

이동로봇의 동시적 위치추정 및 지도작성을 위한 새로운 초음파 형상 개발과 그 응용

Development of A New Sonar Feature Structure for EKF-based SLAM and Its Applications

*이세진¹, #조동우^{2,3}, 임종환⁴

*S.-J. Lee¹, #D.-W. Cho(dwcho@postech.ac.kr)^{2,3}, J.-H. Lim⁴

¹경일대학교 로봇응용학과, ²포항공과대학교 기계공학과, ³포항공과대학교 융합생명공학부,

⁴제주대학교 기계시스템공학부

Key words : Sonar Sensor, Feature, SLAM, Navigation

1. 서론

초음파 센서를 이용한 기존의 환경형상지도 작성에 관한 연구들은 정형화 된 line 과 point feature 만을 이용하여 환경지도를 작성하고 로봇의 위치를 추정하였다. 이러한 방법은 실험을 위한 단순한 형태의 공간에서는 적합할지라도 초음파 빔의 특성 상 실제 복잡한 가정환경에서의 동시적 위치추정 및 지도작성(SLAM: simultaneous localization and mapping)에 대한 성공률은 보장할 수 없다. 이와 같은 SLAM 성공률 감소의 주된 원인은 복잡한 환경에서 초음파 형상의 강인한 데이터 교합(data association)이 난해하기 때문이다. 이러한 문제점들을 극복하기 위해서는 새로운 형태의 강인한 초음파 형상이 필요하며 본 연구에서는 복잡한 가정 환경의 SLAM 에 적합한 sonar salient feature(SS feature)를 소개하고 사용한다.

일반적인 실내공간에서는 SS feature 를 지속적으로 관찰하기 힘든 벽면으로만 이루어진 단순한 공간이 존재하기 마련이다. 이러한 곳에서는 로봇의 누적위치오차를 보정해 줄 기회가 감소하게 되며 다음의 두 가지 방법을 통해 이 문제를 극복하고자 한다.

첫 번째는 초기 주행을 통해 국부적으로 SS feature 의 추출이 부족한 곳을 분석하고 연속적인 형상 관찰이 가능하도록 SS feature 가 추출되기 용이한 생활물품들을 배치해 SLAM 의 안정성을 유지시키는 방법이다. 두

번째는 SS feature 가 추출되기 힘든 부분, 즉 긴 벽과 같은 부분에서의 낮은 형상추출빈도를 극복하기 위해 추출조건이 높은 길고 강인한 line feature 만을 함께 추출하여 사용하는 방법이다. 가정환경에 대한 실험 결과를 통해 제안되는 형상지도를 이용한 EKF 기반 SLAM 의 효용성을 검증한다.

2. SS feature 의 추출

SS feature 는 기본적으로 서로 다른 위치에서 측정된 세 개의 단일 초음파 데이터가 형상학적으로 볼 때 동일한 가상 원을 측정했는지 아닌지를 판단해 주는 FPA(footprint association)¹ 모델을 사용하여 convex saliency circling 과정을 거친 후 추출된다. 그림 2 에서 보는 바와 같이 ϕ 은 첫 번째 초음파 데이터의 유효 빔 폭을 일정한 간격으로 나눈 각 중 임의의 각이다. 외접원의 반지름 q_r 과 이에 접하고 있는 두 번째 초음파 데이터에 해당하는 각 ϕ_2 는 FPA 모델을 이용하여 구할 수 있다. 다음으로 신뢰성을 더욱 높이기 위해 이 외접원에 접하는 또 다른 세 번째 초음파 데이터를 찾는 과정이 진행된다. 결국 이 모든 조건을 만족시키는 외접원이 존재하면 이 원을 컴퓨터 메모리에 저장시키고 지역적으로 그룹핑된 원들의 원점에 대한 centroid 를 SS feature 라 정의한다.

3. 실험결과

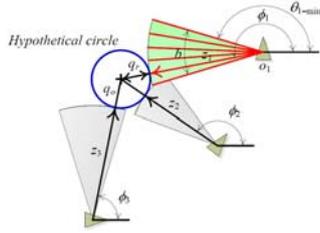


Fig. 1 Example of the specific hypothetical circle satisfying the geometric constraints from three individual sonar footprints

실험은 약 30°의 빔 폭을 갖는 16 개의 Polaroid 초음파 센서를 장착한 차동구동 방식의 Pioneer-3DX 이동 로봇을 사용하여 수행되었다. 초음파 센서는 전방 8 개, 후방 8 개로 배치되었다. 실험은 약 (12×10)m 크기의 실제 가정환경에서 수행되었다. 이동 로봇이 0.2m/s 의 평균속력으로 실험 환경을 주행하는 동안 초음파 데이터는 1Hz 의 빈도수로 측정되었다.

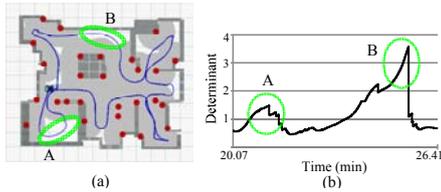


Fig. 2 Exploration all around the area: (a) mobile robot trajectory driven all around the area, and (b) plot of the determinant of the robot pose covariance of the exploration

그림 2 는 초기주행에서의 로봇주행 경로와 위치불확실도에 대한 결과를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 SS feature 의 관찰이 이루어지지 않은 부분, 즉 A 와 B 영역에서의 로봇 위치불확실도는 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상은 SLAM 의 안정도가 유지될 수 없으며 잠재적 실패 요인으로 작용할 수 있다.

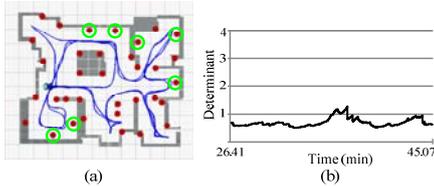


Fig. 3 Exploration with supplemental augmented

landmarks: (a) mobile robot trajectory driven all around the area, and (b) plot of the determinant of the robot pose covariance for the exploration

그림 3 은 그림 2 의 A 와 B 부분에 스탠드, 우산꽂이, 휴지통, 화분 등과 같은 물건들을 배치시킨 후에 주행 한 결과이다. 전 영역에서 연속적인 SS feature 의 관찰이 보장됨으로써 SLAM 의 안정적인 성능을 확인할 수 있다.

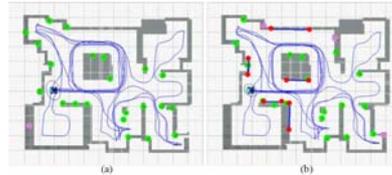


Fig. 4 Feature extraction on exploration: (a) only SS features, and (b) together with line features

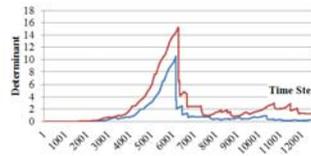


Fig. 5 Determinant of the robot pose covariance: red plot(Fig 4(a)'s) and blue plot (Fig 4(b)'s)

그림 4(a)는 SS feature 만을 사용하였을 때의 결과이고 그림 4(b)는 line feature 를 포함하여 사용하였을 때의 결과를 나타낸다. 그림 5 의 주행 중 로봇 위치 공분산행렬의 행렬식 추이에서 보는 바와 같이 선 형상까지 포함하여 수행한 SLAM 결과가 SS feature 만을 사용하여 수행한 결과보다 더욱 안정적인 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

복잡한 환경에서의 SS feature 를 이용한 강인한 SLAM 성능을 확인할 수 있었다. 또한 초기주행을 통한 영역분석과 line feature 의 사용을 통해 환경적 한계를 극복할 수 있었다.

참고문헌

1. S.-J. Lee, J.-H. Lim, and D.-W. Cho, "Robust Feature Detection for Mapping and Localization of a Mobile Robot Using Sparsely Sampled Sonar Data," Advanced Robotics, vol. 23, no. 12-13 pp. 1601-1616, 2009.