

인공위성의 궤도

1988년도 서울국제올림픽에 대비해서 통신인공위성을 발사할 예정이고, 태풍이나 기상재해를 예측하고 정보를 제공해주는 기상인공위성이 필요한 요즈음. 이러한 인공위성들의 궤도를 추적하고, 궤도를 조정하는 일은 인공위성을 발사하는데 못지 않게 더 중요한 일이다. 대표적인 통신인공위성 INTELSAT IV - A는 『하이드라진』이라는 연료를 약 300 파운드를 싣고 7년 동안, 수명이 다 할때까지 궤도 조정과 자세조정에 쓰여지고 있다.

여기서는 이러한 인공위성의 궤도요소와 궤도조정 방법 그리고 어떻게 정지인공위성을 정지궤도에 진입시키고, 궤도유지를 시키는가를 고찰해 보고저 한다.

◇ 궤도 요소

인공위성의 궤도를 추적하기 위해서는 다음과 같은 6개의 궤도요소를 알아야 한다.

a : 궤도의 장반경

e : 궤도의 이심률

i : 궤도의 경사각 (궤도면과 적도면과의 사이각)

Ω : 승교점 적경 (춘분점 방향으로부터 승교점 방향까지의 사이각)

ω : 근지점 인수 (승교점 방향으로부터 근지점 방향까지의 사이각).

T : 승교점 통과 시각

이러한 궤도요소의 관계는 <그림-1>에 표시되어 있다. a 는 인공위성 궤도의 크기를, e 는 인공위성 궤도의 모양을, i 와 Ω 은 궤도면과의 경사 정도, ω 은 궤도면 내의 인공위성 궤도의 방향, T 는 시각을 나타내는 인공위성의 궤도상의 위치를 표시하게 된다.

지난 1983년 1월 23일에 낙하한 소련의 첩보 위성 COSMOS 1402호의 마지막 순간의 궤도요소를 예로 들면,

$$a = 6511.3 \text{ km}$$

$$e = 0.000641$$

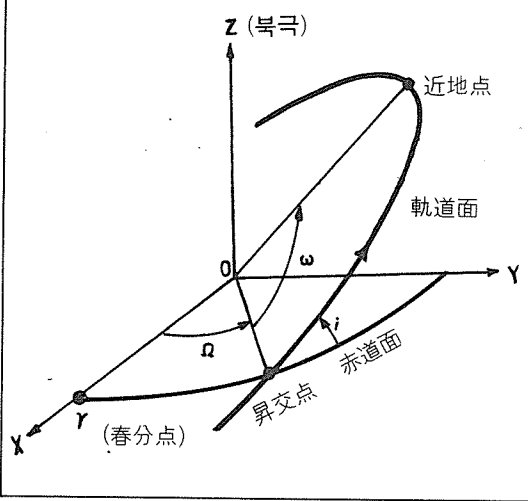
$$i = 64.9721$$



崔圭弘

<연세대 천문기상학과 교수>

〈그림-1〉 궤도요소



$\Omega = 346^{\circ}.6756$

$\omega = 273^{\circ}.1755$

$T = 1983\text{년 } 1\text{월 } 23^{\text{d}}.776 \text{ U. T.}$

인공위성의 궤도는 궤도경사각(i)의 크기에 따라 4 가지 형태로 나누워 진다.

- ① $i \approx 0^{\circ}$ (적도 궤도)
- ② $0^{\circ} < i < 90^{\circ}$ (지구 자전방향과 같은 順行 궤도)
- ③ $i \approx 90^{\circ}$ (극궤도)
- ④ $i > 90^{\circ}$ (지구 자전방향에 반대되는 逆行 궤도)

〈그림-2〉에서 보는 바와 같이 정지위성이라고 불리는 통신이나 기상인공위성은 ①과 같은 궤도이다. 지구 적도상공 36,000km에 있으며, 위성의 공전주기가 지구의 자전주기와 같기 때문에 지상에서 보기에 정지하고 있는 것 같이 보인다.

일반적으로 발사되는 대부분의 인공위성은 ②와 같은 궤도로 돌고 있다. 이러한 궤도는 지구표면에서의 지구 자전속도(서울에서는 초속 400m)를 이용하기 때문에 연료가 절약된다.

③의 궤도는 특수한 경우에 사용되는데 지구 전체를 관측하는데 필요한 자원탐사위성(LAN-SAT)이나, 군사 첩보용으로 사용하는 군사위성에 많이 사용된다.

④의 궤도는 연료가 너무 많이 소모되므로

거의 쓰여지고 있지 않다.

◇ 궤도조정 (Maneuver)

인공위성을 사용하려고 하는 목적에 맞게 필요한 궤도로 진입시키려고 할때, 진입된 궤도가 목표로 하는 궤도에서 조금 벗어나 허용 오차범위보다 큰 경우에 궤도조정이 필요하게 된다.

혹은 목표로 하는 궤도로 진입시킨 인공위성도 오랜시간이 지나면 달과 태양의 인력, 태양의 복사압, 공기저항 그리고 지구가 질점이 아니기 때문에 생기는 섭동력으로 인해서 목표하는 궤도에서 조금씩 이탈하게 된다. 그래서 이때도 궤도조정이 필요하게 된다.

궤도조정은 추력(Jet)의 방향에 따라 분류하게 되는데, 궤도면 안에서 궤도조정을 하는 경우와 궤도면에 수직인 방향으로 궤도면을 조정하는 경우로 크게 나눌 수 있다.

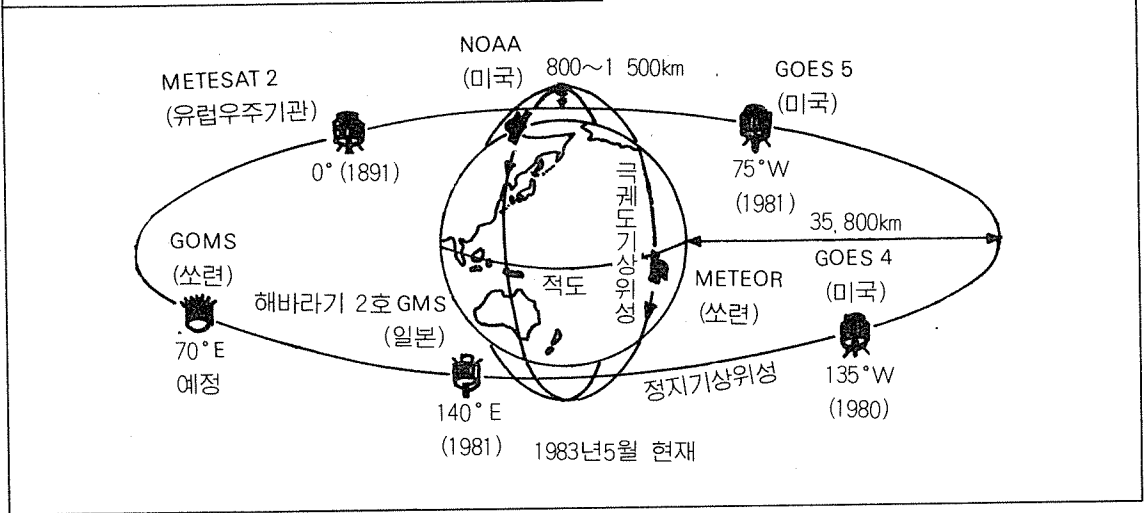
◎ 궤도면에 평행한 방향으로 궤도조정

궤도면에 평행한 방향으로 속도변경을 하여 주변 궤도의 크기와 모양이 크게 변하게 된다. 궤도의 원지점이나 궤도속도와 근지점에서 접선방향으로 증속이나 감속을 하게 되면 최소의 연료로서 최대의 효과를 볼 수 있는데(Hohmann 궤도); 이 경우에는 궤도요소의 궤도장반경과 이심률의 변화를 원할 때에 많이 쓰여진다. 정지인공위를 동서 방향으로 궤도조정할 때 주로 사용된다. (Longitude Stationkeeping)

◎ 궤도면에 수직인 방향으로 궤도면을 조정

궤도면에 수직인 방향으로 궤도면을 조정하는 경우에는 궤도경사각과 승교점 적경이 변하게 된다. 이러한 궤도 조정을 할 수 있는 위치는 현재의 궤도면과 목표로 하고 있는 궤도면과의 교점에서 행하여 져야 하며, 그의 속도의 변화량은 조정위치에 있어서의 전·후의 궤도속도의 Vector적인 차로 주어야 한다. 통신인공위성 INTELSAT IV-A에 있어서 0.1° 의 궤도 경사각조정(Inclination Maneuver)을 시키

〈그림 - 2〉 지구대기계발계획에 의한 위성배치도



기 위해서 연료를 10파운드 이상을 소모하게 된다.

◇ 정지궤도의 진입과 궤도유지

정지인공위성을 운반하는 로켓트는 4 단계로 이루어진다. 3 단계 (Perigee Kick Motor)의 연소가 끝날때까지는 약 1 시간정도 걸리게 된다. 이때 인공위성은 근지점의 지상에서 높이가 약 200km, 원지점의 지상에서의 높이가 약 36,000km, 궤도경사각이 약 30°의 Transfer 궤도에 따라 타원을 그리며 날게 된다. 인공위성이 지구상에서 가장 높은 지점인 원지점 약 36,000km 상공에 이르렀을 때 4 단계 (Apogee Motor)를 연소하여 Synchronous 궤도라는 원 궤도를 그리게 될때 이러한 인공위성을 우리는 정지인공위성이라고 부른다.

〈그림 - 3〉은 정지인공위성을 고정위치에 정지시키는 과정을 보이고 있는데, 그의 순서는 다음과 같다.

①은 제 3 단계를 연소시켜서 원지점이 적도 상공 약 36,000km인 Transfer 궤도로 인공위성을 진입시키는 과정. ②는 인공위성의 궤도와 자세를 측정하고, 제 4 단계인 Apogee Motor의 점화 예정시각과 그때의 위성의 자세를 계

산하고 조정한다. ③은 Apogee Motor의 점화를 하기 위해서 위성의 자세를 변경시킨다. ④는 Apogee Motor를 점화시켜서 궤도 경사각을 약 30도에서 적도궤도로 바꾸고, 인공위성의 속도를 증가시켜서 정지위성궤도에 가까운 궤도 (Drift 궤도)로 진입시킨다. ⑤는 더 이상 로켓트의 추진이 없기 때문에 위성의 사용목적에 적합한 정상적인 위성의 자세로 변경시킨다. ⑥은 궤도를 조금씩 조정하여 인공위성을 목표로 하는 정지위치까지 Drift시킨다. ⑦은 목표로 하는 정지위치까지 이동을 시킨후, 완전히 위성을 정지위치에 고정시킨다.

이렇게 정지위성을 고정위치에 놓게 될때까지는 약 2~3 주일이 걸리게 된다.

Apogee Motor를 점화한 후에 인공위성을 Drift라고 부리우는 정지궤도에 가까운 궤도로 진입시키는 이유는 2가지가 있다.

첫째는 로켓트와 Apogee Motor의 엔진성능이나 발사각도등의 오차때문에 이미 예정된 정지궤도로 만들 확률이 극히 적기 때문이다.

둘째는 Apogee Motor를 점화시킬려는 위치가 목표로 하는 정지위성의 예정위치가 될 경우는 극히 드물어서, 정지 예정위치까지 Drift가 필요하게 된다. 이러한 Hohmann Transfer을 여러번 반복 사용하여 목표로 하는 정지위성의 예정위치까지 Drift할 필요가 있기 때문이다.

이렇게 어렵게 예정위치까지 온 정지 인공위성도 달과 태양의 중력, 태양의 복사압, 지구가 질점이 아니기 때문에 생기는 섭동력 때문에 제 위치에 있지 못하고 움직이게 된다.

궤도경사각은 달과 태양의 중력 때문에 1년에 0.8° 에서 1° 까지 변하게 되어 3개월에 한번씩 남북방향으로 궤도를 수정하지 않으면 안되는데 이것을 Inclination Maneuver라고 부른다.

그리고 지구의 적도면이 타원이기 때문에 (Triaxiality) 안정한 지점인 동경 75도와 서경 105.5도인 적도 상공으로 Drift 하고져 하기 때문에 한달에 한번씩 동서방향으로 궤도를 수정하지 않으면 안되는데, 이것은 Longitude Stationkeeping이라고 부른다.

◇ 맺는 말

우리나라도 폭증하는 데이터통신, 팩시밀등의 통신수요와 TV 난시청 해소를 위해 동경 110도의 적도상공에 통신위성을 발사할 예정이다.

위성에 관련되는 기술은 헤아릴 수 없이 많지만 그 중에서도 종이와 연필과 컴퓨터를 가지고 막대한 외화를 절약할 수 있는 기술이 있다.

통신위성의 수명이 다 하는 7년 동안 우리 힘으로 위성의 궤도추적과 궤도조정을 할 수 있는 『Software의 개발』이다. 이러한 Software의 개발이 무엇보다도 시급히 요청되고 있는 실정이다.

