

도플러 선보상 정확도 향상을 위한 SIB19 기반 궤도 정보 갱신 주기 분석

선여진, 김중빈*

과학기술연합대학원대학교, *한국전자통신연구원

syjin102@etri.re.kr, *jbkim777@etri.re.kr

Analysis of Doppler Pre-Compensation Accuracy Based on SIB19 Update Interval in NTN Systems

Seon Yeojin, Kim Jung-Bin*

University of Science & Technology, *ETRI

요 약

본 논문은 비지상 네트워크(NTN) 환경에서 사용자 단말이 SIB19 메시지를 기반으로 수행하는 도플러 보정의 정확도가 메시지 갱신 주기에 따라 어떻게 달라지는지를 정량적으로 분석한다. 위성의 고속 이동으로 인해 발생하는 수십 kHz 수준의 도플러 편이는 정밀한 보정을 요구하며, 본 연구는 갱신 주기에 따른 도플러 보정값의 유효성을 평가하기 위해 저궤도 위성을 대상으로 고정 단말 시나리오 기반 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, SIB19 메시지의 갱신 주기가 짧을수록 도플러 보정 오차가 감소하는 경향이 나타났으며, 이는 도플러 보정값의 시간 민감성을 시사한다. 따라서 안정적인 통신 품질 유지를 위해서는 갱신 주기를 가급적 짧게 설정하는 것이 바람직하다.

I. 서 론

저궤도 위성을 기반으로 하는 비지상 네트워크(NTN) 환경에서는 위성의 고속 이동으로 인해 수십 kHz 에 이르는 도플러 편이가 발생한다. 이를 보정하기 위해 사용자 단말은 SIB19 메시지를 통해 수신한 위성 궤도 정보를 기반으로 도플러 보정 주파수를 계산하고, 송신 주파수를 조정한다 [1]. 그러나 위성의 궤도 정보는 시간 경과에 따라 정확도가 저하되며, 오래된 정보를 기반으로 계산한 도플러 보정값은 실제 송신 시점에 유효하지 않을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 시간 지연에 따른 도플러 보정값의 유효성을 SIB19 메시지의 갱신 주기별로 분석하고, 이를 통해 효과적인 갱신 주기 설정을 위한 기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

II. 본론

본 시뮬레이션은 저궤도 위성을 대상으로 단말이 고정된 위치에 존재하는 시나리오에서 위성과 단말의 링크 연결 구간 동안 수행되었다. 이 구간은 위성이 단말 상공을 통과하는 시간으로, 실질적인 통신이 발생한다.

단말은 설정된 갱신 주기에 따라 SIB19 메시지를 수신하고, 수신 시점 t_0 에서 도플러 보정 주파수를 계산한다. 이후 위성이 단말의 신호를 수신하는 시점 t_1 에서의 도플러 보정 주파수와 비교함으로써, t_0 에서 계산된 보정 주파수가 t_1 에서도 유효한지를 평가한다. 본 논문에서는 이 두 시점 간의 도플러 보정 주파수의 차이를 ‘도플러 보정 오차’로 정의하며, 해당 오차가 갱신 주기의 변화에 따라 어떻게 달라지는지를 분석한다.

시뮬레이션 결과, 갱신 주기가 짧을수록 도플러 보정 오차가 작게 나타났으며, 갱신 주기가 길어짐에 따라

오차 크기와 변동성이 함께 증가하는 양상이 관찰되었다. 이는 단말이 사용하는 보정 주파수가 실제 도플러 편이의 변화를 신속히 반영하지 못하기 때문이며, 시간 경과에 따른 도플러 보정값의 유효성이 급격히 저하된다는 점을 시사한다.

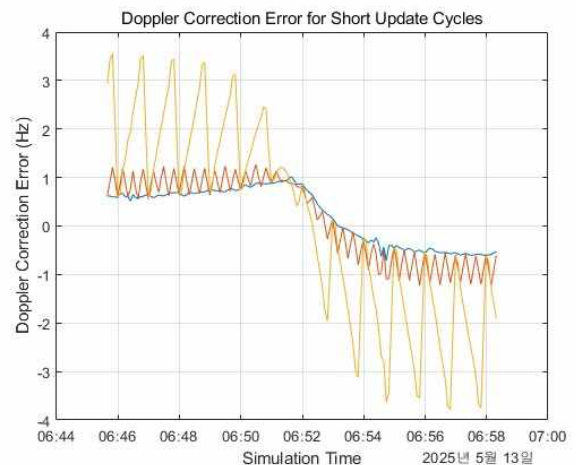


그림 1. 짧은 갱신 주기에서의 도플러 보정 오차

III. 결론

본 논문에서는 SIB19 메시지의 갱신 주기가 도플러 보정 오차에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 그 결과, 갱신 주기의 길이에 따라 도플러 보정 오차가 민감하게 변동하며, 일정 수준 이상의 갱신 주기에서는 통신 품질 저하를 유발할 수 있음을 확인하였다. 따라서

실시간 통신 품질을 안정적으로 유지하기 위해서는 갱신 주기를 가능한 한 짧게 설정하는 것이 바람직하다. 본 결과는 향후 NTN 단말의 도플러 보상 설계, SIB19 메시지의 수신 전략 수립 등에 유의미한 기준을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (No.2021-0-00847, Development of 3D Spatial Satellite Communications Technology)

참 고 문 헌

- [1] 3GPP Std. TR 38.821, *Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN)*, 3GPP, Release 16, Mar. 2023.