

센서 데이터와 Semantic 정보를 이용한 모바일 로봇의 Execution Monitoring

*강정호, 임기현, 방희범, 서일홍
한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

e-mail : jhkang@incorl.hanyang.ac.kr, hmetal@incorl.hanyang.ac.kr,
hbbang@incorl.hanyang.ac.kr, ihsuh@incorl.hanyang.ac.kr

Execution Monitoring of Mobile Robots using
the Sensor Data and Semantic information.

*JungHo Kang, GiHyun Lim, HeeBeom Bang, IlHong Suh
Division of Electrical and Computer Engineering
Hanyang University

Abstract

자율적인 모바일 로봇의 행동은 불확실하거나 변화하는 환경에서 강건하고 안전하게 움직일 수 있어야 한다. 이러한 행동을 하기 위해서는 로봇이 실행하면서 발생하게 되는 움직임과 계획 또는 환경적 요소에서 비롯된 예외적 상황을 발견하고 이를 구분할 수 있는 능력이 필요하다. Execution Monitoring이란 로봇이 이러한 예외적 상황을 구분하고 분류하는 것을 말한다. 본 논문에서는 이러한 예외적 상황을 구분하는데 있어서 Sensor Data와 Semantic 정보를 이용한 Execution Monitoring을 제안하고 있다.

I. 서론

실생활 환경에서의 모바일 로봇은 변화하거나 예상하지 못한 환경에서 계획한 행동을 안전하고 이상 없이 수행하여야 한다. 그러기 위해서는 로봇이 행동하고 실행하는 것에 대한 계획을 면밀히 세워서 실행하여야 하지만, 실제적으로 실제 세계는 다양한 변수들이 산재해 있기 때문에 실제 세계에 맞추어 계획을 세운다는 것은 다소 무리가 있다. 그러기 때문에 로봇은 반드시 계획된 행동의 성공과 실패여부를 판단할 수

있어야 한다. Execution Monitoring system이 바로 이런 로봇의 계획된 행동에 대한 성공여부를 판단하고, 실패를 분류한다.

기존의 Execution Monitoring system[1]은 예측모델에서 나오는 행동의 결과 값이나 Sensor의 예상 결과 값 또는 Semantic정보[2]중 하나만을 이용하여 실제 로봇이 행동했을 때의 결과와 비교하여 행동의 성공여부를 판단하게 된다.

본 논문에서 제시하는 Execution Monitoring 은 수치적 Sensor Data(RangeFinder, Sonar, Encoder를 수치적으로 표현)와 Semantic정보를 함께 적용하여 예외적 상황을 판단 할 수 있다.

II. 본론

2.1 Semantic information

그림1에서와 같이 Semantic information은 Object들에 대한 지식들을 나열한 것으로써 각각의 Class들과 그들의 관계가 어떻게 연관되어 있는 지를 보여준다. 예를 들자면 거실이라는 공간을 구성하는 Object들은 소파, TV, 액자 등이 있고 이것들의 위치정보들 또한 연관지어 말할 수 있다. 본 논문에서 쓰이는 Semantic information은 Description Logics[2]을 이용하였다.

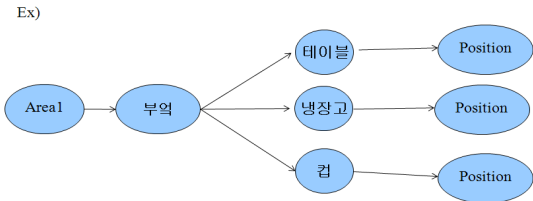


그림1. Semantic information

2.2 Execution Monitoring.

본 논문에 제시한 Execution Monitoring은 Sensor Fusion을 이용한 확률적 모델을 기반으로 Vision System의 물체인식에서 생성된 Semantic정보와 함께 사용하여 성공여부를 판단하게 된다. $P(x|Z_s, Z_v)$ 는 Sensor Data와 Semantic information이 있을 시에 로봇이 X 위치에 있을 확률을 말하며 다음과 같은 식으로 나타나게 된다.

$$P(x|Z_s, Z_v) = \frac{P(Z_s|x, Z_v)P(x|Z_v)}{P(Z_s|Z_v)} = \alpha P(Z_s|x)P(x|Z_v) \dots\dots\dots \text{수식(1)}$$

x : 로봇의 위치.
 Z_s : Sensor Data
 Z_v : Semantic 정보

여기서 Z_s 는 Sensor Data들을 말한다. Z_v 는 기존 연구의 Vision System에서 얻어진 Semantic정보를 말한다.[4] Z_s, Z_v 는 조건부 독립을 가정하였고, $P(Z_s|x_1)$ 는 LikeHood이다.

III 실험

실험에서는 다음과 같은 4가지 Case에 대해 로봇의 이동에 대한 성공여부를 판단한다.

Case	Semantic information	수치적 Sensor Data .
Case 1	공간에 포함된 물체 발견	오차 범위 이하
Case 2	공간에 포함된 물체 발견 못함	오차범위 이하.
Case 3	공간에 포함된 물체 발견	오차 범위 이상.
Case 4	다른 공간 물체 발견	오차 범위 이하.

Table 1. Case 종류

	Sonar	Laser	Succes/ Fail	Semantic information	Succes/ Fail
Case1	90%	95%	S	92%	S
Case2	62.5%	93%	S	50%	S
Case3	58.63%	90%	F	87%	S
Case4	90%	85%	S	13%	F

Table2. 실험 결과

Case 1의 경우는 정상적인 주행이 이루어진 경우로써, 수치적 Sensor정보가 오차범위내이고 공간적 물체가 인식된 경우이다. Case2의 경우는 주행이 조금 어긋난 경우로써 Sensor Data의 정보가 오차 범위 내에 들어 왔지만, 공간 내의 Object를 인식 못했을 경우이다. Case 3 경우 또한 주행이 어긋나서 수치적 Sensor 정보에서 오차범위를 벗어난 경우이지만 Object를 인식하게 되어 Semantic정보가 추가됨으로써 정상적인 주행으로 판단되었다. Case 4는 잘못된 공간으로 이동된 경우로써 Sensor Data의 Geometry한 정보는 같지만 전혀 다른 공간의 Object가 인식되어 수치적 Sensor정보가 오차범위를 벗어나진 않았지만 Semantic정보가 어긋났기 때문에 실패한 주행으로 판단되었다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

Table1에서 보듯이 Sensor Data가 실패하더라도 Semantic 정보를 통해 성공여부를 좀 더 명확하게 판단할 수 있다. 요약하자면 기존의 Execution Monitoring과는 다르게 본 논문에서 제한한 방법은 Sensor Fusion을 이용한 확률적 모델로 이동결과에 대한 성공여부를 판단 할 수 있다. 향후 연구 방향으로 는 예외 상황 또는 성공 상황에 대한 Sensor들의 Meta Rule를 정의 하여 보다 정확한 판단을 할 수 있을 것이다.

논문시사

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 『2단계 BK21사업』 과 산자부 지원의 21세기 프론티어 과제에 지능 로봇 사업의 지원을 받았음.

참고문헌

[1] Ola Pettersson, "Execution Monitoring in robotics : A survey" Center for Applied Autonomous Sensor Systems, Department of Technology, Orebro University, SE-70182 Orebro, Sweden

[2] "The description logic handbook : Theory, implementation, and applications." in Description Logic Handbook, F. Baader, D. Calvanese, D. L Mcguinness, D. Nardi, and P.F.Patal-Schneider, Eds. Cambridge University Press, 2003

[3] Ola Pettersson, Lars Karlsson, Alessandro Saffiotti "Model-Free Execution Monitoring by Learning from Simulation" Center for Applied Autonomous Sensor Systems, Department of Technology, Orebro University

[4] 방희범, 이상훈, 서일홍, 박명관"Object Recognition by Pyramid Matching of Color Cooccurrence Histogram",trans. KIEE vol. CD064, No. 93 , 2007