관성센서를 이용한 센서네트워크 위치 추적 시스템에서 플립 오류 제거 방법

김병기*, 장재혁, 송창근, 고영웅
*한림대학교 컴퓨터공학과
e-mail : {bkkim, jaehyok2, cgsong, yuko}@hallym.ac.kr

Location Tracking for Sensor Network using Inertial Measurement Unit to Eliminate Flip Error

Byung-Ki Kim, Jae-Hyok Jang, Chang Geun Song, Young-Woong Ko
*Dept. of Computer Science, Hallym University

요 약

본 논문에서는 센서네트워크에서 노드의 위치를 추적할 때 기존의 삼각측량을 위해 세 개의 센서간의 거리를 이용하여 계산하는 방법 대신 두 쌍의 센서간의 거리를 이용하여 위치추적을 할 수 있는 방법에 대해 제안한다. 두 개의 센서로부터 인식되는 위치의 정확성을 높이기 위해 관성센서를 사용하여 플립 오류를 해결할 수 있으며 센서 네트워크상에서 노드의 위치를 측정할 수 있는 새로운 방법임을 증명하였다.

서론

센서 네트워크는 일정한 범위에 센서들을 배치한 후, 각 센서들은 데이터를 수집하고, 데이터를 목적지까지 정확하게 전송하는 것을 목적으로 한다. 센서들에 의해 수집된 데이터는 어느 위치에서 수집된 것인지를 판별할 수 있어야 유용하게 사용될 수 있다. 따라서 센서 노드들의 위치를 추적하는 것은 무선 센서 네트워크에서 해결되어야 하는 과제 중에 하나이다[7].

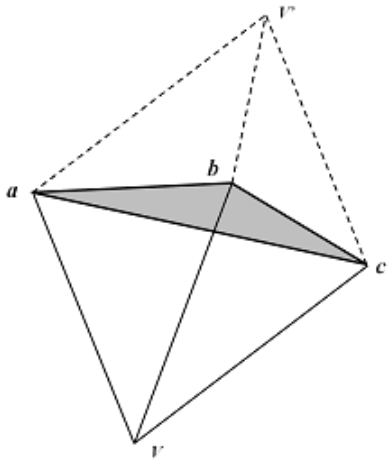
가장 간단한 방법은 GPS(Global Positioning System)를 활용할 수 있지만 실내, 지하 또는 높은 빌딩들 사이에서는 위치를 측정하기 힘들다는 단점이 있다. 자동차 네비게이션은 GPS 를 수신할 수 없는 경우 관성(Inertial)센서를 이용하여 단말기의 위치를 지속적으로 추적할 수 있다. 본 논문에서는 실내 또는 GPS 를 수신할 수 없는 상황에서 기존의 삼각측량의 문제점을 개선하기 위해 관성센서를 퓨전하여 노드의 위치를 추적할 수 있는 새로운 방법에 대해 기술한다.

2. 관련연구

센서노드의 특성에 따라 노드의 위치를 추적하는 방법은 다양하다. 노드간의 거리를 측정하는 방법에 따라 RSSI(Received Signal Strength), ToA(Time of Arrival) 그리고, AoA(Angle of Arrival), 등 다양한 방법으로 노드간의 거리를 측정하고 여기서 계산된 거리를 이용하여 다양한 방법으로 노드의 위치를 측정할 수 있다.

This work was supported by the Industry University Research Institute Consortium grant from the Small &Medium Business Administration.

MIT 에서 개발한 Cricket 은 초음파 센서를 이용해 ToA 방식으로 노드간의 거리를 계산하고 노드간의 거리를 이용하여 삼각측량을 할 수 있으며 3~5cm 정도의 오차율로 비교적 정확한 위치를 추적할 수 있다. 하지만, 초음파를 이용하여 삼각측량으로 노드의 위치를 추적하는 방법은 센서 따라 Line-of-Sight 문제점을 포함하고 있으며[4].



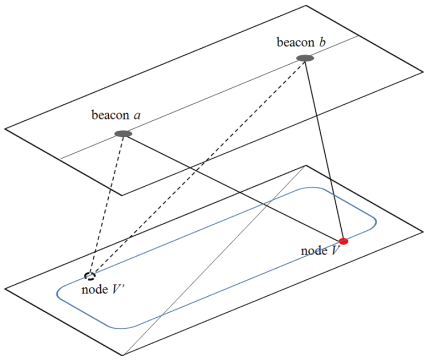
(그림 1) 삼각측량에서 발생할 수 있는 플립(Flip) 오류

그림 1 은 삼각 측량을 이용해 센서노드 V 의 위치를 계산할 때 참조하는 노드들이 일직선상에 있거나 일직선에 가까워지면서 발생할 수 있는 플립오류에 대해 보여준다[1]. 플립오류란 그림에서처럼 노드 V 의 위치를 계산할 때 대칭 되는 지점에 V'의 위치가 계산되는 오류를 말한다. 본 논문에서는 플립오류를 해결하고 일직선상 놓인 센서 또는 두 개의 노드간의

거리만 가지고도 노드의 위치를 추적할 수 있는 방법에 대해 기술한다.

3. 시스템 구성

본 연구에서는 그림 2 와 같이 비콘(Beacon) 두 개를 일직선상에 배치하고 노드 V 를 이동하면서 위치를 인식한다. 이동 노드에는 관성센서와 크리켓 센서가 설치되어 있다. 최초 시작위치와 노드의 이동 방향을 초기화한 다음부터 노드는 이동을 시작한다[6].



(그림 2) 두 개의 노드를 활용한 위치 인식

높이가 일정하다고 가정하고 두 개의 비콘으로부터 노드까지의 거리를 계산하면 그림과 같이 플립 오류가 발생하는 것을 알 수 있다.

관성센서를 이용하여 이동경로를 추적하는 방법은 센서의 이동방향과 거리를 이용하여 계산할 수 있다[3]. 이동방향은 자이로스코프(Gyroscope)를 이용해 노드의 회전방향을 계산하고 가속도계(Accelerometer)를 이용하여 각 축으로의 이동거리를 계산할 수 있다. 먼저 축 가속도에는 중력가속도(G)가 포함되어 있으므로 그 값을 동적으로 제거해야 한다. 제거하는 방법은 오일러 앵글(Euler Angle)을 사용하여 예상 중력가속도를 구해 센서에서 측정된 3 축 가속도 값에서 빼주어야 한다.

$$g\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}G\times\sin(\phi)\\G\times\sin(\psi)\\G\times\cos(\phi)\times\cos(\psi)\end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{displacement}\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}=a\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix}-g\begin{bmatrix}x\\y\\z\end{bmatrix} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)를 이용하여 중력가속도를 제거하면 회전각도와 이동거리를 계산할 수 있다.

$$q\begin{bmatrix}w\\x\\y\\z\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\cos(\phi/2)\cos(\theta/2)\cos(\psi/2)+\sin(\phi/2)\sin(\theta/2)\sin(\psi/2)\\\sin(\phi/2)\cos(\theta/2)\cos(\psi/2)-\cos(\phi/2)\sin(\theta/2)\sin(\psi/2)\\\cos(\phi/2)\sin(\theta/2)\cos(\psi/2)+\sin(\phi/2)\cos(\theta/2)\sin(\psi/2)\\\cos(\phi/2)\cos(\theta/2)\sin(\psi/2)-\sin(\phi/2)\sin(\theta/2)\cos(\psi/2)\end{bmatrix} \quad (3)$$

오일러 앵글에서 행렬식으로 바로 변환하는 것 보다 중간 단계에서 쿼터니언(Quaternion) 변환을 거치는 것이 누적되는 계산량이 적어지는 장점을 가지므로 식 (3)과 같이 오일러 각도를 구하고 그 각을 이용해 Quaternion 으로 변환하고 최종적으로 Rotation Matrix 를 계산할 수 있다[2].

노드의 방향을 찾으면 가속도계를 이용하여 각 축으로의 이동거리를 계산할 수 있다[5].

$$v(t)=v_0+\int_0^t dt'a(t') \quad (4)$$

$$r(t)=r_0+\int_0^t dt'v(t') \quad (5)$$

$$=r_0+v_0t+\int_0^t dt'\int_0^{t'} dt''a(t'') \quad (6)$$

$$=r_0+v_0t+\int_0^t dt'(t-t')a(t') \quad (7)$$

가속도는 속도의 벡터가 단위시간당 변위량을 이용하여 측정한다. 속도와 가속도를 이용하여 식 (7)에서처럼 이동거리를 측정할 수 있다. 각 축에 대해서 모두 이동거리를 계산하면 이동방향에 따라 움직인 궤도를 추적할 수 있다. 여기서 두 개의 직선거리를 이용하여 최종적으로 센서 노드의 위치를 찾을 수 있다.

4. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 2 차원 평면에서 센서 노드의 위치를 추적할 때 레퍼런스 노드가 일직선 또는 일직선에 가까워짐에 따라 발생하는 플립 오류를 해결하기 위해 관성센서를 사용하여 문제를 해결하였으며, 두개의 레퍼런스 노드를 이용하여 위치를 추적할 수 있는 방법에 대해 제안한다. 레퍼런스 노드로부터 거리가 정확하게 얻을 수 있으면 삼각측량과 비교해도 정확한 위치데이터를 획득할 수 있음을 보이고 있다.

참고문헌

[1] 권오흠, 송하주, 김숙연, “무선 센서 네트워크에서 2 단계 위치 추정 알고리즘”, 멀티미디어학회 논문지, 9 권 2 호, 2006 , pp.172~188 .

[2] 심주영, 이한성, 박찬국, 유명종, 이형근, “정밀 스트랩다운 관성항법을 위한 혼합 이체쿼터니언 알고리즘”, 한국항공우주학회지 35 권 7 호, 2007. 7, pp.627~632.

[3] 김정민, 김연태, 김성신, “확장 칼만 필터를 이용한 로봇의 실내 위치 측정”, 한국지능시스템학회 논문지 18 권 5 호, 2008. 10.

[4] SSU Kuo-Feng, OU Chia-Ho, JIAU Hewijin Christine, Localization With Mobile Anchor Points in Wireless Sensor Networks, IEEE transactions on vehicular techonology, 54(3), 2005.

[5] Z F Syed , P Aggarwal , C Goodall , X Niu and N El-Sheimy, “A new multi-position calibration method for MEMS inertial navigation systems”, Measurement Science and Technology, 18(7), 2007. 5.

[6] Ho Min Jung, Byung Ki Kim, Wan Yeon Lee, Young Woong Ko, “ICLS : Intelligent Cricket-based Location Tracking System Using Sensor Fusion”, 9th ACIS International Conference on Software Engineering, 2008.

[7] 정희원, 김숙연, 권호음, “무선 센서 네트워크에서 에지 가중치를 이용하여 위치를 측정하는 기법”, 한국통신학회논문지, 제 30 권 10A 호, 2005. 10.