정보이론에 기반한 위치인식을 위한 노드생성 방법

장국현, 서일홍*
한양대학교 정보통신대학

Node Generation Method for Localization using Information Theory

Guoxuan Zhang, Il Hong Suh*
School of Information and Communication Engineering, Hanyang University
e-mail : imzgx@incorl.hanyang.ac.kr, ihsuh@hanyang.ac.kr *

요 약

본 논문은 순차적으로 취득한 비전 데이터에 대하여 엔트로피 분석을 통해 로봇의 토폴로지 지도 중 노드에 해당하는 장소를 자동으로 분할하는 방법을 제안한다. 정보이론에서 엔트로피는 랜덤변수의 평균 불확실성을 평가하는 척도로 사용된다. 이러한 속성을 이용하여 로봇 센서 데이터에 대한 변화를 추적함으로써 서로 인접한 장소 사이의 분계 지점을 찾아내고 장소분할의 목적을 달성할 수 있다.

1. 서론

토폴로지 지도는 그래프 형태로 공간을 표현하는 방법으로서 노드는 에이전트의 상태를 나타내고 에지는 에이전트가 노드 사이를 이동하는 궤적을 나타낸다 [1]. 본 논문은 토폴로지 지도상의 노드를 서로 다른 장소로 표현하고, 에지는 장소 사이를 이동하는 전이로 표현한다. 로봇이 일정한 경로를 따라 주행할 때, 유사한 센서 특징을 가진 지점들은 하나의 동일한 장소로 분류될 수 있다.

정보이론에서 엔트로피는 랜덤변수의 평균 불확실성을 평가하는 척도로 사용된다 [2]. 이러한 속성을 이용하여 로봇 센서 데이터에 대한 변화를 추적함으로써 서로 인접한 장소 사이의 분계 지점을 찾아내고 장소분할의 목적을 달성할 수 있다.

2. 정보이론에 기반한 노드생성 방법

로봇은 서로 다른 장치를 통하여 취득한 다중 차원의 특징 데이터를 동시에 처리해야 한다. 장소분할을 하기 위하여 다차원의 특징 데이터에 대해 하나의 통합된 처리 메커니즘을 적용해야 하는데 이렇게 하기 위해서는 이들 데이터를 상호 비교가 가능한 동일한 형식을 취하는 데이터로 변환해야 한다.

본 논문에서는 $f^i \rightarrow z^i$ 를 통해 상기의 변환을 나타낸다. f^i 는 실제로 측정된 i 번째 차원의 데이터를 의미하고 z^i 는 변환된 데이터를 의미하며 여기서 $z \in [0,1]$ 이다. 변환에 사용되는 구체적인 방법은 서로 다른 차원에 종속되어 있는 각 데이터들의 구체적인 속성에 의존하며, 변환 후의 크기는 각 데이터가 전체 데이터 중에서 차지하는 중요도에 의존하게 된다. 데이터 변환이 끝난 후, 시간 t 에서 i 번째 특징 데이터가 전체 데이터에서 차지하는 비중을 아래의 수식 (1)을 통해 계산한다.

$$P\left(z_t^i\right) = \frac{z_t^i}{\sum_i z_t^i} \tag{1}$$

로봇이 주행경로를 따라 움직이면서 취득한 센서 데이터들이 주어졌을 때, 장소분할 문제는 인접한 데이터들을 서로 다른 그룹으로 군집화는 하는 문제로 간주할 수 있다. 각 차원의 데이터가 전체 데이터에서 차지하는 비중이 수식 (1)을 통해 계산되면, 시간 t 에서의 전체 특징 데이터에 대한 엔트로피를 수식 (2)을 통해 계산할 수 있다.

$$H(z_t) = -\sum_i P(z_t^i)\log_2 P(z_t^i) \qquad (2)$$

z_t 는 시간 t 에서 취득한 다차원 특징 데이터로 구성된 벡터를 나타낸다. 측정된 데이터의 변화율을 추적함으로써, 우리는 장소분할 지점들에 해당하는 후보 지점들을 추출할 수 있게 된다. 추출된 후보 지점들에 대하여 경계 값 처리와 근접 영역의 병합 과정을 통해 최종 장소분할 지점들을 결정하게 된다.

3. 실험 및 결과

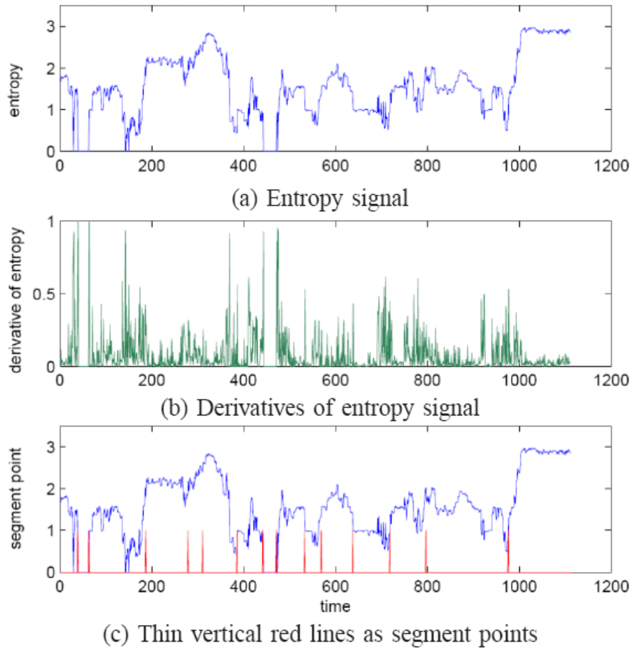
본 논문에서 제안한 노드생성 방법의 효율성을 검증하기 위하여 우리는 Pioneer 3-AT 로봇을 통해 비전 데이터를 수집하였으며 [3]에서 제안한 알고리즘을 이용해 직선성분을 추출하고 이를 기반으로 특징 데이터를 처리하였다.

그림 1 은 센서 데이터에 대하여 엔트로피를 계산하고 장소를 분할하는 과정을 보여주고 있다. (a)는 비전데이터에 대하여 엔트로피를 계산한 결과를 나타내고, (b)는 위에서 얻어진 엔트로피에 대하여 미분한 결과를 나타내며, (c)에서 빨간색 수직선은 최종적으로 얻어진 장소분할 지점들을 나타낸다.

장소분할 지점과 비전 데이터를 비교한 결과, 취득 이미지 중 수직성분이 나타나거나 없어지는 지점 및 직선성분이 크게 변화하는 지점이 장소분할 지점으로 선택된 것을 볼 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구방향

본 논문은 정보이론에 기반한 위치인식용 노드생성 방법을 제안하였으며 실험을 통해 효율성을 검증하였다. 본 연구의 향후 진행 방향은 인접한 센서 데이터 사이의 차이를 이용하여 특징 점을 자동으로 추출하는 방법을 개발하는데 있다.



[그림 1] 정보이론 기반 노드생성 방법의 처리과정

감사의 글

본 논문은 지식경제부 기술혁신사업으로 지원된 연구임. [2008-F-038-01, 상황 적응 로봇 인지 기술 개발].

참고문헌

[1] E. Remolina and B. Kuipers, "Towards a general theory of topological maps," *Artificial Intelligence*, vol. 152, no. 1, pp. 47-104, 2004.

[2] T. Cover and J. Thomas, *Elements of Information Theory*. Wiley Interscience New York, 2006.

[3] Guoxuan Zhang and Il Hong Suh, "*Integration of a Prediction Mechanism with a Sensor Model: An Anticipatory Bayes Filter*," IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2009, May 12-17, Kobe, Japan.