

인공표식이 배치된 환경에서 불확실성 특성을 고려한 이동로봇의 경로생성 기법

Path Generation of a Mobile Robot considering the Uncertainty Characteristics in Environments with Artificial Landmarks

*김지웅¹, #정우진²

*Jiwoong Kim¹, #Woojin Chung(smartrobot@korea.ac.kr)²

^{1,2}고려대학교 기계공학부

Key words : Path generation, Uncertainty distribution, Localization

1. 서론

인공표식은 특징이 뚜렷하지 않은 실내 환경에서 로봇의 위치추정을 위해 유용하게 사용된다. 이러한 인공표식의 활용도는 인공표식의 종류, 사용되는 위치추정기법, 그리고 주행경로 등의 요인에 따라서 매우 다르게 나타나는데, 그것의 활용도를 극대화시키기 위해 많은 연구들이 수행되어 왔다[1-2].

대표적인 인공표식으로서 저렴한 가격과 간단한 제어방식으로 인해 널리 사용되는 초음파 비컨을 들 수 있다. 초음파 비컨은 로봇의 위치추정 환경에 배치되어 초음파 신호를 방출함으로써 비컨으로부터의 거리 정보를 로봇에 제공한다. 그러나 매순간 로봇이 가진 위치 불확실성의 분포형태에 따라 비컨이 제공하는 거리 정보는 로봇의 위치추정 정확도를 향상시키는데 거의 영향을 미치지 않을 수 있다. 이때, 로봇이 가진 위치 불확실성의 형태는 주행경로에 따라 다르게 나타난다. 그러므로 비컨으로부터 얻은 거리 정보를 위치추정에 효율적으로 사용하기 위해서 경로생성 시 불확실성 특성을 고려할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 이동로봇의 운동모델과 센서모델이 가진 불확실성의 형태에 주목함으로써 초음파 비컨이 배치된 환경에서 위치추정 성능을 최대화시키기 위한 경로생성기법을 다룬다.

2. 불확실성 기반의 경로생성기법

오도메트리를 이용해 예측된 로봇 위치와 초음파 비컨으로부터 측정된 로봇 위치는 다른 형태의 불확실성 분포를 가지는데, 그것들을 각각 운동모델과 센서모델의 불확실성이라고 한다.

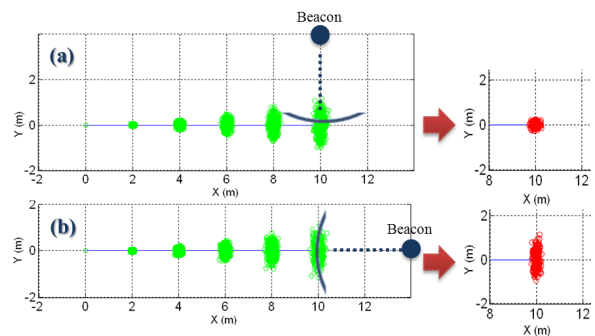


Fig. 1 The uncertainties in the motion model and the sensor model

Fig. 1은 운동모델과 센서모델의 불확실성 특성을 보여준다. 운동모델의 불확실성은 주행방향보다 수직방향에서 크게 증가한다. 또한, 센서모델의 불확실성은 센서로부터 관측된 거리에 대한 가우시안 확률분포로 나타낼 수 있다. 여기서 초음파 비컨은 거리 정보 이외에는 어떠한 정보도 제공하지 않는다. 따라서 불확실성의 방향성을 고려할 때 Fig. 1의 (a)와 (b)에서처럼 운동모델의 불확실성이 주어진 상황에서 서로 다른 방향에 배치된 비컨에 의한 불확실성 감소정도는 다르게 나타난다.

인공표식이 배치되어 있는 환경에서 출발위치와 목표위치가 정해져있는 로봇은 위에서 언급한 불확실성 특성을 고려하여 경로를 생성함으로써 위치추정 정확도를 향상시킬 수 있다. 우선, 로봇의 후보 경로를 생성하기 위해 출발점을 원점으로 하고 출발점(0,0)과 목표점($x_g, 0$)을 잇는 직선을 x축으로 하는 좌표축을 지정한다. 다음으로, 식(1), (2)와 같이 n차 다항식 또는 n개의 사인함수의 조합을 이용하여 후보 경로를 생성할 수 있다.

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n \quad (1)$$

$$y = \sum_{i=1}^n a_i \sin\left(\frac{x}{x_g} i\pi\right) \quad (2)$$

후보 경로는 일부 항의 계수를 랜덤변수로 하여 다양하게 생성된다. 그리고 나서 생성된 각 경로에 대해 몬테카를로 위치추정기법[3]을 이용하여 경로 중 불연속점 p_i 에 대한 불확실성을 산출한다. 마지막으로, 식 (3)과 같이 경로 중 평균 불확실성과 최종 위치에서의 불확실성에 대한 가중치 합을 통해 각각의 후보 경로에 대한 비용이 산정된다.

$$C(t) = w_1 \times \frac{\sum_{i=1}^m \|cov(p_i)\|_2}{m} + w_2 \times \|cov(p_m)\|_2 \quad (3)$$

이때, 각각의 가중치 w_1, w_2 는 로봇의 주행목표에 따라 다르게 지정할 수 있으며, 비용을 최소화시키는 경로를 최종적으로 선택하게 된다.

3. 시뮬레이션 결과

초음파 비컨이 7m 간격으로 배치된 환경에서 로봇의 출발점과 목표점을 지정한 후, 위치 불확실성을 최소화시키는 경로를 찾기 위한 시뮬레이션을 Fig. 2와 같이 수행하였다. 여기서 각 경로는 3차 다항식과 랜덤변수를 이용하여 생성되었다.

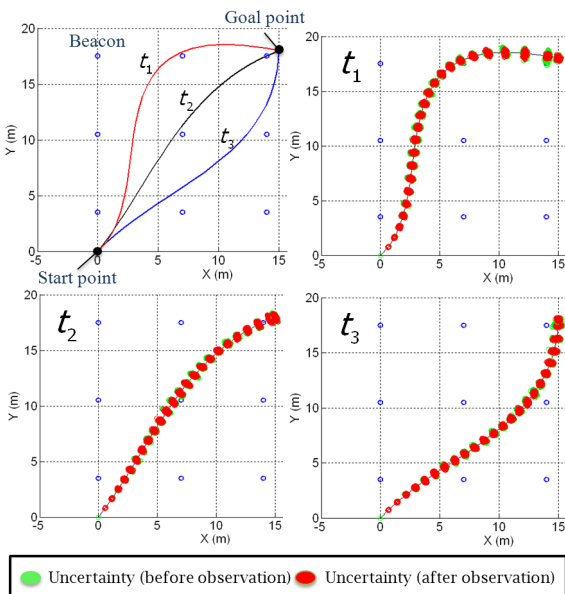


Fig. 2 Path generation and localization in environments with beacons

Table 1 Comparison of uncertainty for each path

	overall distance	2-norm of covariance on average	2-norm of covariance at goal point
t_1	28.1m	0.0085	0.0115
t_2	23.9m	0.0101	0.0308
t_3	24.4m	0.0076	0.0056

Table 1은 각 후보 경로를 주행거리, 평균 불확실성, 목표점에서의 불확실성에 대해 비교한 결과이다. 불확실성의 크기는 x, y 공분산의 2-norm을 통해 나타내었다. 여기서 t_1, t_3 는 t_2 보다 주행거리는 길지만 평균불확실성과 목표점에서의 불확실성이 더 작게 나타난다. 그 이유는 로봇이 t_1, t_3 을 따라 주행할 때 형성되는 위치 불확실성을 더욱 효율적으로 줄일 수는 방향으로 비컨들이 배치되어있기 때문이다. 주어진 알고리즘에서는 t_3 의 경로비용이 가장 적기 때문에 최종적으로 t_3 가 선택된다.

4. 결론

본 논문은 로봇의 위치추정성능을 향상시키기 위해 환경에 배치된 초음파 비컨으로부터의 거리 정보를 효율적으로 이용하는 경로를 생성하는 기법을 제시하였다. 따라서 목표한 위치로 로봇을 이동시킬 때 제시기법을 통해 경로를 생성함으로써 보다 정밀한 위치추정이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 “융복합형 로봇전문인력 양성사업”의 지원을 받아 수행되었음(NIPA-2011-C7000-1001-0005). 또한, 한국연구재단의 기초연구사업(2011-0025980)과 (2011-0016225)의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

1. T. Rupp and P. Levi, "Optimized Landmark Arrangement for Absolute Localization - A Practical approach", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, USA, 448-453, 2000.
2. M. Beinhofer, et al., "Near-optimal Landmark Selection for Mobile Robot Navigation", IEEE International Conference on Robotics & Automation, China, 4744-4749, 2011.
3. F. Dellaert, et al., "Monte Carlo Localization for Mobile Robots", IEEE International Conference on Robotics & Automation, USA, 1322-1328, 1999.