

대기권 환경에서의 저궤도위성-지상국 간 전자기파 전파 예측

김창성, 박용배

아주대학교

kcs1403@ajou.ac.kr, yong@ajou.ac.kr

Prediction of Propagation of an Electromagnetic Wave between Low Orbit Satellite and Ground Station in Atmospheric Environments

Kim Changseong, Park Yong Bae

Ajou Univ.

요 약

본 논문은 대기권 환경에서의 저궤도위성-지상국 간의 전자기파 전파를 기하광학법, 광선추적법을 이용하여 예측하는 방법을 제안한다. 대기권은 고도에 따라서 다층으로 분할되고, 분할 대기권 층의 유효굴절률은 측정된 기상환경과 MPM93 모델을 이용하여 계산된다. 기상환경은 국내 7개 관측지점에서 측정되고, PCHIP(Piecwise Cubic Hermite Interpolating)와 Barycentric coordinates의 보간법을 통해 국내 전 지역의 기상환경을 근사 표현할 수 있다. 층 경계면의 유효굴절률 차이에 따른 전자기장 변화는 기하광학법, 광선추적법을 이용하여 계산된다. 목표 관측점에 도달하는 전자기파의 특성을 이용하여 저궤도위성의 위치에 따른 경로 오차, 손실, 패러데이 회전을 계산할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

I. 서 론

전자기파는 대기권을 통과할 때, 대기권 내에 존재하는 부유물질 및 기체 분자에 의해 굴절 및 손실이 발생한다. 따라서 저궤도위성-지상국 간의 전자기파의 정확한 송·수신을 위해서는 전파환경을 고려하는 것이 중요하다. 대기권 환경에서 대기를 층으로 분할하여 전파의 굴절 및 손실을 예측하는 연구는 수행되었지만, 층의 경계면에서 전자기장 해석을 통해 전자기파를 고려한 연구는 부족하다[1]. 본 논문에서는 기하광학법, 광선추적법을 이용하여 대기권 환경에서의 저궤도위성-지상국 간의 전자기파 전파 특성을 계산하는 알고리즘을 제안한다.

II. 본론

대기권의 비균질성을 고려하기 위해서, 대기권은 고도에 따라 다수의 층으로 분할되어 해석되다. 분할된 층 경계면에서의 전자기파 해석은 층의 유효굴절률과 기하광학법, 광선추적법의 적용을 통해 수행할 수 있다. 전리권의 유효굴절률은 전자밀도에 의해 결정되고, 대류권, 성층권의 유효굴절률은 기상정보에 MPM93 모델을 적용하여 계산할 수 있다[2, 3]. 수

식 (1)은 전리권의 전자밀도에 따른 유효굴절률을 나타내고 있다.

$$n = \sqrt{1 - \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m \omega^2}} \quad (1)$$

표 1은 대류권, 성층권에서 기온 기압 습도 등의 기상정보를 측정하는 레원존테의 관측지점을 나타낸다[4]. 각 관측지점에서 측정된 기상정보는 PCHIP(Piecwise Cubic Hermite Interpolating)와 Barycentric coordinates의 보간법을 이용하여 국내 전지역에 대해 근사 표현할 수 있다. 전자기파의 경로는 광선추적법을 이용하여 분할된 층의 경계면에서 층 간의 유효굴절률 차이를 고려하여 구할 수 있다[5]. 최종 분할 층까지 전파 경로가 확정되면, 층의 경계면에서의 전자기장 성분을 계산한다. 입사 전자기장은 투과면에서 수직편파 성분과 수평편파 성분으로 나누어진다. 투과 전자기장은 각 편파에 따른 투과계수, 투과파를 계산하고, 각 편파를 더하여 구해진다. 다음 분할 층에서의 입사 전자기장은 계산된 이전 투과 전자기장에 기하광학법을 적용하여 계산할 수 있다. 최종 분할 층까지 과정을 반복하여, 목표 관측점까지의 전자기장을 계산할 수 있다. 손실, 경로오차, 패러데이 회전은 동일 전원에 대해 매질이 진공일 때와 대기권 일 때의 목표 관측점에서의 전자기장 성분을 이용하여 계산될 수 있다.

III. 결론

본 논문은 대기권 환경에서의 저궤도위성-지상국 간의 전자기파 전파를 기하광학법, 광선추적법을 이용하여 예측하는 방법을 제안한다. 대기권의 유효굴절률 변화를 기하광학법과 광선추적법을 적용하여 고려함으로써, 전자기파 경로 및 투과 전자기장을 계산했다. 최종 목표 관측점에 도달한

표 1. 대류권, 성층권 레원존테 관측지점

기상 관측지점	위도 [deg]	경도 [deg]	해발고도 [m]
국가태풍센터	33.3315	126.6784	246.3
흑산도	34.6872	125.451	76.49
광주	35.1167	126.8167	13
포항	36.0326	129.3796	2.28
오산	37.1	127.0333	52
북강릉	37.8046	128.8554	78.9
백령도	37.974	124.7124	36

전자기장을 통해, 저궤도위성의 위치에 따른 전자기파의 경로 오차, 손실, 페러데이 회전을 계산할 수 있는 알고리즘을 제안했다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2018-0-01424)

참 고 문 헌

- [1] P. Series, " Attenuation by atmospheric gases." Recommendation ITU-R, 676-12, 2019.
- [2] K. G. Budden, Radio waves in the ionosphere, Radio Waves in the Ionosphere, by KG Budden, Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009.
- [3] H. J. Liebe, G. A. Hufford, and M. G. Cotton, "Propagation modeling of moist air and suspended water/ice particles below 1000 GHz," in Proc. Advis. Group Aerosp. Res. Dev. (AGARD) 52nd Special Meeting Panel Electromagn. Wave Propag., Palma de Mallorca, Spain, May 17-21, 1993, pp. 3-1-3-10.
- [4] Atmospheric Soundings. Available online:
<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- [5] C. A. Balanis, Advanced engineering electromagnetics, 2nd ed., John Wiley & Sons, 2012.