Wavelet 을 이용한 저가 IMU/GPS 통합

김성백[O] 이승용 최지훈 최경호 장병태
한국전자통신 연구원 공간정보기술 센터 실감 GIS 연구팀
{kimstar100[O], lsy9892, cjh63356, khchoietri, jbt}@etri.re.kr

Low cost IMU/DGPS Integration using Wavelet

Seong-Baek Kim[O] Seung-Yong Lee Ji-Hun Choi Kyong-Ho Choi Byung-Tae Jang
Tangible GIS Research Team, Spatial Information Technology center, ETRI

요 약

관성항법 시스템은 항체의 위치, 속도 및 자세정보를 거의 연속적으로 제공할수 있는 장점이 있다. 그러나 시간의 경과함에 따라 초기오차가 누적되어 발산하게 되는 단점이 있다. 이로 인하여 실제 적용시에는 매우 고가의 정밀한 자이로와 가속도계가 필요하다. 반면 DGPS는 오차의 누적이나 증가없이 장기간 동안 안정적으로 위치정보를 제공하지만 낮은 데이터 전송률과 도심지역과 같은 곳에서는 신호의 차단이나 전파방해에 영향을 받는 단점이 있다. 이와 같이 상호보완적인 DGPS와 INS 정보를 통합하여 고 정밀의 속도,위치 및 자세데이터를 제공할 수 있다. 본 논문은 저가의 IMU의 노이즈와 바이어스를 웨이브렛의 soft thresholding 기법을 이용하여 잡음을 제거하여 성능향상을 시도하였다. 통합알고리즘의 필터는 15차로 구현하였으며 관측치는 DGPS의 위치정보를 이용하였다.

1. 서 론

웨이브렛 변환을 이용하여 잡음을 제거하는 방법중 가장보편적인 방법은 hard/soft thresholding 방법이다. 이 방법은 입력신호를 웨이브렛 변환에 적용하여 웨이브렛 계수들을 획득하고 그 중에서 잡음의 영향을 많이 받는 신호를 채택한다. 선택된 신호에 세 잡음성분을 예측하기 위해 표준편차를 계산하고 적당한 임계치를 설정후 신호에 포함된 잡음을 제거하는 방법이다[1]. 특히 저가의 IMU의 정보는 높은 바이어스와 랜덤노이즈로 인하여 시간이 지남이 따라 위치 및 자세정확도는 발산하게 된다. 따라서 이와 같은 저가의 IMU정보에 대한 오차를 사전에 파악하여 보정하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 FIXTHRES 방법을 사용하여 저성능인 crossbow IMU의 가속도계와 각속도계 데이터에 포함된 잡음제거를 시도하였다. 이를 통해 잡음제거된 INS데이터와 정밀보정된 DGPS정보와 융합하여 GPS신호수신상태가 좋은 개활지지역에서 뿐만 아니라 도심지에서와 같이 DOP값이 증가할경우에 좀더 높은 성능을 기대할 수 있다. 최근에는 단순 항법용으로만 DGPS/INS통합 기술을 사용하는것외에도 이미지센서의 위치와 자세정보 획득제공자로서의 역할도 수행하고 있으므로 이때 좀더 성능이 향상된 정보제공자로서 성공적인 역할을 담당할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 INS의 잡음 검출 및 제거, 3장에서는 DGPS/INS 통합 알고리즘, 4장에서는 이에따른 모의실험 및 그 결과를 보이며 5장에서는 결론을 맺는다.

2. INS 잡음 검출 및 제거

저가의 IMU신호에 포함된 잡음제거에 필요한 Hard/Soft thresholding 방법은 IMU의 가속도계와 각속도계의 데이터를 웨이브렛변환에 적용하여 웨이브렛 계수들을 획득하고 근잡음의 영향을 많이 받는 성분을 추출한다. 일반적으로 임계치를 설정하기 위해서는 SURE, HEURISTIC SURE, FIXTHRES 및 MINMAX의 네가지 방법이 사용된다[1]. 본 논문에서 INS신호에 포함된 잡음제거의 방법으로 FIXTHRES 방법의 경우 임계치(λ)는 식 (2.1)과 같다.

$$\lambda = \sigma\sqrt{2\log(n)} \tag{2.1}$$

여기서 n은 INS의 샘플링수이며 σ 는 선택된 wavelet의 표준편차이다. Hard thresholding 방법의 기본개념은 신호의 절대치값이 임계값이하의 경우에는 제거하고 이상일 경우만을 재생하는 경우이다. 이에 반해 Soft thresholding 은 임계값 이하의 경우는 제거하고 이상일 경우에는 식(2.2)와 같이 축소된 값으로 변형하여 재생하는 것이다.

$$d_{jk}^{soft} = \begin{cases} 0, & |d_{jk}| < \lambda \\ sign(d_{jk}) \cdot (|d_{jk}| - \lambda), & |d_{jk}| \geq \lambda \end{cases} \tag{2.2}$$

3. DGPS/INS 통합 알고리즘

DGPS/INS 결합법은 크게 약결합, 강결합으로 나눌 수 있다 [2][3]. 본 연구에서는 결합법 중에서 약결합(loosely-coupled) 방식으로 시도 되었다. 의사거리를 이용하는 강결합과 달리, 약결합은 수신기에서 제공하는 항법해 차이를 이용한다[4]. INS와 GPS 각각에서 얻어진 항체의 위치해 차이를 측정치 정보로서 이용하였다. Kalman 필터에서 측정된 오차상태변수를 다시 INS에 되먹임시켜 오차를 보상(compensation)하는 구조를 취한다 [5]. 전체적으로 간접 되먹임(indirect feedback) 구조를 취하게 되며, 여기서 맞는 확장형 칼만필터(Extended Kalman filter)가 사용된다. 오차를 보정하기 위하여 설계된 칼만 필터는 15차 약결합(Loosely-coupled) 방식이다. 지구의 구면 효과를 효과적으로 반영하기 위하여 WGS-84 좌표계(위도, 경도, 높이)로 표현된 위치오차와, 그리고 NED geographic 항법 좌표계로 표현된 속도오차, 그리고 자세오차로 항법해 오차 상태변수(error states)를 구성하였다. 그리고 가속도계와 자이로에서 발생하는 바이어스를 센서오차 상태변수로 구성했다.

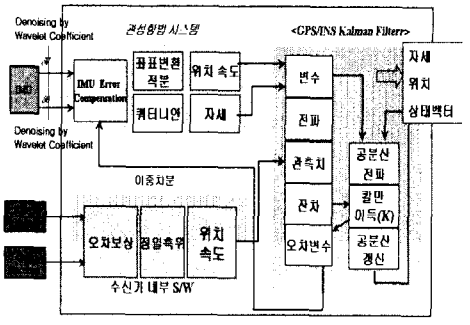

그림 1 DGPS/INS 통합 알고리즘 구성도

4. 모의실험 결과

시뮬레이션 실험을 위해 그림 2와 같이 직사각형 궤적을 생성하였다. 3 축 자이로스코프와 3 축 가속도계로 구성된 IMU의 센서 출력을 이용하여 항법 알고리즘을 계산하기 위해서는 동체좌표계에서 측정된 센서의 값이 필요하다[6]. 항법 알고리즘의 계산을 위해 동체좌표계에서 측정된 선형 가속도 를 좌표변환 행렬을 이용하여 항법 좌표계상의 가속도 항으로 변환시킨후 이를 적분하여 위치와 속도를 얻었다. 식(3.1)과 식(3.2)는 항법방정식에서 IMU출력을 얻어내는 과정을 의미한다.

$$\dot{f}^{n} = C_{b}^{n}(f^{b} + (2\omega_{ie} + \omega_{en}) \times V - g^{n}) \quad (3.1)$$

$$\omega_{ib}^{b} = C_{n}^{b}(\omega_{in}^{n} + \omega_{nb}^{n}) \quad (3.2)$$

시뮬레이션에 사용된 저급 IMU의 한 종류인 cross-bow 사양은 표 1에 나타내었다. Wavelet의 softthresholding 을 통해 복원된 가속도계의 신호와 가속도계의 원시데이터를 그림2에 나타내었다.

표 1. Crossbow IMU Specification

Specification (Performance)		VG600CA-200
Angle Rate	Bias: Roll, Pitch, Yaw (°/sec)	<± 0.03
	Random Walk (°/hr1/2)	< 1.25
Accelero meter	Bias: X/Y/Z (mg)	<± 8.5
	Random Walk (m/s/hr1/2)	< 0.1

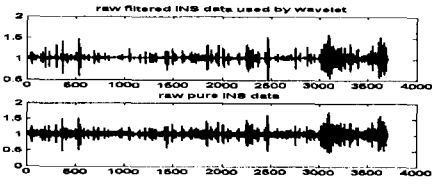

그림 2 노이즈 제거된 가속도계 데이터와 원시데이터

Wavelet의 softthresholding 을 통해 복원된 각속도계의 신호와 각속도계의 원시데이터를 그림3에 나타내었다.

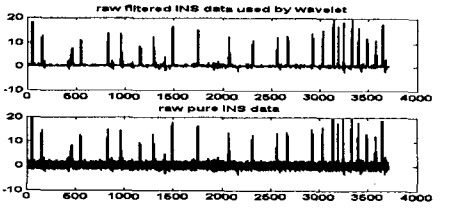

그림 3 노이즈 제거된 각속도계 데이터와 원시데이터

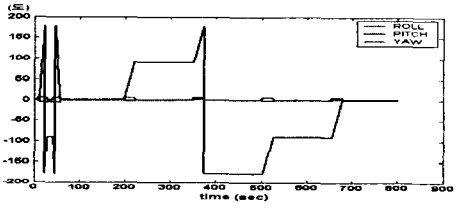

그림 4 통합된 자세결과

통합 과정 시뮬레이션에서는 IMU 센서측정치를 100Hz, DGPS 정보는 1Hz 로 가정하였다. (D)GPS/INS 통합의 시뮬레이션 결과해는 그림 4 와 그림 5 에 나타내었다. 그림 4 는 통합 시스템을 통해 추정된 자세해를 나타내고 있으며 그림 5 는 위치에 대한 결과 즉, 초기위치에서부터 북쪽으로 정렬된 상태에서 사각형의 궤적에 대한 해를 나타낸다. 이때 추정된 자세 오차를 실제 참 자세해와 비교하면 표 2 와 같다.

표 2. 자세각 오차

	롤각	피치각	요각
평균(도)	0.0013	-0.009	0.0979
표준편차(도)	0.0136	0.0152	0.1301

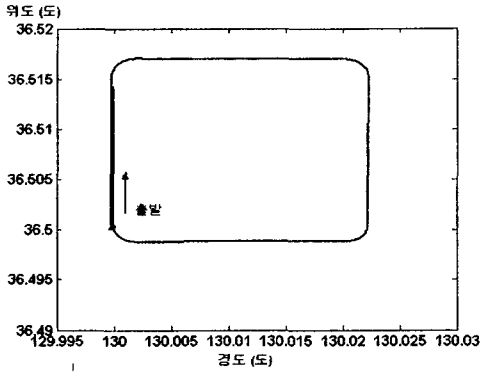

그림 5 통합된 궤적결과

5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 저가의 IMU의 성능향상을 위하여 wavelet 을 통합 잡음을 제거하였으며 잡음제거된 IMU정보를 이용하여 약결합 방식의 DGPS/INS 통합항법시스템을 구현하였다.통합 시스템의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션 프로그램을 통하여 GPS/INS 통합항법시스템의 성능을 검증해 보았다. 이를 통하여 저가형 GPS/INS시스템의 주요 센서인 IMU에 따라서 어느 정도의 정확도를 가질 수 있는가를 알 수 있었고 실데이터 처리시 GPS와 IMU의 통합은 향후 좀더 개선해야 하겠다.

참고 문헌

[1] Donoho, D.L. (1995), "De-noising by soft-thresholding," IEEE Trans. on Inf. Theory, 41, 3, pp. 613-627.
[2] G. M. Siouris, Aerospace Avionics Systems, Academic Press, Inc., 1993.
[3] Jekeli, C. 2001, Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications , de Gruyter , 2001
[4] D.H. Titterton, J.L Weston, Strapdown Inertial Navigation Technology, Peter Peregrinus Ltd., 1997.
[5] Oleg Salychev, Inertial Systems in Navigation and Geophysics, 1998.
[6] Jay Farrell, The Global Positioning System and Inertial Navigation 1999