Intelligence, 13(1):91-128, Jan-Mar, (1999.)
 [14] Katia Sycara, Keith ecker, Anandeeep Pannu, Mike Williamson, and Dajun Zeng. Distributed intelligent agents. IEEE Expert, 11(6):36-46, December, (1996).



(그림 5) Grouping 구현 화면

위의 (그림 5) Grouping 결과의 구현 화면 설명은 아래와 같다.

- ① 상황을 입력 받는다.
- ② 결정 트리 를 생성하기 위한 계산과정을 보여준다.
- ③ 현재 가지고 있는 Training Data를 보여준다.
- ④ Network Layer 를 통해서 연결된 Robot들의 Instance 를 임의로 생성하여 보여준다.
- ⑤ Robot Instance 들 중 Grouping 된 Robot들을 보여준다.

```

[Entropy Confirm]
%---- M : 0.9709505944546687
%---- M(Training Set, Power) : 0.32451124978365314
%---- M(Training Set, Location) : 0.9245112497836532
%---- M(Training Set, Speed) : 0.6754887502163469
%---- M(Training Set, Possession) : 0.0
%---- M(Training Set, IL) : 0.8
Minimum Entropy : 0.0
Minimum Index : 3
Root Node : Possession
    
```

(그림 1) Entropy 계산 예- Root Node 계산결과

5 결론 및 향후 과제

본 연구의 중요도는 다음과 같다. 첫째, 상황인식 기반의 Robot Society 을 구축 하기 위한 전체 시스템을 설계하였다. 둘째, 로봇의 상태를 나타내는 Robot