

지형의 특성점을 이용한 지형참조항법 시스템의 성능 분석1)

Performance Analysis of Terrain Referenced Navigation System Using Topography Characteristic points

이보미 · 권재현

Bo Mi Lee · Jay Hyoun Kwon

서울시립대학교 공간정보공학과

{bmllee · jkwon}@uos.ac.kr

요약

지형 참조 항법(TRN, Terrain reference navigation)은 항체에 탑재된 지형 데이터베이스와 센서로부터 측정된 고도값을 대조하여 항체의 위치를 알아내는 것으로, GPS/INS 결합항법 시스템의 대체 항법으로 많이 알려져 있다. 지형의 형태에 따라서 시스템의 정확도와 안정성이 달라지기 때문에 특징적인 지형 정보를 이용하여 지형 데이터베이스와 대조하는 과정이 매우 중요하다. 따라서 본 논문에서는 센서 측정값과 지형 데이터베이스 상의 값에서 지형의 특성적 변화가 발생하는 지점인 Model Key Point를 2D Douglas-Peucker 알고리즘을 이용하여 추출하고 이를 항법 알고리즘에 적용하여 시뮬레이션 하였다. 그 결과 오차가 발산하지 않고 수십m 급의 항법 정밀도를 얻을 수 있었다.

1. 서론

순수 관성항법시스템의 적분오차를 보정하기 위해서 위성항법시스템을 상호 보완한 GPS/INS 결합항법시스템이 널리 이용되고 있다. 그러나 적대적인 상황에서는 GPS/INS 결합항법시스템의 정확도를 보장할 수 없으므로 여러 선진국을 중심으로 대체항법에 대한 연구가 수행되고 있으며, 가장 대표적으로 지형참조항법을 들 수 있다[2][3].

지형참조항법은 항체 내 센서로부터 측정한 지형을 참조하여 항체의 위치 및 속도를 추정하기 때문에 지형의 특이성에 따라 시스템의 정확도와 안정성이 달라지므로 지형의 형태에 큰 영향을 받지 않고 안정적으로 항체의 상태를 추정하는 것이 매우 중요하다.

Model key point는 지형의 형태를 나타

내기 위해서 필수적으로 필요한 점으로 급격히 지형의 변화가 발생하는 지점을 의미한다.

본 논문에서는 2D Douglas-Peucker 알고리즘으로 Model key point를 추출하고 칼만필터(Kalman filter)를 이용하여 항체의 위치를 추정하는 항법 알고리즘을 구성하여 시뮬레이션을 통해 시스템의 성능을 분석하였다.

2. 지형참조항법 알고리즘

Model key point를 이용한 지형참조항법 알고리즘은 (그림 1)과 같다.

항체에 SRTM을 탑재하였다고 가정하였으며 기압고도계와 레이더 고도계로부터 지형 고도를 측정할 수 있다고 가정하였다. 항체가 운항하고 있는 지역의 지형의 특이성이 보장되는 경우에만 지형 정합을

1) 본 연구는 방위사업청/국방과학연구소 09' 착수 기초 연구사업 지능형 데이터베이스 기반 항법 기술 사업 과제의 연구비 지원에 의해 수행되었음

수행하였다.

Model key point는 2D Douglas-Peucker 알고리즘을 이용하여 X 및 Y 축 방향에 대해 각각 수행하고 중복되는 점을 추출하였다. 지형정합 알고리즘은 영역기반 정합 기법에 기반하여 센서 측정값과 지형 데이터베이스 간의 절대평균오차를 이용해 유사성을 비교하였다.

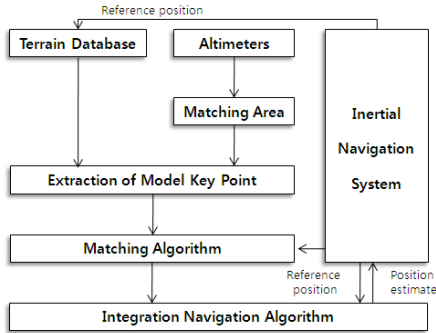


그림 1. Model key point를 이용한 지형참조항법 알고리즘

시스템 모델은 15차 오차 모델을 이용하였으며, 위치, 속도, 자세, 가속도계 바이어스, 자이로 바이어스 오차를 상태 변수로 고려하였다. 관측모델은 식 (1)과 같으며, 칼만필터 측정치와 관측행렬은 식 (2)과 같다.

$$z_k = H_k x_k + v_k \quad (1)$$

$$z_k = \begin{bmatrix} L_{ins} - L_{ma} \\ l_{ins} - l_{ma} \\ h_{ins} - h_{baro} \end{bmatrix}, H = \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & O_{3 \times 12} \end{bmatrix} \quad (2)$$

이 때, $[L_{ins}, l_{ins}, h_{ins}]$ 는 관성항법시스템에서 계산된 항체의 위치, $[L_{ma}, l_{ma}]$ 은 지형 정합으로 계산된 위도, 경도, h_{baro} 는 기압 고도계로부터 측정된 항체의 고도이다.

3. 시뮬레이션

MATLAB INS toolbox를 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 작성하였으며, IMU 데이터를 생성하는 부분과 순수 관성항법을

수행하는 부분, 지형 참조 항법을 수행하는 부분으로 구성되어 있다.

IMU 데이터는 INS toolbox를 이용하여 생성한 비행 궤적으로부터 계산되며, Tactical grade 사양에 대한 모의 데이터를 생성하여 이용하였다.

625초 동안 장방형 궤적을 일정한 속력으로 운항하도록 시뮬레이션 한 결과 그림 2와 표 1)와 같이 항법 오차의 발산을 효과적으로 방지하는 것을 확인할 수 있었다.

표 1. 시뮬레이션 결과 오차 비교

오차[m]		위도	경도	고도
순수관성항법	평균	811	440	962
	표준편차	785	737	883
지형참조항법	평균	-4	-80	5
	표준편차	66	87	11

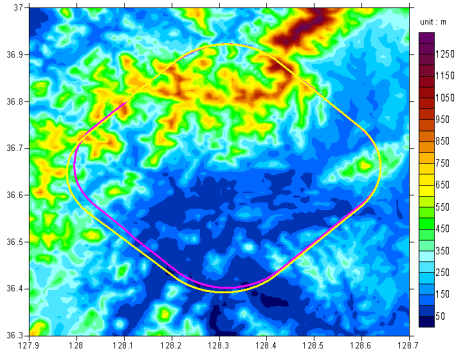


그림 2. 수평 위치 오차 비교 (노랑 : INS, 분홍 : TRN)

4. 요약 및 결론

본 논문에서는 지형의 특이점인 Model key point를 2D Douglas-Peucker 알고리즘을 이용하여 추출하고 이를 이용한 지형참조항법 시스템을 제안하였다.

시뮬레이션 결과 항법 오차가 발산하는 것을 효과적으로 방지할 수 있음을 알 수 있었다. 향후 IMU 센서 사양과 지형 데이터베이스의 해상도에 따른 시스템의 성능

분석에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 박우진, 박승용, 조성환, 유기윤,
“수치지도 작성을 위한 건물외곽선
단순화기법 연구“, 한국측량학회지,
Vol. 27, No. 1, pp. 657~666, 2009.
- [2] Cowie, M., Wilkinson, N., Powlesland,
R., “Latest Development of the
TERPROM Digital Terrain
System(DTS)“, Position, Location and
Navigation Symposium 2008 IEEE/ION,
pp. 1219~1229, 2008.
- [3] Groves, Paul D., Principles of GNSS,
Inertial, and Multisensor Integrated
Navigation Systems, APTECH HOUST,
2008.