

위성 네트워크에서 inter-beam mobility 향상을 위한 핸드오버 기법 설계

장희연*, 김준영*, 정소이

아주대학교 AI 융합네트워크학과*, 아주대학교 전자공학과

{*timd0801, *junzero0615, sjung}@ajou.ac.kr

Design and Performance Analysis of New Handover Event to Improve Inter-beam Mobility in Satellite Communication Network

Huiyeon Jang*, Junyoung Kim*, Soyi Jung

*Dept. of Artificial Intelligence Convergence Network, Ajou University,
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

요약

본 논문은 위성 네트워크의 inter-beam mobility를 향상하기 위하여 단말의 이동성을 반영한 핸드오버 트리거 이벤트를 제안한다. 단말은 각 셀들의 위치 정보를 인지하며, 단말과 각 셀 사이 거리와 mobility offset을 계산한다. 단말은 각 셀 중심과의 거리와 자신의 이동성에 따른 mobility factor 값을 통해서 핸드오버 트리거 이벤트 조건을 확인한다. 성능분석 결과, 제안하는 핸드오버 트리거 이벤트가 불필요한 핸드오버 트리거 이벤트의 발생을 막아 서비스 지속성을 향상하면서 좋은 신호 상태를 유지하는 것을 확인하였다.

I. 서론

비 지상 네트워크는 지상 네트워크와 달리 거리에 따른 신호 세기의 차이가 미미하다. 지상 네트워크와 같이 기존의 신호 세기 기반 핸드오버 트리거 이벤트를 비 지상 네트워크에 적용하면, 비 지상 네트워크의 셀 경계에서 매우 작은 신호 차이 때문에 적절한 핸드오버 타겟 셀을 찾기 어려워 불필요한 핸드오버 트리거 이벤트가 발생할 수 있다. 특히 셀의 경계에서 단말의 이동성이 클 때 빈번한 핸드오버 트리거 이벤트가 발생한다. 이는 시그널링 오버헤드를 증가시켜 통신 서비스 품질을 떨어트리며 통신 실패율을 증가시킨다[1]. 이에 본 논문에서는 위성 네트워크 환경에서 inter-beam mobility 향상을 위하여 단말의 이동성을 반영한 핸드오버 트리거 이벤트를 설계하고 성능을 분석하였다.

II. 본론

본 논문에서는 TR 38.821의 system-level simulation (SLS) Set-1 geosynchronous satellite (GEO) 위성 채널 모델을 기반으로 한다[2]. 주파수 대역은 Ka band 대역을 사용한다. 위성 빔의 안테나 패턴은 TR 38.811을 참조한다[3]. 위성 셀의 주파수 재사용 개수는 모든 셀이 같은 대역을 사용하는 option 1을 가정하였다. 지상 단말은 VSAT 유형을 사용한다. 위성 채널 모델에서 사용한 수신 신호 reference signal received power (RSRP)와 경로 손실 모델은 수식 (1), (2)와 같다. P_T 는 위성의 송신 전력, G_T 는 위성의 안테나 이득, G_R 은 단말의 안테나 이득, PL 는 경로 손실 모델이다. 경로 손실 모델은 free space path loss(FSPL), shadow fading (SF), cluster loss (CL)로 구성되며, 확률에 따라 line-of-sight (LOS)일 때의 경로 손실 (P_{LOS})과 non-LOS (NLOS) 일 때의 경로 손실 합으로 계산된다.

$$RSRP [dBm] = P_T + G_T + G_R - PL, \quad (1)$$

$$PL = P_{LOS}(FSPL + SF) + P_{NLOS}(FSPL + SF + CL), \quad (2)$$

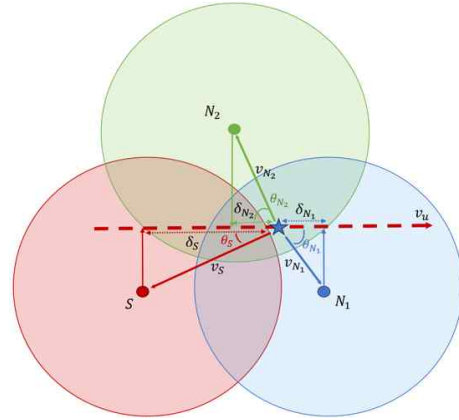


그림 1. 제안하는 핸드오버 시스템 모델

III. 제안하는 핸드오버 이벤트 기법

본 논문에서는 지상 단말이 핸드오버 타겟 셀을 선택하는 조건부 핸드오버 기법을 사용한다. 제안하는 핸드오버 트리거 이벤트는 수식 (3)으로 정의된다. D_S 는 단말과 서빙 셀 중심 사이 거리, D_N 은 단말과 이웃 셀 중심 사이 거리이다. ϕ_m 는 단말의 이동성을 반영한 mobility offset으로, 수식 (4)에 따라 단말과 서빙 셀 중심 사이 mobility factor δ_S 와 단말과 이웃 셀 사이 mobility factor δ_N 에 의해서 정의된다.

$$D_S > D_N + \phi_m, \quad (3)$$

$$\phi_m = \frac{\delta_N}{\delta_S}, \quad (4)$$

Mobility factor는 수식 (5)와 같이 단말과 셀 중심 사이 단위 벡터와 단말의 속도 벡터 사이 각도 θ 와 단말의 속도를 통해서 계산한다.

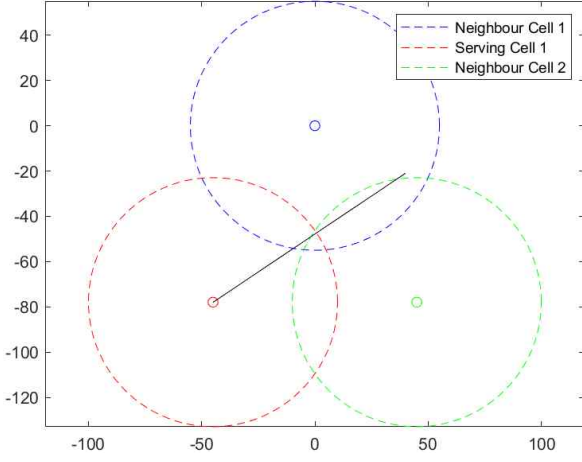


그림 2. 시뮬레이션 환경

$$\delta = |v| \times \cos(\theta), \quad (5)$$

III. 시뮬레이션 결과

제안하는 핸드오버 트리거 이벤트와 기존의 지상망에서 사용하는 신호 세기 기반 A_3 핸드오버 트리거 이벤트의 성능을 비교하였다.

$$R_N > R_S + Offset, \quad (6)$$

신호 세기 기반 A_3 핸드오버 트리거 이벤트는 수식 (6)으로 나타난다. 수식 (6)에서 R_N 은 단말이 이웃 셀로부터 받는 신호의 세기이고, R_S 은 단말이 서빙 셀로부터 받는 신호의 세기이다. $Offset$ 은 1 dB, 2 dB, 3 dB로 하였다.

시뮬레이션 환경은 그림 2와 같이 단말이 셀의 경계를 직선으로 지나가는 경우를 가정하였다. 핸드오버의 time-to-trigger (TTT)는 0 ms, 단말의 속도는 30 km/h로 설정하였다. 성능분석을 위한 지표로 핸드오버 트리거 이벤트 발생 빈도수와 단말의 평균 service time of serving cell (STS)를 사용하였다. STS는 핸드오버 트리거 이벤트가 일어나기 전까지 단말이 서빙 셀로부터 서비스받는 시간이다.

그림 3은 핸드오버 트리거 이벤트 유형 별 평균 RSRP 누적분포함수를 나타내고, 그림 4는 핸드오버 트리거 이벤트 유형 별 STS 누적분포함수를 나타낸다. $A3(offset)$ 은 오프셋 값에 따른 A_3 핸드오버 트리거 이벤트를 나타내고, $D1+mobility\ offset$ 은 제안하는 단말의 이동성을 반영한 핸드오버 트리거 이벤트다.

시뮬레이션 결과 그림 3에서 제안하는 핸드오버 트리거 이벤트가 A_3 핸드오버 트리거 이벤트보다 RSRP가 1 dB 크고, 그림 4와 같이 STS는 2배 향상하는 것을 확인하였다.

III. 결론

본 논문에서는 위성 네트워크에서 inter-beam mobility를 향상하기 위하여 단말의 이동성을 반영한 핸드오버 트리거 이벤트를 설계하고 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 제안하는 핸드오버 트리거 이벤트가 기존의

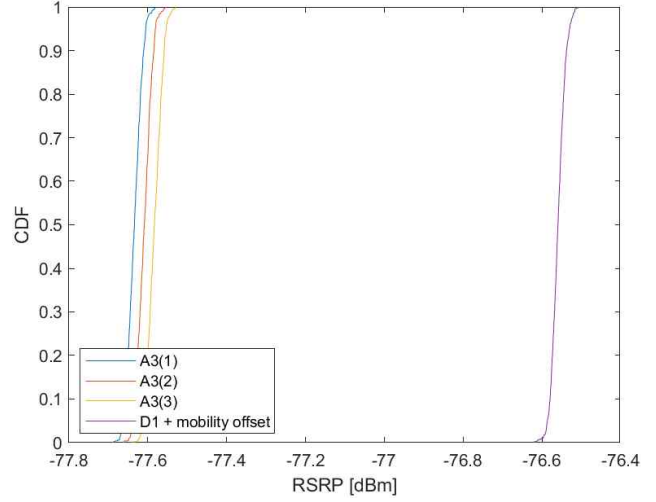


그림 3. RSRP CDF

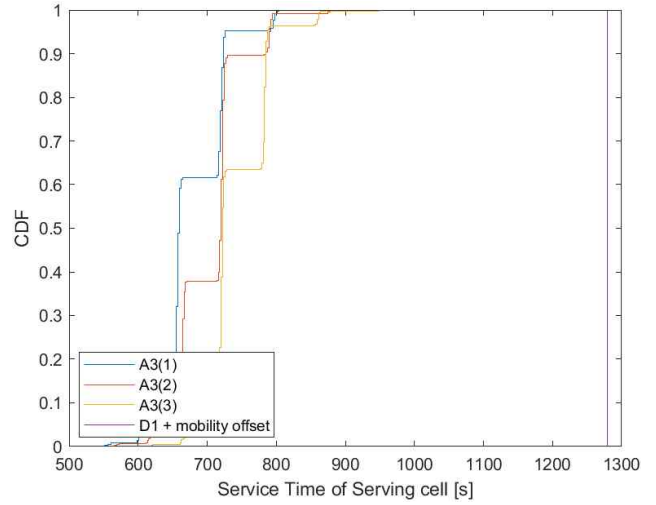


그림 4. STS CDF

신호 세기 기반 핸드오버 트리거 이벤트와 비교하여 서비스 지속성을 향상하면서도 좋은 서비스 품질을 제공하는 것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] E. Juan, M. Lauridsen, J. Wigard and P. Mogensen, "Location-based handover triggering for low-earth orbit satellite networks," *2022 IEEE 95th Vehicular Technology Conference (VTC2022-Spring)*, Helsinki Finland, 2022.
- [2] 3GPP TR 38.821 v16.2.0, "Solution for NR to support non-terrestrial networks (NTN)," Mar, 2023.
- [3] 3GPP TR 38.811 v15.4.0, "Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks," Sep, 2020.