

## 우주전파환경에서 단일 저궤도 위성의 위치에 따른 전파 전달 특성 분석

양준모<sup>1</sup>, 허 준<sup>1</sup>, 박용배<sup>1,2</sup>

1아주대학교 AI융합네트워크학과, 2아주대학교 전자공학과

joonmo202@ajou.ac.kr, gjwns2440@ajou.ac.kr, \*yong@ajou.ac.kr,

## The Characteristic Analysis of Radio Wave Propagation in terms of Location of LEO Communication Satellite in Atmospheric Environment

Junmo Yang, Jun Heo, Yong Bae Park\*

Department of AI Convergence Network, Ajou University,

\*Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

## 요 약

본 논문은 한반도 상공의 우주전파환경을 모델링하고 광선추적법, 기하광학법을 이용하여 한반도 상공을 통과하는 저궤도 위성의 위치에 따른 위성에서 지상국으로의 전파 전달 특성을 분석한다. 비균질 대기권은 고도에 따른 층으로 분할되고, 분할 대기권 층의 유효굴절률은 기상 데이터와 MPM93 모델을 이용하여 계산된다. 기상 데이터는 9개 관측소에서 제공되며, PCHIP(Piecewise Cubic Hermite Interpolating)과 삼선형보간법(Trilinear Interpolation)을 이용해 3D 굴절률을 생성한다. 층 경계면의 유효굴절률 차이에 따른 전자기장의 변화는 기하광학법, 광선추적법을 이용하여 계산된다. 목표 관측점에 도달하는 전자기파의 전파 특성을 이용하여 저궤도 위성의 위치에 따른 보어사이트 오차, 감쇄를 분석한다.

## I. 서 론

최근 들어 활발하게 연구가 진행되고 있는 저궤도 위성을 포함한 군집 위성기반의 통신 시스템의 통신 품질은 서비스 지역 내의 전파 송수신 환경에 의해 좌우된다[1]. 한편, 인공위성과 지상국 간의 통신에서 대기권을 통과하는 전자기파는 지구 대기에 의한 영향을 받아 굴절, 반사, 감쇠 등의 현상이 발생한다. 따라서 지구 대기에 의한 전파 송수신 환경을 분석하고 시스템 설계에 적용하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 한반도 상공의 기상 데이터와 광선추적법, 기하광학법을 이용하여 한반도 상공을 통과하는 저궤도 위성의 위치에 따른 위성에서 지상국으로의 안테나 전파 전달 특성을 분석하였다.

## II. 본 론

전파환경은 대기권의 고도에 따라 대류권, 성층권, 중간권과 전리권의 전파환경으로 구분되며 각 층에서 전자기파에 영향을 끼치는 대기권의 요인은 표 1과 같다. 대류권, 성층권, 중간권의 전파환경에서 전자기파의 전파 특성은 기상 요인에 의한 유효굴절률에 의해 결정된다.

전리권의 전파환경에서의 전파특성은 전리권 플라즈마 이온 상태로 존재하는 대기의 전자밀도와 관련한 굴절률 변화에 의해 결정된다. 전리권에서의 유효 굴절률은 Appleton-Hartree Equation을 이용하여 계산할 수 있다[2].

$$n^2 = 1 - \frac{1}{\omega_0^2} \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m} = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2}$$

비균질 대기권은 고도에 따른 층으로 분할되며, 각 층의 유효굴절률은 MPM93 모델을 적용하여 계산된다[3]. 3D굴절률은 한반도 주변의 9개 관측소의 데이터를 PCHIP, 삼선형보간을 이용해 보간하여 구성한다. 유효굴절률과 광선추적법, 기하광학법을 이용하면 우주전파환경을 고려하여 저궤도 위성에서 지상국까지의 안테나의 전파특성을 예측할 수 있다[4]. 한반도 상공 저궤도 위성이 한반도 상공을 통과하면서 지상국에 데이터를

송신하는 구체적인 시나리오를 가정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

## III. 결 론

본 논문은 3D보간법을 이용한 유효굴절률과 광선추적법, 기하광학법을 이용해 저궤도 위성이 한반도 상공을 통과하는 실제 시나리오를 가정하여 우주 전파해석을 진행하였다. 시뮬레이션을 통해 자유공간 대비 우주전파환경에서의 수신전력이 최대가 되는 지점, 보어사이트 오차, 대기에 의한 감쇄의 변화를 확인하였으며, 저궤도 위성의 고도각이 감소함에 따라 대기 환경이 전파 전달에 끼치는 영향이 커짐을 확인하였다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022-0-00704-001, 초고속 이동체 지원을 위한 3D-NET 핵심 기술 개발)

## 참 고 문 헌

- [1] 박대성, 이준호, 최재훈, “중궤도 (ICO) 통신 위성의 전파 전달 특성 분석,” 한국전자파학회논문지, 9(2), pp. 199-210, 1998년 4월.
- [2] Ionospheric propagation data and prediction methods required for the design of satellite networks and systems, document Rec. ITU-R P.531-14, Aug. 2019.
- [3] H. J. Liebe (1989), “MPM—An atmospheric millimeter-wave propagation model,” International Journal of Infrared and Millimeter Waves, 10(6), pp. 631 - 650.
- [4] C. Kim and Y. B. Park (2017), “Prediction of electromagnetic wave propagation in space environments based on geometrical optics,” Journal of Electromagnetic Engineering and Science, 17(3), pp. 165-167.