

다중 센서를 이용한 다단계 지역화

박재영*, 송하윤**

*홍익대학교 전자전기공학부

**홍익대학교 컴퓨터공학과

e-mail : gildong@somewhere.sck.ac.kr

Multilevel localization with multiple sensors

Jae-Young Park*, Hayoon Song**

*Dept. of Electronic & Electric Engineering, Hong-Ik University

**Dept. of Computer Engineering, Hong-Ik University

요 약

센서 네트워크의 한 개의 노드인 모바일 센서 차량들은 주위를 이동하면서 장애물을 탐지하고, 자신이 만든 지도를 서로 교환하여 합쳐 자신의 위치를 지역화한다. 이를 위해서 모바일 센서 차량들은 각종 센서를 탑재하여 자신의 위치를 파악한다. 이 논문에서는 데드-레코닝, 카메라, 그리고 RSSI 를 사용한 모바일 센서 차량의 지역화를 개별적으로 실험해봄으로써 거리에 따른 정확성을 알아보고, 이로써 각각 방식들이 가진 장점을 융합하여 보다 나은 지역화할 수 있는지 살펴본다.

1. 서론

현재 세계적으로 모바일 센서 네트워크(MSN)에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. MSN 에서는 자율주행을 위한 주변정보획득 및 주행제어라는 특징을 개별 센서에 접목시킴으로 다양한 부가 효과를 내는 것이 가능해진다. 이러한 환경에서는 개개 센서의 지역화 센서 배치 형태에 관한 기법이 필수적으로 요구된다. MSN 의 활용도가 확보되면 군사, 물류, 가정자동화, ITS, 의료, 공정자동화, 지능형 모바일 센서 차량, 지능형 차량 등 수많은 분야에 직간접 적으로 이용이 가능해 질 것이다. 이렇게 확보된 MSN 은 경제, 산업적으로 높은 부가가치를 지니게 된다.

본 연구에서 제안하는 지역화 방법은 세 가지의 서로 다른 방식을 통합한 지역화를 제안한다. 먼저 단순한 양 바퀴의 이동거리로부터 차량의 위치를 추정하는 데드-레코닝 기술에 의한 정확성을 논해본다. 다음으로 RSSI 를 통한 거리에 따른 신호 세기를 측정하여 장거리에서의 모바일 센서 차량간의 상호 거리측정을 통한 지역화의 타당성을 보인다. 또한 카메라에 의한 장애물 검출방식을 설명함과 동시에 지역화가 어떤 방식으로 정보화 되는지를 보이겠다.

2. 지역화

이 장에서는 실험에 쓰인 차량과 센서들을 통한 지역화를 설명한다. 모바일 센서 차량에 탑재한 센서들을 통한 지역화는 크게 3 가지의 방식을 통하여 이루어진다.

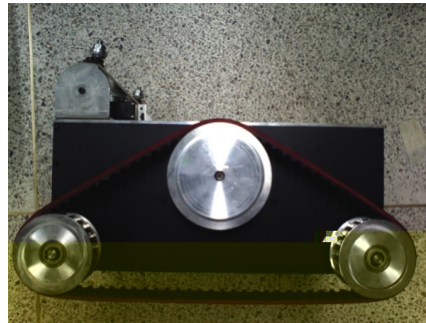
- ① 짧은 거리, 높은 정확성을 가진 Camera
- ② 중간 거리, 보통의 정확성을 가진 데드-레코닝

- ③ 먼 거리, 낮은 정확성을 가진 RSSI

위와 같은 방식을 실험을 통하여 각 센서에 의해 파악될 수 있는 거리를 정량화하여 보겠다.

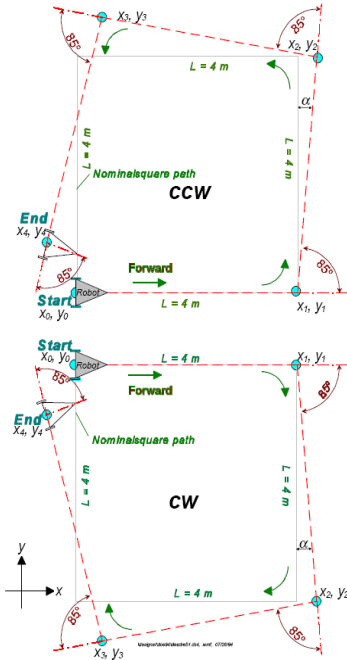
2.1 모바일 센서 차량

이 논문은 모바일 센서 네트워크의 노드로서 각종 센서를 탑재한 모바일 센서 차량이 지도를 구축하는데 있어 각 센서에 대한 정확성을 파악해 보고자 한다. 실험에 쓰인 차량은 몸체는 알루미늄 재질의 합판을 사용하여 내구성을 높이며, 무게를 가볍게 하였고, 바퀴는 각각 3 개의 바퀴와 L 형 고무벨트, 기어를 사용한 (그림 1) 과 같이 캐터필러 방식을 채택하여 지형의 영향을 덜 받으며 미끄러짐을 통한 이동거리 오차를 최소로 줄였다.

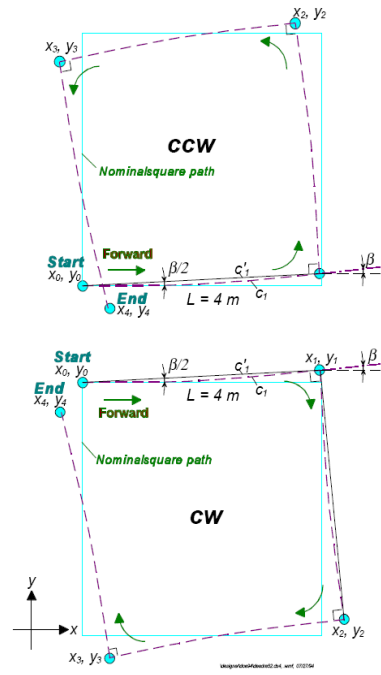


(그림 1) 모바일 센서 차량

2.2 데드-레코닝을 통한 지역화



(그림 2) A 타입 에러



(그림 3) B 타입 에러

데드-레코닝이란 양 바퀴의 이동거리를 계산하여 처음위치로부터 상대적인 좌표를 추측해 내는 방법이다. 하지만 여러 가지 오차에 의해 차량이 주행 중에 조금 틀어지면 장거리 이동 후에 큰 오차를 발생시키는 문제가 있다. 이에 UMBmark 를 이용하여 차량 주행에 오차를 줄이도록 하였다. 이것은 기존의 데드-레코닝 방식을 Michigan 대학에서 보완한 방식으로써 다음과 같은 내용을 담고 있다.[1],[2]

차량의 보다 정확한 주행을 위해서는 우선 차량의 기구적인 오차원인을 제거하는데 스텝 모터의 분해능에 의해 모바일 센서 차량의 위치를 측정하는데 있어 오차를 줄일 수 있다. 기구적인 오차를 요약하면 다음과 같다.

- ① 두 바퀴 사이즈의 크기 차이
- ② 두 바퀴 지름의 평균값과 각각의 값의 차이
- ③ 바퀴의 잘못된 정렬
- ④ 정확하지 않은 윤거
- ⑤ 스텝 모터의 제한된 해상도

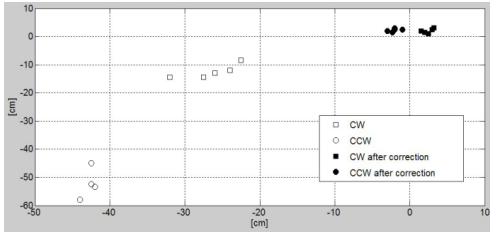
UMBmark 는 모바일 센서 차량의 주행 결과에 대한 분포를 분석하여 기구적인 오차를 보정하는 방법으로 사각형의 경로를 시계방향과 반 시계 방향으로 주행한다. 이 방법은 A 타입과 B 타입으로 정의 되는 오차 특성을 가진다.

A 타입은 실제 윤거의 길이와 계산상 윤거의 길이 오차에 의한 방위각 오차를 의미한다. 따라서 시계방향 주행 후 반 시계 방향으로 주행 시 방위각 오차 값은 증가하는 특징을 가진다. 예를 들어 실제 윤거의 길이가 계산상의 값보다 커서 코너에서 90 회전 시 85만 회전하게 된다. 따라서 각 코너를 돌 때 마다 방위각 오차는 계속 증가하게 된다.

B 타입은 차량의 양쪽 바퀴사이즈가 같지 않은 경우 발생하게 된다. 이 오차는 직진 주행 시 두 바퀴 중 바퀴가 작은 방향으로 치우쳐서 주행하게 된다. 이 오차는 시계 방향으로 주행 시 방향 에러 값은 반 시계 방향으로 주행한다면 오차 값이 감소하는 특징을 가지고 있다. 기구적인 오차는 시스템적인 오차로 예측가능하며, 분석 가능하다. 하지만 비기구적인 오차는 예측불가능하며, 분석할 수가 없다. 또한 비기구적인 오차는 이동 차량이 주행하는 장소에 따라 다른 값을 가진다. 비기구적인 오차는 다음과 같다.

- ① 평탄하지 않은 바닥 면의 주행
- ② 주행 중 기대치 않은 물체가 바닥 면에 있는 경우
- ③ 바퀴의 미끄러짐

실험은 실내의 평평한 일반 바닥에서 이루어졌으며 4*4 m 의 이동경로를 갖고 있다. (그림 2) 및 (그림 3) 과 같이 시계방향과 반 시계방향을 주행하여 각 오차의 양을 더하고 빼 줌으로써 수치적으로 에러 값을 계산할 수 있다. 실험 결과는 (그림 4) 와 같다.

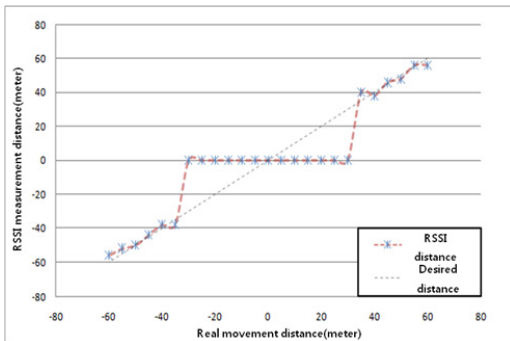


(그림 4) UMBmark 의 결과

UMBmark 에 의한 보정은 성공적이었다. 회전을 포함한 16m 의 움직임에서도 최대 3cm 이내의 오차범위를 보였기 때문에 잘 적용 되었음을 알 수 있다. 하지만 앞에서 설명한 비기구적인 오차에 의한 차량 위치정보의 오류는 피할 수 없다. 그렇기 때문에 향후 나침반센서 에 의한 실시간 보정을 통하여 좀더 발전된 주행정보를 얻을 것이다.

3. 2.3 RSSI 를 통한 지역화

모바일 센서 차량들은 RSSI 를 위한 802.11 네트워크 장치를 동일하게 탑재한다. 신호 세기에의 한 거리정보를 사용하여 적어도 3 개 이상의 노드와 하나의 앵커로 삼각측량을 할 수 있다. 앵커는 모니터링 프로그램을 갖고 있는 모니터링 스테이션이 담당한다. 802.11 네트워크 장치는 AP 모드로 변환이 가능한데 이로써 각각의 MSN 은 AP 로써 동작할 수 있다. 이를 소프트웨어적으로 활용하여 RSSI 를 기반으로 한 지역화를 수행할 수 있다. 이에 이전 연구를 통한 논문의 결과 값을 제시한다.[3]



(그림 5) RSSI 기반 및 실제 거리

(그림 5)와 같이 20m 이내에서 RSSI 는 신호의 세기가 너무 강해 유효하지 않지만 35m 범위 밖에서 RSSI 의 신호 세기를 기반으로 한 지역화는 사용 가능함을 알 수 있었다.

2.4 카메라를 통한 지역화

카메라는 주변의 장애물을 파악하여 향후의 진로방향을 판단하며, 그 장애물의 정보를 지도에 표시하게 된다. 또한 카메라는 다른 차량의 위치를 파악할 수

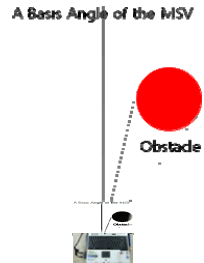
있는데 이는 다른 모바일 센서 차량차량에 적외선 LED 를 정삼각형으로 설치하여 그 삼각형의 정보를 3 각 측량법으로 계산하여 자신과 다른 모바일 센서 차량의 거리를 측정하여 지역화에 반영한다. 이에 대한 연구는 조관식[4] 등이 참여한 연구를 통해 실험이 이루어졌다.

3. 지도 작성

지도 작정은 지역화의 중요한 부분이다. 기본적으로 자신의 위치를 테드-레코닝 방식으로 파악한 후 카메라를 통해 파악한 장애물 정보를 지도에 표시한다. 또한 장거리에서는 RSII 를 통하여, 단거리 내에서는 다른 차량을 카메라로 인식하여 상대적인 거리에 따라 현재 위치의 정확성을 판단하고 보정한다.

각각의 모바일 센서 차량들은 자신의 정보를 로컬 맵으로 자료를 만든 후 서로의 정보를 통신으로 주고 받아 글로벌 맵으로 통합시킨다.

맵을 작성하기 위해서 상대좌표계와 절대 좌표계를 고려해야 한다. 예를 들어 장애물 정보는 모바일 센서 차량에 의해 상대 좌표계로 파악되게 된다. (그림 5) 에서 보듯이 상대 좌표계에서 모바일 센서 차량의 정면이 항상 0도가 된다.

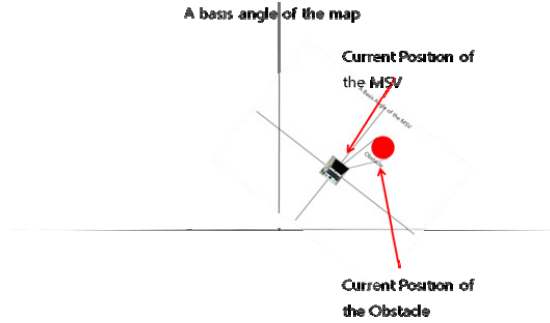


(그림 6) 상대 좌표계

이러한 지도는 (그림 7) 에서 나왔듯이 결국에 절대 좌표계가 되어 표시된다.

로컬맵은 그리드맵으로 형성하는 것이 일반적이다. 그러나 글로벌 맵으로 변환시 매우 큰 용량을 차지하게 됨으로 비효율적이다. 이러한 이유로 Kuipers and Bynn 에 의해 언급 되었던 글로벌 맵은 토폴로지컬 맵으로 표시된다[5].

Thrun 은 위에서 제시된 두 개의 맵을 하이브리드 형태로 제시했는데 이는 우리가 궁극적인 글로벌 맵으로써 다루게 될 것이다[6]. <표 1>은 그리드 맵과 토폴로지컬 맵의 장단점을 비교해 놓은 것이다.



(그림 7) 절대 좌표 계

<표 1> 그리드 맵 와 토폴로지컬 맵의 장점과 단점 비교

구분	Grid based approach	Topological approach
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 환경의 기하학적 정보를 정확하게 표현 가능 · 환경 모델링, 경로 계획, 맵-matching에 의한 자기 위치추정 등의 다양한 알고리즘 구현 용이 	<ul style="list-style-type: none"> · 경로 계획 간단 및 간결한 공간 표현 가능 · 모바일 센서의 절대적 위치 정확도가 비교적 덜 중요 · 사용자에게 자연스러운 인터페이스 제공
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 경로 계획이 어려움 · 공간 표현을 위하여 많은 메모리와 계산 필요 · 대부분의 Symbolic Problem Solver 에게 나쁜 인터페이스 제공 	<ul style="list-style-type: none"> · 센서정보 부정확시 대규모 공간의 맵 작성 불가 · 기준 센서값 계산이 부정확할 가능성이 높음 (맵-matching의 경우) · 환경 형상의 복잡성에 따라 적용이 어려움

4. 결론

본 연구에서 제작한 모바일 주행 차량은 각종 센서를 탑재하고 하위레벨의 마이크로 프로세서와 상위레벨의 컴퓨터 시스템으로 분리하여 확장성 및 호환성을 유지하기 위해 설계되었다. 차량의 주행으로 지역 맵을 그려서 각종 정보를 지도에 표시하게 된다. 그러나 아직은 다른 차량과의 유기적인 통신이 이루어지지 않는다. 다른 차량과의 지도 정보 교환을 위해서는 지역화가 필수적으로 이루어 져야 한다. 본 연구에서 제안하는 지역화 방법은 크게 3 단계로 나누어진다. 1 단계는 카메라를 통해 짧은 거리의 정확한 지역화이고, 2 단계는 중간 거리의 보통의 정확성을 가진 데드-레코닝을 사용한 지역화이다. 마지막 3 단계는 35m 이상 먼 거리에서 낮은 정확성을 보이는 RSSI 를 통한 지역화이다. 우선 차량의 위치를 결정하

게 되면 자기 자신의 지도를 송신하게 된다. 그러면 상대 차량은 수신된 지도를 가지고 각 차량의 상대 위치를 적용하여 자신의 지도를 확장하게 된다. 현재는 한 대의 차량에 대해서만 프로그램이 구성되어 있지만 좀 더 넓은 전역영역의 지도 그리기와 특정 패턴이나 그룹을 지어 이동하기 그리고 각각의 차량이 정보를 교환하기 등의 연구가 진행될 예정이다. 또한 향후 데드-레코닝 방식을 발전시키기 위해 디지털 나침반을 통하여 추가적인 보정을 통한 보다 정확한 위치 추정을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] J. Borenstein and L. Feng” A Method for Measuring, Comparing, and Correcting Dead-Reckoning Errors in Mobile Robots”, December 1994
- [2] Sina-park “odometry Error Correction with a gyro sensor for the mobile robot localization”, December, 2005
- [3] Jae Young Park, Ha Yoon Song, “Multilevel Localization for Mobile Sensor Network Platforms”, First International Symposium on Multimedia – Real Time Software (RTS’08), October 2008
- [4] Kwansik Cho, Ha Yoon Song, Jun Park, "Accurate Localization in Short Distance based on Computer Vision for Mobile Sensors", First International Symposium on Multimedia - Applications and Processing (MMAP’08), October 2008
- [5] B. Kuipers and Y.-T.Byun, "A robot exploration and mapping strategy based on a semantic hierarchy of spatial representations", Journal of Robotics and Autonomous Systems, 1991
- [6] Sebastian Thrun, Mike Montemerlo, Hendrik Dahlkamp, David Stavens, Andrei Aron, James Diebel, Philip Fong, John Gale, Morgan Halpenny, Gabriel Hoffmann, Kenny Lau, Celia Oakley, Mark Palatucci, Vaughan Pratt, Pascal Stang, Sven Strohband, Cedric Dupont, Lars-Erik Jendrossek, Christian Koelen, Charles Markey, Carlo Rummel, Joe van Niekerk, Eric Jensen, Philippe Alessandrini, Gary Bradski, Bob Davies, Scott Ettinger, Adrian Kaehler, Ara Nefian, Pamela Mahoney, "Stanley: The Robot that Won the DARPA Grand Challenge", Journal of Field Robotics 23(9), 661-692 (2006)