

AHRS IMU 센서를 이용한 이동체의 동적 위치 결정 Dynamic Position of Vehicles using AHRS IMU Sense

백기석¹⁾ · 이종출²⁾ · 홍순현³⁾ · 차성렬⁴⁾

Back, Ki Suk · Lee, Jong Chool · Hong, Soon Hyun · Cha, Sung Yeoul

¹⁾ 동아대학교 토목공학부 박사 (E-mail: back0897@hanmail.net)

²⁾ 부경대학교 건설공학부 교수 (E-mail: jlee@pknu.ac.kr)

³⁾ 부산대학교 산업토목학과 교수 (E-mail: hongsh@pusan.ac.kr)

⁴⁾ 양산대학 토목조경과 교수 (E-mail: sycha@yangsan.ac.kr)

Abstract

GPS cannot determine random errors such as multipath and signal cutoff caused by surrounding environment that determines the visibility of satellites and the speed of data creation and transmission is lower than the speed of vehicles, it is difficult to determine accurate dynamic positions.

Thus this study purposed to implement a method of deciding the accurate dynamic position of vehicles by combining AHRS (Attitude Heading Reference System) IMU (Initial Measurement Unit) based on low-priced MEMS (Micro Electro Mechanical System) in order to provide the information of attitude, position and speed at a high transmission rate without external help. This study conducted an initialization test to decide dynamic position using AHRS IMU sensor, and derived attitude correction angles of vehicles against time through regression analysis. The roll angle was $y = (A \times 10^{-6}) x^2 - (B \times 10^{-5}) x + C \times 10^{-2}$ and the pitch angle was $y = (A \times 10^{-6}) x^2 - (B \times 10^{-7}) x + C \times 10^{-2}$, each of which was derived from second-degree polynomial regression analysis. It was also found that the heading angle was stabilized with variation less than 1° after 60 seconds.

1. 서론

전자공업과 정밀 기계공업의 발전으로 전파항법시스템(RNS : Radio Navigation System)과 관성항법 시스템(INS)이 등장하였다. 관성항법시스템은 자이로스코프와 가속도계로 이루어졌으며 최근 RLG(Ring Laser Gyroscope) 및 FOG(Fiber Optic Gyroscope)등 많은 연구 개발³⁾이 이루어진 관성항법시스템은 성능과 실용성에서 급속한 발전을 이루었으며, 짧은 시간 동안의 정확도를 이용하여 전파항법과 결합된 형태의 연구가 활발히 진행 중이다. 또한 반도체 기술이 발전함에 따라 저가의 초소형 전자 정밀기계(MEMS : Micro Electro Mechanical System)기반의 관성측정장치(IMU : Inertial Measurement Unit)가 많이 개발되고 있다. 그렇지만 MEMS 기반의 AHRS(Attitude Heading Reference System) IMU는 관성 좌표계에서 높은 정보 전송 속도로 외부의 도움 없이 항체의 위치, 속도와 자세를 구할 수 있는 장점이 있으나, 사용시간에 따라 오차가 누적되므로 단독으로 사용하기에는 아직 성능이 만족스럽지 못하며 항법 성능을 향상시키기 위하여 비관성 센서와 통합할 필요가 있다고 사료된다.

본 연구에서는 GPS를 이용한 단일 수신기의 자세결정과 가시성을 좌우할 수 있는 주위환경에 의해 발생하는 다중경로(Multipath), 신호차단(Cycle Slip)의 우연오차를 결정하지 못하며 이동체의 속도보다

떨어지는 낮은 자료 전송 속도(1Hz 이상)로 정보가 생성되기 때문에 정확한 동적 위치결정을 하기 힘들다. 이에 외부의 도움없이 높은 자료 전송속도(100Hz 이상)로 자세, 위치, 속도 정보를 제공하고 저가인 MEMS 기반의 AHRS IMU는 동체 방향(Heading)각을 부가하여 보다 정확한 이동체의 자세와 동적 위치 결정을 구현하고자 하였다.

2. AHRS IMU TEST

본 연구는 자이로스코프의 회전각률과 가속도계에서 얻을 수 있는 가속도를 가지고 특성을 분석하며, 신뢰할 수 있는 초기화 시간을 제시한다. 또한 초기화 후 다시 센서에 힘을 가하여 초기화 경향을 파악하고 위성항법시스템인 GPS의 자료 취득률이 1Hz보다 많은 관성센서의 최적의 자료 전송률을 선택하여 실제 현장 실험 시 그 신뢰도를 확보하려 한다.

이동체의 자세각 관측 결과와 정적인 상태에서의 자세각 잔차 보정식을 구하기 위해 초기화 시험을 통하여 Roll, Pitch 각 잔차에 대하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 선형회귀분석, 2차 다항식 회귀분석, 역사인 회귀분석을 수행하였다. 선형 회귀분석의 결과는 결정계수와 수정결정계수로 구분되나 본 실험에서는 결정계수만을 나타내었다. 회귀분석을 통해 가장 큰 결정 계수값을 갖는 회귀분석은 모두 2차 다항식 회귀분석으로 나타났고, 이에 의한 회귀 방정식을 다음과 같은 시간에 대한 이동체 자세 각 잔차 보정식으로 유도할 수 있었다.

$$\text{Roll 각 : } y = (1.3047 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-5})x + 0.0121$$

$$\text{Pitch 각 : } y = (1.8924 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-7})x + 0.0243$$

여기서, x : 관측시간(Second), y : 자세각 잔차(degree)

2.1 정적상태의 안정성 실험

초기 상태의 안정성 실험을 위한 정적 상태를 나타내기 위해 Fig. 1에는 Roll 각과 Table 1에는 2차 다항식 회귀분석을 실시한 결과를, Fig. 2에는 Pitch 각과 Table 2에는 2차 다항식 회귀분석을 실시한 결과를 나타내었다. 그리고 Fig. 3에는 Heading 각을 도시하였으며, Fig. 4에는 X축 가속도, Fig. 5에는 Y축 가속도를, 그리고 Z축의 가속도를 Fig. 6에 도시하였다. 본 실험은 평균온도 24.9°C에서 초당 57 ~ 58개의 데이터를 5분 가량 실시하여 17,250개의 데이터를 취득할 수 있었다.

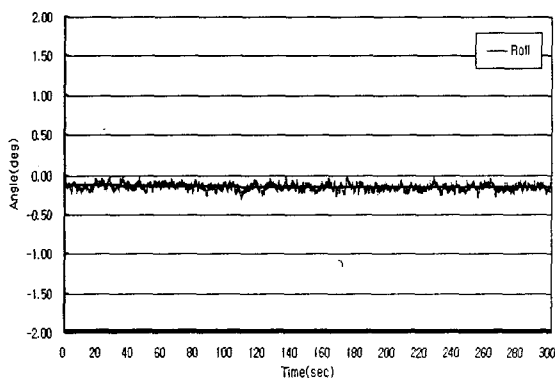


Fig. 1. Result of Initialization Test-Roll angle

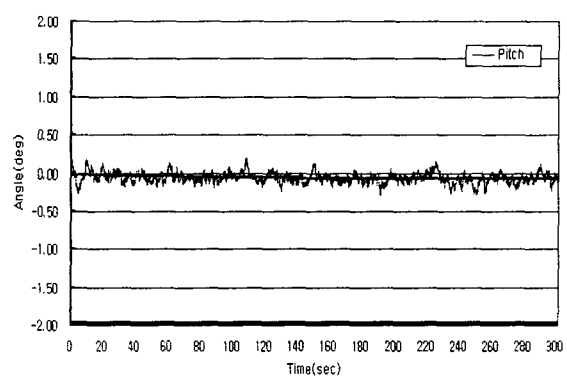


Fig. 2. Result of Initialization Test-Pitch angle

Table 1. Result of Regression Analysis using Quadratic Equation(Roll)

Regression Equation	$y = (1.3047 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-5})x + 0.0121$
Number of Data Used	17,250
R ²	0.9682

Table 2. Result of Regression Analysis using Quadratic Equation(Pitch)

Regression Equation	$y = (1.8924 \times 10^{-6})x^2 - (0.6 \times 10^{-7})x + 0.0243$
Number of Data Used	17,250
R ²	0.9592

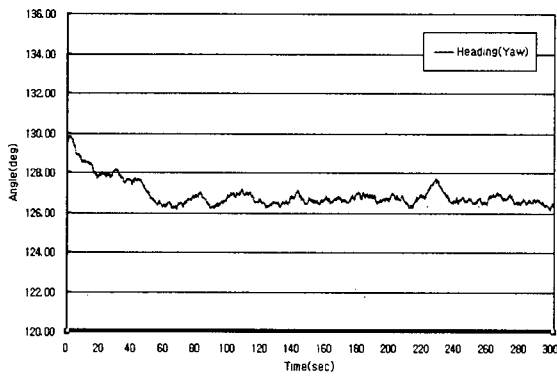


Fig. 3. Result of Initialization Test-Heading angle

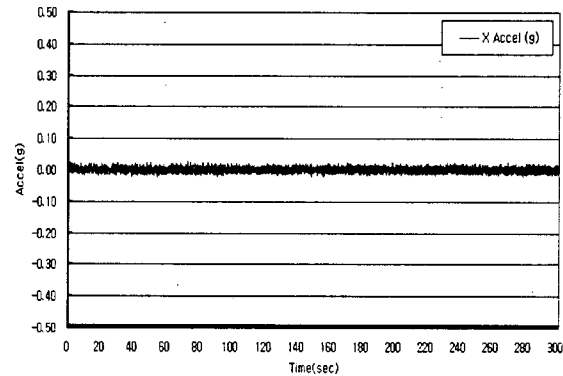


Fig. 4. Result of Initialization Test- X axis accel

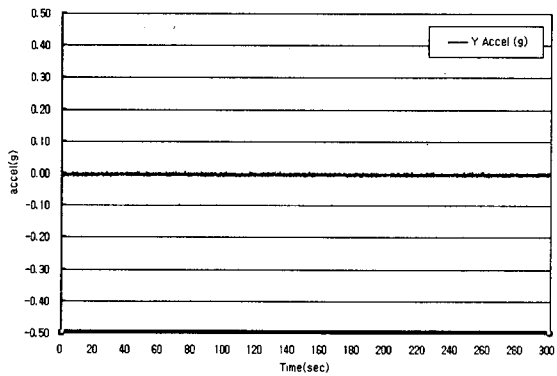


Fig. 5. Result of Initialization Test-Y axis accel

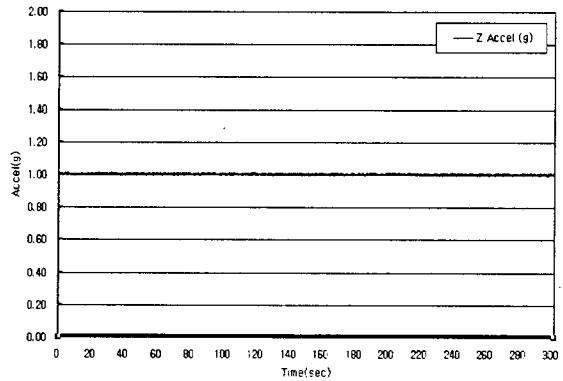


Fig. 6. Result of Initialization Test-Z axis accel

그림과 같이 정적인 상태에서의 최대 최소값은 Roll 각 $-0.011 \sim -0.268 \text{deg}$, Pitch 각 $-0.259 \sim 0.107 \text{deg}$, Heading(Yaw)각 $129.809 \sim 126.161 \text{deg}$ 를 얻을 수 있었다. 특히 Heading 각은 60sec를 지난 후의 데이터를 다시 분석하여 보았더니 $126.161 \sim 126.804 \text{deg}$ 로 안정성을 찾았다. 가속도계에서 출력되는 삼 축의 가속도 최대 최소값은 X축 가속도에서 $0.0220 \sim 0.0275 \text{g}$, Y축 가속도에서 $-0.0105 \sim 0.0064 \text{g}$, Z축 가속도에서 $1.0139 \sim 0.9943 \text{g}$ 인 것을 알 수 있다. 정적 상태의 안정성 실험을 통해 Roll 각과 Pitch 각은 앞에서 논한 보정식을 취득할 수 있었으며, 가속도의 경우에는 크게 변화가 일어나지 않았다.

단지 Heading 각에서 대략적으로 1분이 지난 후에 초기화과정을 거친 후 이동체에서의 Heading 각을 취득해야 할 것으로 사료된다.

2.2 동적 상태의 안정성 실험

본 실험은 한시적인 힘을 가한 후 다시 정적인 상태로 반복적으로 행하였을 때 출력데이터에 자세각 잔차 보정식을 적용하여 초기화 실험을 한 결과로 Fig. 7에는 Roll 각과 Fig. 8에는 Pitch 각 그리고 Fig. 9에는 Heading 각을 도시하였으며, Fig. 10은 X 축 가속도, Fig. 11에는 Y 축 가속도 그리고 Fig. 12에는 Z 축 가속도를 도시하였다.

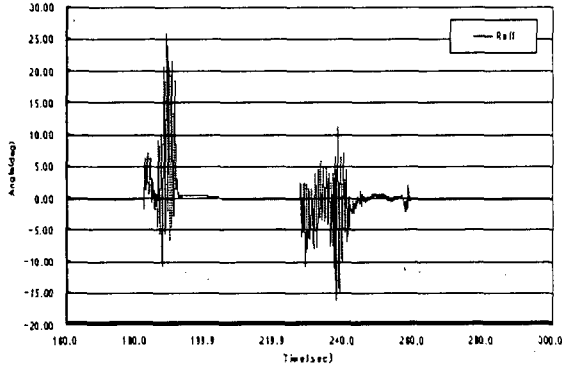


Fig. 7. Result of Initialization Test-Roll angle

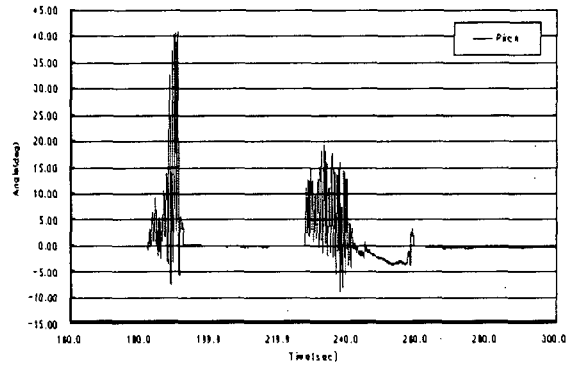


Fig. 8. Result of Initialization Test-Pitch angle

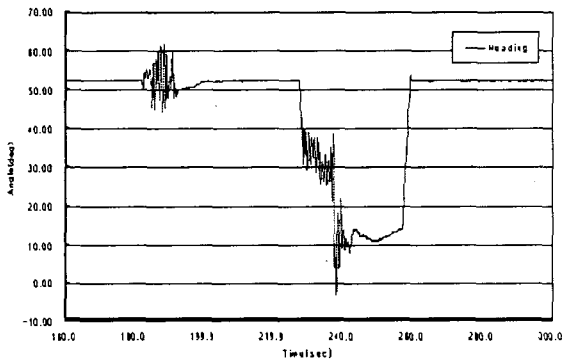


Fig. 9. Result of Initialization Test-Heading angle

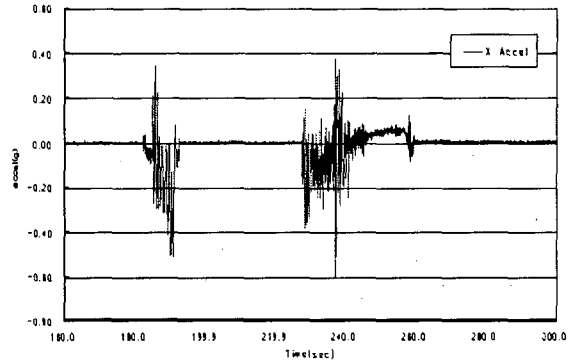


Fig. 10. Result of Initialization Test-X accel

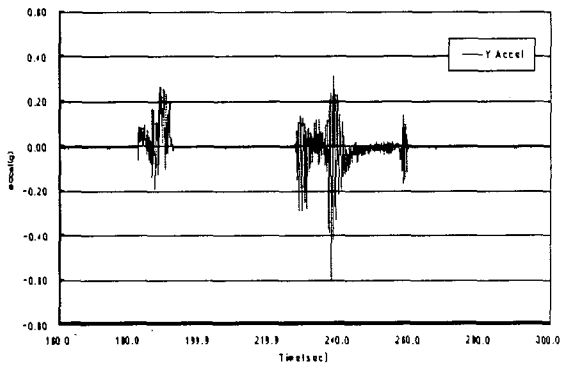


Fig. 11. Result of Initialization Test-Y accel

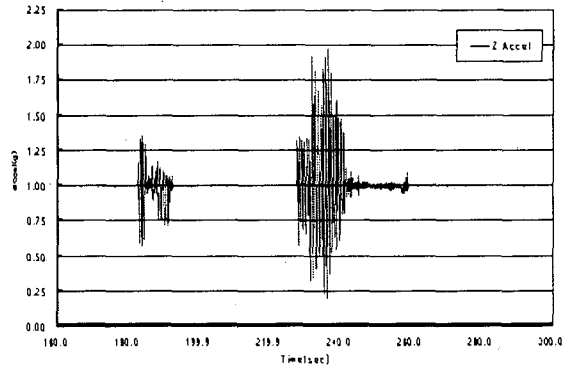


Fig. 12. Result of Initialization Test-Z accel

그림과 같이 한시적인 힘을 가한 후 초기화 실험은 앞서 정적인 상태에서 최대 최소값 범위까지 떨어지는 시간을 알아보고 안정성을 검토하였다. 자세각인 Roll, Pitch 각은 힘을 가한 후 1~2초 후 곧바로 안정을 찾을 수 있었으며, Heading 각은 25Hz 부분 즉 0.5초 후부터 바로 안정을 찾았다. 그리고 삼 축의 가속도는 모두 1초 이내에 안정성을 찾았다.

동적 상태의 안정성 실험을 통해 IMU 단독으로 동적 위치 결정 시 진행 상태에서 정지 상태가 되더라도 정지 상태의 안정성 실험을 통해 얻은 보정식을 이용하여 자세각을 보정하고 가속도 데이터를 취득하였을 때 안정적인 데이터를 취득 할 수 있을 것으로 사료된다. 이를 바탕으로 실험 대상지를 선정하여 현장에 적용하여도 무방한 것을 알 수 있었다.

3. 결론

DGPS/IMU 결합에 의한 자세 및 동적 위치 결정을 위해 위성신호를 원활하게 취득할 수 있는 개할지와 도심지, 공장지대 등 위성신호의 수신이 어려운 유사한 준 개할지를 실험 장소로 택하여 실시간 DGPS 단독 시스템, IMU 단독 시스템, DGPS/IMU 결합 시스템으로 구분하여 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

IMU 센서를 이용하여 시간의 변화에 대한 자세각의 보정량을 실험을 통하여 산정한 결과 다음과 같은 2차 다항식을 유도할 수 있었다.

$$\text{Roll 각} : y = (A \times 10^{-6})x^2 - (B \times 10^{-5})x + C \times 10^{-2}$$

$$\text{Pitch 각} : y = (A \times 10^{-6})x^2 - (B \times 10^{-7})x + C \times 10^2$$

(y : 자세각 잔차(degree), x : 관측시간(Second))

또한 Heading 각의 경우 60sec를 지난 후 1°이내의 변동률로 안정을 찾음을 알 수 있었으며, 동적 상태의 안정성 실험을 통해 IMU 단독으로 동적 위치 결정 시 진행 상태에서 정지 상태가 되더라도 정지 상태의 안정성 실험을 통해 얻은 보정식을 이용하여 자세각을 보정하고 가속도 데이터를 취득하였을 때 안정적인 데이터를 취득 할 수 있을 것으로 사료된다. 이를 바탕으로 실험 대상지를 선정하여 현장에 적용하여도 무방한 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- 박운용, 이재원, 신상철, "GPS 연속관측점을 이용한 결합블럭조정의 정확도", 한국측지학회지, 제 17 권 제 1 호, 1999, pp. 21~32.
- 이진덕, 정한상, "반송파 위상관측을 이용한 실시간 Kinematic GPS 측량기법의 정확도와 효용성 평가", 한국측지학회지, 제 17 권, 제 3 호, 1999, pp. 301~310.
- 최병길, "이동차량에 탑재된 GPS의 동적 위치측정에 관한 연구", 한국측량학회지, 제 17 권, 제 4 호, 1999, pp. 373~382.
- Remondi, B, W, "Performing Centimeter-level Surveys in Seconds with GPS Carrier Phase : Initial Results." Proceeding of the Fourth International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Vol. II, 1986, pp. 1229~1250
- Cannon, M. E., Schwarz, K. P., and Wong, V. C., "Kinematic Positioning with GPS an Analysis of Road Test", Proceeding of the Fourth International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System, Vol, II, 1986, pp. 1251~1268