

조석영향에 의한 망기반 GPS 측위 변화 분석 Analysis of Tidal Effects on Network-based GPS Positioning

윤하수¹⁾ · 홍창기²⁾ · 권재현³⁾ · 최윤수⁴⁾

Yoon, Ha Su · Hong, Chang-Ki · Kwon, Jay Hyoun · Choi, Yun Soo

¹⁾ 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정 (E-mail : hasu9@uos.ac.kr)

²⁾ 서울시립대학교 공간정보공학과 연구교수 (E-mail : ckhong@uos.ac.kr)

³⁾ 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 부교수 (E-mail : jkwon@uos.ac.kr)

⁴⁾ 정회원 · 서울시립대학교 공간정보공학과 정교수 (E-mail : choiys@uos.ac.kr)

Abstract

The rover positioning is performed by estimating the baseline vector components in double-difference positioning mode. This means that relative displacement due to the tide effects can be neglected when the distance between the reference and rover station is relatively short. However, the tide effects should be carefully modeled and removed as the baseline length gets longer. In this study, the relative displacement over the Korean Peninsula due to tide effects are examined through the numerical analysis. The results show that the tide modeling is required for the precise GPS positioning at cm-level accuracy.

▶ Keywords : GPS, Tide effect, Displacement

요 지

이중차분을 통한 GPS 측위시 이동국의 위치는 기준국에 대한 상대위치로 결정된다. 단기선의 경우는 조석에 의한 변위량의 상대적인 차이가 거의 없기 때문에 조석보정이 필요하지 않다. 하지만 기선의 길이가 길어지고 망 전체의 크기가 우리나라 전체 면적을 포함하는 경우 조석 변위량의 상대적인 차이로 인해 측위 오차가 발생할 수 있으므로 적절한 조석보정이 수반되어야 한다. 본 연구에서는 우리나라 규모에서 조석영향에 의해 발생할 수 있는 변위량을 분석하였다. 분석결과 GPS를 이용한 정밀측위시 조석영향에 대한 보정이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

▶ 핵심어 : GPS, 조석영향, 변위

1. 서론

오늘날 GPS 좌표결정의 정밀도가 mm정도이며 각종 하드웨어와 소프트웨어의 발전으로 인해 정밀도는 향상되고 있다. 높은 정밀도를 얻기 위해서는 지각의 미세한 변위를 발생시키는 원인을 고려해야 한다. 이러한 변위 중 태양이나 달에 의한 인력은 지구형상에 변형을 일으키며 그 결과 지표의 특정위치는 공간상에서 시간에 따라 변하게 된다. 이를 조석영향이라고 하며 위치 변화에 영향을 주는 조석은 solid Earth tide, ocean loading tide, pole tide로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 기준점 성과산정 소프트웨어를 이용하여 조석에 의한 변위량을 분석하는데 목적이 있다.

2. 조석모델 및 영향 분석

2.1 조석영향

2.1.1 Solid Earth tide

Solid Earth tide는 지구와 태양 및 달 사이에 작용하는 인력에 의해 발생하는 것으로 태양 혹은 달과 가장 가까운 위치에서 그 영향이 가장 크며 지표 위치에 따라 수직방향으로 약 30cm, 수평방향으로는 약 5cm의 변화를 보이기도 한다. 태양의 질량은 달에 비해 크나 거리가 멀리 떨어져 있기 때문에 달에 의한 조석영향이 상대적으로 크게 나타난다(약 0.46 배). 또한 조석의 영향에 의한 지표의 위치변화는 태양과 달의 주기적 위치 변화에 기인하며 따라서 주기성을 띠고 나타난다. Solid Earth tide에 의한 위치변화는 국제기구인 IERS(International Earth rotation and Reference systems Service)에서 제공하고 있는 수식을 이용하여 계산이 가능하다.

2.1.2 Ocean loading tide

태양과 달의 인력에 의해 바닷물의 재분배가 이루어지는데 이때 바닷물의 하중 변화에 의해 지표의 위치도 변하게 된다. 따라서 해안가 혹은 섬지역에서 그 영향이 상대적으로 크게 나타나게 된다. 이를 ocean loading tide라 하며 영향이 가장 큰 M_2 주기의 경우 수직방향으로 5cm, 수평방향으로는 2cm를 넘지 않는 것으로 알려져 있다. 우리나라의 경우 반도 지역이라는 점과 섬이 많다는 점 때문에 ocean loading tide 영향에 의한 위치변화를 적절히 고려해야 할 것으로 사료된다. ocean loading tide에 의한 위치변화는 IERS에서 추천하고 있는 식을 이용하여 계산이 가능하다.

2.1.3 Pole tide

지구 극점의 위치는 서서히 변하며 특정한 주기를 갖고 있지는 않다. 이러한 극점의 위치변화는 지구회전으로 인한 원심력의 변화를 가져오며 따라서 특정위치에서의 중력값이 변하게 된다. 중력값이 변하면 지구의 형상 변화와 함께 위치가 달라지게 된다. 이러한 요인으로 인한 위치 변화를 pole tide에 의한 영향이라 하며 수직방향으로 최대 2.5cm, 수평방향으로는 0.7cm의 변화를 보일 수 있다.

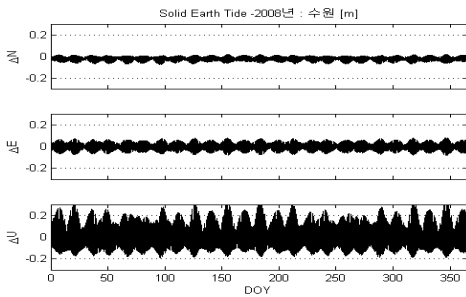
2.2 조석의 영향에 의한 변위량 분석

2.2.1 조석영향에 의한 변위량 계산

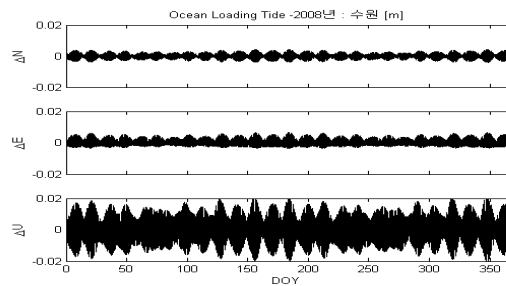
조석에 의한 특정위치의 변화는 시간에 따라 달라지기 때문에 GPS 관측시간에 대해 그 영향을 계산하여야 한다. GPS는 자체 Time system인 GPS time을 사용하기 때문에 적절한 시간변환을 통해 ET(Ephemeris Time)을 계산하여야 하며 이때 관성좌표계로 주어진 태양과 달의 위치를 계산한다. JPL(Jet Propulsion Laboratory)에서 제공하고 있는 DE405를 이용하여 태양과 달의 위치를 계산한다. 태양과 달의 위치는 관성좌표계로 주어지기 때문에 지구 중심의 직각좌표계로의 변환이 필요하다. 지구중심 직각좌표계에서 태양과 달의 위치가 계산된 후 solid Earth tide, pole tide 및 ocean loading tide를 각각의 수식을 이용하여 조석에 의한 변위량을 계산한다.

2.2.2 조석영향에 의한 변위량 분석

본 연구에서는 수원을 기준으로 조석영향에 의한 상대적인 변위량 차이를 분석함으로써 조석모델의 검증 및 분석을 수행하였다. 이를 위해 수원 및 제주 상시관측소의 위치에 대한 조석의 영향을 계산하였으며 1년 동안(2008년)의 변화를 분석하였다. Pole tide에 의한 영향은 무시할 정도로 작기 때문에 solid Earth tide 및 ocean loading tide에 대해서만 분석을 수행하였다. ocean loading tide 계산에 사용된 모델은 GOT00.2로 <http://www.oso.chalmers.se/~loading/>에서 조석계산에 필요한 값들을 추출하였다. 수원 상시관측소 위치에서 1년동안 solid Earth tide에 의한 변위량은 [그림 1]과 같으며 ocean loading tide에 의한 영향은 [그림 2]와 같다. 그림에서 보듯이 수직방향의 변화가 수평방향에 비해 상대적으로 크게 나타나고 있음을 알 수 있으며 이때 solid Earth tide의 영향은 최대 34cm, 최소 -18cm로 비교적 큰 반면 ocean loading tide의 경우는 최대 2cm, 최소 -2cm로 나타났다.

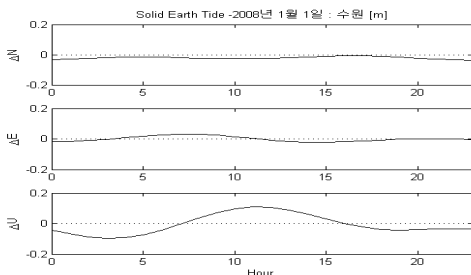


[그림 1] 수원 상시관측소 위치에서의 solid Earth tide 변화(2008)

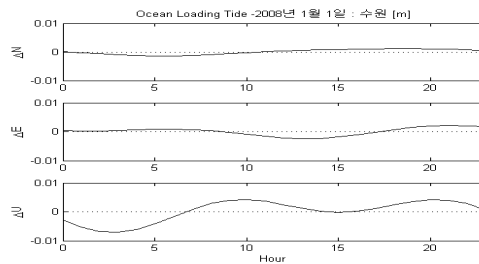


[그림 2] 수원 상시관측소 위치에서의 ocean loading tide 변화(2008)

현재 개발 중인 성과산정 소프트웨어는 일별 데이터 처리를 기본으로 하기 때문에 1년 동안의 조석변화보다는 1일 단위의 변화량이 위치정확도에 미치는 영향이 더 크다고 볼 수 있다. 2008년 1월 1일 하루 동안의 변위량은 [그림 3]과 [그림 4]와 같으며 solid Earth tide의 경우 10cm 변화폭을 갖는 것으로 나타났다.



[그림 3] 수원 상시관측소 위치에서의 solid Earth Tide의 일변화(2008/1/1)



[그림 4] 수원 상시관측소 위치에서의 ocean loading tide의 일변화(2008/1/1)

마지막으로 우리나라 지역에서 조석영향에 의한 변위량의 차이에 대한 분석을 위해 수원에서 최대 거리에 해당되는 제주 상시관측소를 선택하여 조석의 영향을 계산하였다. 제주와 수원사이의 solid Earth tide에 의한 변위량 차이를 나타낸 것으로 수평방향에서는 1cm

이하의 차이를 보이고 있는 반면 수직방향에서는 최대 3cm 정도의 차이를 보이는 것으로 나타났다.

3. 결론

본 연구에서는 GPS 위치결정에 조석영향을 분석하였으며 결과는 다음과 같다.

첫째, Pole tide의 영향은 다른 조석의 영향에 비해 상대적으로 작으며 GPS를 이용한 측위시 그 효과를 무시해도 위치정확도에 큰 영향은 없었다.

둘째, Ocean loading tide에 의한 변위량 차이를 계산했을 때 solid Earth tide에 의한 영향과 마찬가지로 수직방향으로 최대 3cm의 차이를 보였다. Ocean loading tide의 영향이 solid Earth tide의 영향에 비해 상대적으로 작음에도 불구하고 비슷한 크기의 변위량 차이가 나타나는 것으로 보아 해안가 혹은 섬지역에서 GPS를 이용한 정밀측위시 ocean loading tide에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

따라서 제주 상시관측소의 경우와 같이 ocean loading tide에 의한 영향이 상대적으로 큰 경우를 충분히 고려하여 성과산정소프트웨어를 개발하여야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보C02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

성천경, (2005), GPS를 이용한 해양조석 부하성분의 결정에 관한 연구, 경기대학교 대학원, 박사학위 논문, pp. 1~32.

지능형국토정보기술혁신사업단(2010), 1핵심 1세부 국가기준망관리혁신 기술개발 4차년도 연구차실적계획서, pp. 18~27.

International Earth Rotation and Reference Systems Service, <http://www.iers.org/>

Onsala Space Observatory, <http://www.oso.chalmers.se/~loading/>