

저궤도 관측위성의 시간 동기화 방안

양승은*, 이종인*

*한국항공우주연구원 위성소프트웨어팀

e-mail: seyang@kari.re.kr

A Time Sync Method for the Low Earth Orbit

Seung-Eun Yang*, Jong-In Lee*

*Satellite Flight Software Department, Korea Aerospace Research Institute

요 약

저궤도 관측위성은 주어진 임무를 수행하기 위해 정해진 궤도에서 다양한 작업들을 수행하게 된다. 위성에 장착되어 있는 각종 센서들을 이용하여 자세를 제어하거나 전지를 충전시키고 지상 명령 및 저장되어 있는 명령에 따라 다양한 동작을 취하게 된다. 또한 각종 module들을 제어하기 위해 해당 module에 대해 주기적으로 pulse를 보내어 이를 제어하는 작업도 수행한다. 이때 수행되는 작업의 내용이나 위성의 상태를 정확히 파악하기 위해서는 지상과 위성에서 사용되는 시간이 동기화 되어야 한다. 본 논문에서는 GPS의 신호를 이용하여 위성의 제어 및 상태를 파악하기 위해 사용되는 기준 시간 동기화 방안에 대해 설명하도록 한다.

1. 서론

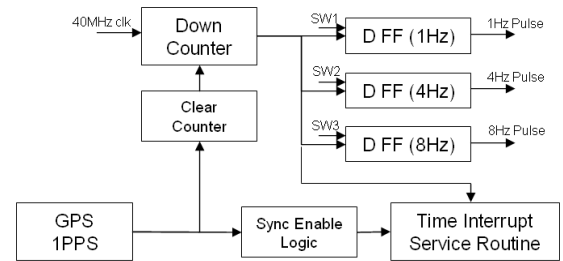
저궤도 관측위성의 경우 지상에서 사용되는 대부분의 시스템과는 달리 원격으로 제어 및 관리가 이루어진다. 특히 저궤도에서 지구 중력의 영향을 받지 않고 동일 궤도를 유지하기 위해 빠른 속도로 지구 주위를 회전하게 되므로 지상과 통신할 수 있는 시간이 제한적이다.[1] 따라서 위성에서 수행되는 다양한 작업 내용이 위성의 메모리에 미리 저장되어 특정 시간에 수행을 하거나 지상에서 수행 시간을 설정하여 명령을 전송하면 해당 시간에 명령에 포함되어 있는 항목들이 수행될 수 있도록 한다. 위 작업들을 수행하기 위해 위성의 고유 시간인 On Board Time(OBT)가 사용되며 지상에서 위성의 정확한 제어 및 상태 파악을 위해 이 시간은 지상에서 사용하는 시간과 동기화 되어야 한다.[2]

본 논문에서는 GPS에서 보내는 1PPS의 신호를 이용하여 시간 동기화를 맞추는 방법에 대해 소개하도록 한다. 위성에서는 내부적으로 1PPS를 발생시켜 시스템 초기화 및 기본 동작들을 수행하면서 GPS의 신호를 수신하게 되면 GPS 1PPS가 정확히 들어오는지 확인한다. 그리고 지상에서 시간 동기 명령이 전달되면 바로 시간 동기화를 하고 계속해서 GPS 1PPS의 상태를 파악하면서 1PPS가 정확히 들어오지 않을 경우 다시 내부 1PPS를 이용하여 위성을 구동하고 오류 메시지를 발생하도록 한다.

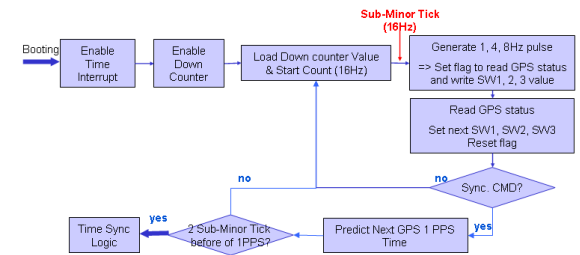
본문의 2절에서는 GPS 1PPS를 이용한 시간 동기화의 구체적인 방법과 GPS로부터 수신 받는 신호에 문제가 발생할 경우 그 대응 방안을 소개한다. 그리고 3절의 결론을 통해 본 논문을 정리하도록 하였다.

2. GPS 1PPS를 이용한 시간 동기 방안

GPS 1PPS로부터 시간 동기화를 위한 구조는 그림 1과 같다. 시간 동기 로직에서는 시간 동기만 하는 것이 아니라 다른 module을 구동하기 위해 1, 4, 8Hz의 pulse를 발생시킨다.



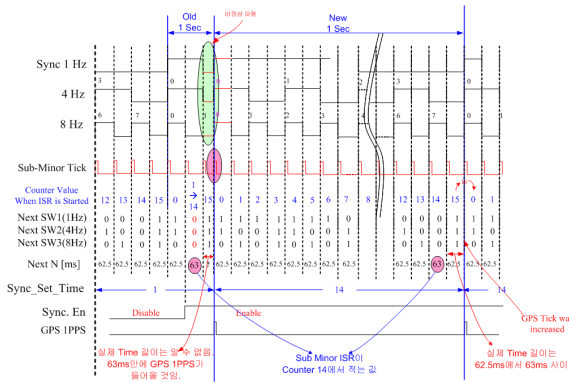
(그림 1) 시간 동기화를 위한 H/W 구조



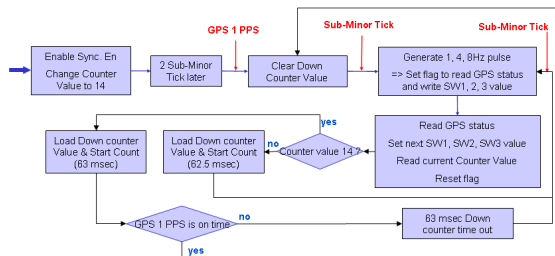
(그림 2) 시간 동기 로직 구동

시간 동기 로직의 구동과정은 그림 2에 정리하였다.

초기 시스템이 가동되면 시간 동기화에 사용되는 interrupt와 down counter를 enable한 후 16Hz로 down counter를 동작시킨다. 이 16Hz pulse를 Sub-minor Tick으로 정의하고 그림 3에서 보는 것과 같이 1초 동안 0~15까지 총 16번의 pulse를 발생시킨다. GPS 1PPS와 동기를 맞추기 위해 로직에서 1PPS가 수신되는 시점을 파악하고 있다가 1PPS가 발생하는 시점에서 두 번 앞의 sub-minor counter를 sync set time으로 설정한다. 지상에서 동기 명령이 내려지면 이때의 counter 값을 14로 변경하여 GPS 1PPS가 발생하는 순간 Down Counter Clear에 의해 counter가 0으로 초기화되며 동시에 동기가 될 수 있도록 한다. 그림 1을 보면 Down Counter가 Sub-minor Tick을 발생시키는 방법으로 설정된 counter의 값이 40MHz clock에 의해 감소하여 0이 되거나 GPS 1PPS신호에 의해 Clear Counter가 동작하여 counter가 0이 되는 두 가지가 있는 것을 볼 수 있다.



(그림 3) 시간 동기 파형



(그림 4) 시간 동기 명령 이후의 동작

그림 4에 시간 동기 명령을 수신한 이후 시간 동기 로직의 동작에 대해 정리하였다. Sub-minor tick의 경우 32.5msec단위로 발생하지만 GPS 1PPS와 동기가 일어나는 시점에서는 그림 3에서 보는 것과 같이 그 길이가 줄어들 수 있다. 이는 실제 GPS의 신호가 들어오는 시점에 따라 차이가 나는 것으로 이 과정에서 발생하는 time drift는 지상에서 사전에 고려를 하여 위성 운영에 문제가 발생하지 않도록 한다. 그림 5에 GPS 1PPS의 수신 신호와 시간 동기 시점에 따른 1, 4, 8Hz pulse의 파형을 나타

내었다. 이를 보면 sync 시점 바로 이전의 1, 4, 8Hz pulse 파형의 길이가 일부 변하는 것을 확인할 수 있다.

앞에서 설명한 시간 동기 로직은 기본적으로 GPS 1PPS의 신호가 정확히 1초에 한 번씩 입력되어야 완벽하게 동작된다. 그러나 통신상의 문제나 GPS 자체의 문제로 인하여 정확히 1초에 한 번씩 신호가 수신되지 않을 수 있다. 이럴 경우에도 위성 시스템은 정상적으로 동작해야 하므로 다시 내부 1Hz를 이용하여 시스템을 운영한다. 이를 위해 GPS 1PPS가 발생하기 전 down counter의 값을 62.5msec이 아닌 63msec으로 설정하여 시간 안에 1PPS가 수신되면 Clear Counter에 의해 Sub-minor tick이 발생하지만 1PPS가 발생하지 않을 경우 sync enable logic을 disable하고 63msec Counter값에 의해 tick이 발생하도록 한다. 또한 GPS 1PPS간 간격을 측정하여 999.5msec이전에 pulse가 발생하면 역시 Sync Enable Logic을 disable하고 내부 1PPS에 의해 동작하도록 한다. 따라서 GPS 1PPS 신호에 +/- 0.5msec의 허용 오차 범위를 설정하여 시간 동기 로직이 동작하게 된다.



(그림 5) GPS 1PPS와 1, 4, 8Hz Pulse의 출력 파형

3. 결론

본 논문에서는 저궤도 관측위성이 주어진 궤도를 돌면서 다양한 작업을 수행할 때 기준이 되는 시간을 GPS를 이용하여 동기 시키는 방법을 소개하였다. 제안된 방식은 계속 GPS의 신호를 확인하고 있다가 지상 명령에 의해 한번에 시간 동기를 할 수 있으며 GPS신호에 이상이 발생할 경우에도 내부 신호를 이용하여 위성 자체는 정상 동작을 할 수 있다. 추후 보다 다양한 오류 상황에서의 테스트 및 문제점 발견 시 보완이 이루어질 예정이다.

참고문헌

[1] James R. Wertz and Wiley J. Larson. "Space Mission Analysis and Design" 3rd Ed. Space Technology Library
 [2] 양승은, 최종욱, 이재승, 신현규, 채동석, 이종인 "저궤도 관측위성의 고유 시간 운영", 한국우주과학회, 2008