

# 전(前)방향 영상기반 실내로봇 위치인식 알고리즘 성능평가 방법

추원국, 문승빈  
세종대학교 컴퓨터공학과  
e-mail:sbmoon@sejong.ac.kr

## Performance evaluation procedure for forward vision based localization of indoor mobile robots

Wonkook Choo and Seungbin Moon  
Dept. of Computer Engineering, Sejong University

### 요 약

이동형 서비스 로봇의 위치인식 기능은 성능평가지 중요한 평가척도의 하나로써 이용된다. 서비스 로봇이 다양한 작업을 수행하기 위해 여러 장소를 이동하게 되므로, 얼마나 정확하고 빠르게 위치인식을 하는 것이 로봇의 종합적인 성능에 큰 영향을 미치기 때문이다. 이를 위해 로봇은 영상이나 다양한 거리 센서를 활용하여 위치인식의 성능향상을 도모하고 있다. 그럼에도 불구하고 현재 영상기반의 위치인식 성능평가 방법과 관련한 표준이 없으며, 개별적인 성능평가만 시행되고 있다. 이에 우리는 이 논문을 통하여 전(前)방향 영상기반의 위치인식 알고리즘 성능평가 방법과 평가척도를 제안한다. 제안된 위치인식 알고리즘 성능평가 방법은 현재 지능형로봇 표준포럼의 표준으로 채택되었으며, 이를 통해 앞으로 영상기반 위치인식 알고리즘을 평가하고 개발하는데 기준 역할을 할 수 있을것으로 기대된다.

### 1. 서론

주로 고정된 위치에서 주어진 작업만을 수행하는 산업용 로봇과 달리, 서비스 로봇은 넓은 작업환경을 이동하며 다양한 작업을 소화할 수 있는 능력이 있어야 한다. 이를 효과적으로 수행하기 위해서는 로봇이 현재 자신의 위치를 정확하고 빠르게 인식할 수 있어야 한다.

이런 위치인식(Localization) 작업을 위해 가장 기본적으로 사용되는 방법이 데드레커닝(Dead Reckoning) 기법으로 구동기에 장착되어있는 엔코더를 이용해 바퀴의 회전수로 이동거리를 파악하는 방법이 있다[1, 2]. 그러나 이 방식에서는 바닥과 바퀴의 마찰정도와 바퀴면의 마모 상태 등에 따라 오차가 발생하게 되며, 이동 거리가 길어질수록 오차가 누적되어 추후에는 더 큰 오차가 발생하게 된다.

이런 단점을 보완하기 위해 외부센서를 이용해 위치정보를 보정하는 기술이 필요하게 된다. 보정기술은 두가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 초음파[3, 4]나 레이저 레인지 센서[5, 6]와 같은 거리 정보 센서를 이용하는 것이고, 두 번째는 영상정보[7, 8]를 이용하여 위치인식 정보를 보정하는 방법이다.

영상정보를 이용하는 방법에는 인공표식(Artificial Landmark)을 이용하는 방법[1, 9]과 자연 표식(Natural Landmark)을 이용하는 방법[1, 10]의 2가지가 있다. 인공표식은 말 그대로 로봇이 활동하는 반경에 인위적으로 영

상인식이 가능한 다양한 패턴을 설치하여 로봇이 패턴정보를 인식하여 위치 정보로 활용하는 방법이다. 이는 자연 표식방법에 비해 좋은 성능을 보이지만, 추가적인 인공표식 설치와 이를 지속적으로 관리해야 하는 단점을 가지고 있다.

반면에, 자연표식방식은 인공표식 없이 영상센서가 획득하는 정보를 이용해 위치를 추정하는 방법이다. 기존의 탐색과정에서 획득한 영상을 DB에 저장한 후, 추후 등록된 DB영상과 영상센서로 획득한 영상정보를 비교하여 위치인식 정보에 활용하는 방법이다.

그러나, 현재 청소로봇을 필두로 하여 다양한 서비스 로봇 시장이 활성화 되고 있음에도 불구하고, 영상기반의 위치인식과 관련한 성능 평가 방법에 대한 표준이 없는 관계로 객관적인 성능평가가 어려운 실정이다. 서비스 로봇의 경우 업체의 개발 목적, 목표 성능, 비용등의 문제로 웹카메라부터 3D-Stereo카메라 까지 다양한 형태의 비전센서가 사용되고 있다. 이와같은 상황하에서 모든 플랫폼을 만족 시킬 수 있는 영상 데이터베이스를 구축하는 것은 사실상 불가능하다. 그러므로 성능평가용 데이터베이스를 구축하는 것 보다 공통된 주변환경을 규정하고 이 환경에서 실험 하는 것이 객관적 평가 결과로 활용 수 있다.

이에 본 논문은 다양한 영상기반 위치인식 알고리즘을 객관적으로 평가할 수 있는 성능평가 방법을 제안하였으

며, 이는 지능형로봇 표준포럼의 표준으로 채택이 되어있다.

본 논문의 2절에서는 제안된 성능평가 방법을, 3절에서는 위치인식 성능 평가를 위한 평가 척도를 각각 소개한다. 4절은 결론으로 구성되어 있다.

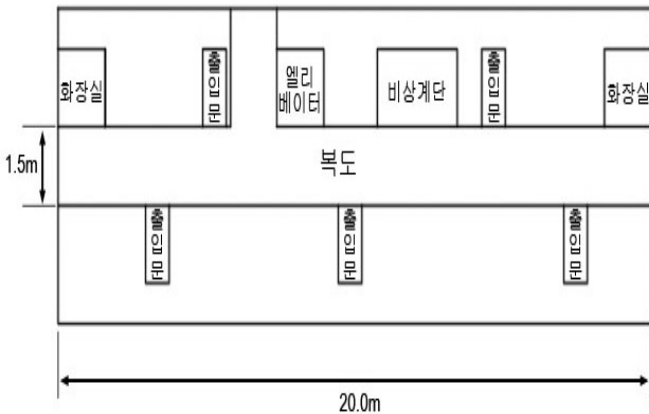
**2. 성능평가 방법**

공통된 성능평가 환경을 구성하기 위하여 먼저 시험장의 크기, 환경, 조명 조건 등을 제한하고 기준영상과 시험영상의 획득 방법을 명확히 제시하고자 한다.

알고리즘 성능평가를 위한 시험장은 표 1의 필수 공간을 포함 하면서 하나 이상의 교차점과 1.5m×20.0m×2.0m (폭×길이×높이) 이상의 공간으로, 최소 5개 이상의 위치정보 등록을 할 수 있는 공간으로 정의하였다. 이는 일반적인 건물의 실내환경을 기준으로 하였으며, 위치 정보 등록 지점간의 공간을 5m이상 두어 상호 간섭을 최소화 하였다. 그림 1은 조건을 만족하는 시험장 구성도의 예이다.

<표 1> 시험장내 필수 포함 공간

구 분	조 건
화장실	1개 이상
엘리베이터	1개 이상
비상계단	1개 이상
출입문	4개 이상



(그림 1) 시험장 구성도의 예

본 논문에서 제안하는 성능평가 방법은 공통된 주변환경을 규정하여 그 안에서 성능평가 시험을 진행하는데 의미가 있으므로, 표 2와 같은 기본적인 시험 환경 요소를 만족하도록 조건을 제한 하였다. 제시된 조건들은 일반적인 실내환경을 의미하며, 다른 다양한 성능평가 표준과 유사한 환경 조건이다.

<표 2> 시험장 환경 조건

항목	조건	비고
온도	20℃	±5℃에서 유지
습도	40%~60%	
소음조건	50dB	

<표 3> 시험장 조명 조건

조건	조도(Lux)	유사환경
1	150	현관, 사무실 복도
2	200	엘리베이터
3	700	일반 사무실
4	1000	정밀 작업 사무실

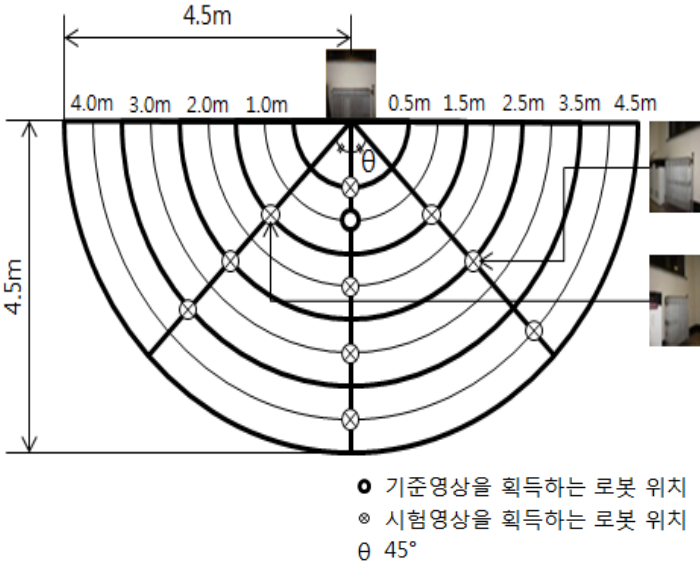
표 1에서 제시된 필수 포함 공간은 서비스 로봇의 관점에서 봤을 때 가장 방문 빈도가 높을 것으로 예상 되는 곳으로, 실제 로봇을 운영중이거나 시험 운행 시에 위치등록 장소로 활용이 용이한 공간이다. 그러나 제시된 성능평가 방법은 데이터베이스 기반이 아니기 때문에 위치등록 장소의 조명환경을 강제로 알고리즘에 유리하도록 조작할 가능성이 존재한다. 이에 표 3에서와 같이 시험장 공간의 장소에 따른 조명조건을 제한함으로써 좀 더 객관적인 알고리즘 성능평가가 가능하도록 하였다.

또한, 로봇의 위치를 측정할 수 있는 외부 위치 측정 센서를 이용해, 위치인식 알고리즘 상의 위치좌표와 비교할 수 있는 기준 좌표계를 구축하여야 한다. 단, 기준 좌표계를 위해 사용되는 외부 위치측정 센서의 제한은 두지 않았다.

전방향 영상기반 위치인식 알고리즘에 사용될 기준영상 및 시험 영상 획득 방법은 다음과 같다. 기준영상은 외부 센서를 기준으로 위치등록 할 장소의 정면 1m 거리에서 획득한 영상으로 한다. 시험영상은 외부 센서를 이용해 표 4의 조건을 만족하는 위치에서 로봇이 영상센서를 이용해 획득한 영상으로 한다. 그림 2는 기준영상 및 시험영상의 획득방법의 예를 보여주고 있다. 그림 2에서 ●은 기준영상을 획득하는 로봇의 위치를, ⊗은 시험 영상을 획득할 로봇의 위치를 의미한다. 시험영상 및 기준영상 획득시에는 표 2의 위치등록 장소에 따른 조명조건을 지켜야 한다.

<표 4> 시험영상 자세각 조건

거리 변화 조건	자세각 조건			시험 영상 수
	Roll	Pitch	Yaw	
1m ~ 4.0m 내에서 0.5m 간격으로 변화	0°	0°	-45°, -30°, 0°, 30°, +45°	각 위치에 따른 자세각 조건별 1장 이상 촬영
8가지 경우	-	-	5가지 경우	



(그림 2) 기준영상과 시험영상의 획득 예

성능평가 절차는 시험장 공간 안에 최소 5개 이상의 장소를 위치등록하고, 위에 제시된 방법과 표 4를 만족하는 기준 영상 및 시험 영상을 획득한다. 다음으로 위치인식 알고리즘을 통해 얻은 시험 영상의 위치와 초기 시험 영상을 획득한 위치와의 오차를 다음 절에서 설명하는 평가 척도에 따라서 측정 후 기록한다.

3. 성능평가 척도

성능평가를 위한 척도로는 위치정확도와 소요시간을 제시하였다. 위치정확도는 수식 (1)과 같이 측정된 오차들의 평균으로 정의하였다.

$$\sum_{n=1}^k |T_n - T'_n| / k \quad (1)$$

$T_n$  : n번째 시험위치의 기준좌표  
 $T'_n$  : n번째 시험위치의 로봇 좌표  
 $k$  : 획득한 시험영상의 총개수

위치 정확도는 일반적으로 영상에서 추출되는 특징점의 개수에 비례하고, 거리와 각도 변화에 반비례 하게 된다. 실험보고서에는 표 5와 같이 거리별 포즈별 영상에 대한 실험결과를 나누어 기입하도록 되어 있어 거리와 회전변화에 대한 강인성을 개별적으로 확인할 수 있도록 하였다.

소요시간은 수식 (2)와 같이 시험영상 한 장에 걸리는 평균 위치인식 시간으로 정의하였다.

$$\sum_{n=1}^k |Time(n)| / k(ms) \quad (2)$$

$Time(n)$  : n번째 시험영상처리에 걸리는 위치인식시간  
 $k$  : 획득한 시험영상의 총개수

서비스 로봇의 경우 위치 인식 이후에 주어진 작업을 진행하여야 하므로, 인식에 걸리는 소요시간은 매우 중요한 평가요소이다. 소요시간은 알고리즘의 특징점 추출 속도와 정합 속도에 비례 관계를 가진다.

또한 다양한 형태의 로봇 플랫폼이 사용되므로 표 6에 서와 같이 사용된 영상 센서의 특징과 사양을 기입하고, 모듈형태의 독립시스템일 경우 CPU의 사양과 메모리를 추가 기입하도록 하였다.

<표 5> 성능시험 결과표

위치등록 장소	총 시험영상 개수	거리변화 실험 결과		포즈변화 실험 결과		
		시험영상 개수	정확도 (m)	소요시간 (ms)	시험영상 개수	정확도 (m)
장소 1						
장소 2						
장소 3						
장소 4						
장소 5						
평균	-	-			-	

<표 6> 성능시험 환경 표

실험 환경			
일련번호			
일 시	0000 년 00 월 00 일		
장 소			
비전센서의 사양			
센서종류	CCD/CMOS	해 상 도	
프레임율		픽셀크기	
출력형식		최저조도	
처리시스템			
CPU종류		RAM	

4. 결론

2 절과 3절에서 제시된 평가 방법과 평가척도를 이용하여 실내환경에서의 전(前)방향 영상기반 위치인식 알고리즘의 객관적인 성능평가 가능성을 확인할 수 있다.

알고리즘 성능평가에는 데이터베이스 기반의 실험이 더 적합하지만, 현재 로봇 플랫폼은 규격화 되어 있지 않아 다양한 형태의 영상센서의 조합이 사용되고 있다. 이 논문에서는 플랫폼의 구성상태와 상관없는 전(前)방향 영상센서를 이용해 위치인식을 하는 로봇 플랫폼에 대해 성능평가할 수 있는 방법으로 제시되었다.

추후 서비스 로봇의 천정영상 기반 위치인식 알고리즘 성능평가에 대한 연구를 진행할 예정이다.

## 5. 사사

본 논문은 지식경제부 전략기술개발사업의 지원을 받아서 연구되었습니다.

### 참고문헌

- [1] 문승빈, 고경철, 박관웅, 강병훈, 이순걸, 김종형 “지능형 로봇공학”, 사이텍미디어, 2010, pp. 243-247.
- [2] Von der Hardt, H.-J., Wolf, D. and Husson, R. "The dead reckoning localization system of the wheeled mobile robot ROMANE" In Proceeding Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 1996. IEEE/SICE/RSJ International Conference, 8-11 Dec. 1996, pp. 603-610
- [3] A. Großmann and R. Poli, "Robust mobile robot localization from sparse and noisy proximity readings using Hough transform and probability grids", Robotics and Autonomous Systems, 37(1), 2001, pp. 1-18.
- [4] K. Demirli, and M. Molhim, "Fuzzy dynamic localization for mobile robots", Fuzzy Sets and Systems, vol. 144(2), 2004, pp. 251-283.
- [5] Armesto, L., Ippoliti, G., Longhi, S., and Tornero, J. "FastSLAM 2.0: Least-Squares Approach", In Proceeding Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference, 2006, pp. 5013 - 5018.
- [6] Armesto, L. and Tornero, J. "Robust and Efficient Mobile Robot Self-localization using Laser Scanner and Geometrical Maps", In Proceeding Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference, 9-15 Oct. 2006, pp. 3080 - 3085.
- [7] L. C. Pan and W. D. Chen, "Vision based localization of indoor mobile robot", Robot, Vol. 28(5), 2006, pp. 504-509.
- [8] M. H. Li and B. R. Hong, "Novel method of mobile robot simultaneous localization and mapping", Journal of Nanjin University of Science and Technology, Vol. 30(3), 2006, pp. 302-310.
- [9] Gijeong Jang, Sungho Kim, Jeongho Kim and Inso Kweon "Metric Localization Using a Single Artificial Landmark" In Proceeding Intelligent Robots and Systems, 2-6 Aug. 2005, pp.2857 - 2862.
- [10] Byung-Doo Yim, Yong-Ju Lee, Jae-Bok Song and Woojin Chung "Mobile Robot Localization Using Fusion of Object Recognition and Range Information" In Proceeding Robotics and Automation, 2007 IEEE International Conference, 10-14 Apr. 2007, pp. 3533 - 3538.