

[ORB-05] 위성편대유지 Hardware-In-the-Loop 시뮬레이션 테스트

박재익, 박한열, 심선화, 박상영, 최규홍
연세대학교 천문우주학과 우주비행제어 연구실

이 연구는 예비 설계된 편대비행위성 Hardware-In-the-Loop (HIL) 시뮬레이션 테스트베드를 이용해 가상의 궤도 편대비행체의 편대유지에 관한 시뮬레이션 테스트에 목적이 있다. 앞서 설계된 HIL 시뮬레이션 테스트베드는 실제의 인공위성 시스템 인터페이스와 최대한 유사하게 설계되었으며 환경 컴퓨터, GPS 시뮬레이터, GPS 수신기, 비행제어 컴퓨터, 시각화 컴퓨터 등 각각의 주어진 임무를 수행하는 독립적인 시스템으로 구성되어 있다. 영국의 Spirent Communication사의 GSS 6560 GPS RF 시뮬레이터와, (주)썬트랙아이에서 제작한 우주용 GPS 수신기를 이용하여 실제와 유사한 GPS 관측데이터를 사용한다. GPS 수신기로부터 항법해와 의사거리, 반송파위상과 같은 원시관측데이터를 획득하여 비행제어 컴퓨터 시스템으로 전송하여 편대비행위성의 실시간 절대위치 및 상대위치결정을 수행한다. 위치결정 값을 바탕으로 제어 알고리즘을 통해 편대유지를 위해 필요한 제어량을 계산한다. 계산된 제어량은 환경 컴퓨터 시스템으로 전송되어 편대위성의 궤도정보를 갱신하고 이를 다시 GPS 시뮬레이터로 전송하여 새로운 관측데이터를 생성하는 절차를 폐순환 반복하는 구조를 갖는다. 이 연구에서는 Leader/Follower 편대의 대형을 이루는 두 위성 사이의 기저선(baseline)이 짧은 경우에 대하여 제어를 통해 거리 변화가 일정하게 유지됨을 테스트하고자 하였다. 초기 두 위성 사이의 거리는 약 1 km 떨어져 있으며 시뮬레이션 기간 동안 편대위성 사이의 거리를 진행방향으로 3 km의 거리를 유지시키고자 하였다. 편대위성 중 주 위성의 궤도는 궤도전과기를 통해 수치적인 방법으로 0.5 Hz 주기로 그 위치와 속도를 모델링하였으며, 부 위성의 위치는 GPS 수신기로부터 1 Hz 주기로 관측데이터를 획득하여 실시간 확장칼만필터를 통해 0.5 Hz 주기로 실시간 위치결정을 수행하였다. 상대위치결정은 GPS 수신기로부터 관측된 C/A 코드를 이용하여 처리된 의사거리 데이터를 사용하였다. 편대비행체의 대형을 유지 할 수 있도록 LQR(Linear Quadratic Regulator) 궤도제어 기법을 적용하여 0.5 Hz 주기로 부 위성의 궤도 제어량을 계산하였다. 계산 결과, 궤도제어가 시작되기 전 부정확한 에러 데이터로 인해 두 위성의 상대 거리가 10 km 까지 벌어 졌으나, 데이터 전송이 안정화 되는 이후부터 제어가 시작 되면서 부 위성이 4 km 까지 근접하였고 시뮬레이션 시간이 80 초가 지나면서 처음으로 위성간 거리가 3 km까지 좁혀졌다. 두 위성의 진행방향에 대한 거리가 3 km 이내로 2m 이내의 오차를 가지고 수렴할 때까지의 시간은 처음 제어를 시작한 8 초부터 150 초까지 총 142 초가 소요 되었으며 그 이후에는 m 수준 이하의 오차를 유지하며 편대위성의 대형이 유지됨을 확인 할 수 있었다. 향후 각 시스템의 데이터 처리속도 향상과 GPS 시뮬레이터와 환경 컴퓨터 시스템 인터페이스간의 시각동기화 문제의 해결, 항법 및 궤도제어 알고리즘의 정밀한 조정을 통해 보다 향상된 시뮬레이션이 이루어질 것이라 기대한다.