

# 위성 네트워크에서 단말의 이동성을 고려한 위치기반 핸드오버 이벤트 설계

장희연\*, 김준영\*, 정소이

아주대학교 AI 융합네트워크학과\*, 아주대학교 전자공학과

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

## Design and Performance Analysis of Location-based Handover Event 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 성능을 향상시키기 위하여 단말의 이동성을 고려한 위치기반 핸드오버 이벤트를 제안한다. 단말은 서빙 셀과 이웃 셀 중심 사이의 거리를 실시간으로 측정하고, 각 셀과의 거리 변화율을 통해 핸드오버 이벤트 조건을 만족하는지 확인한다. 성능분석 결과, 기존의 수신 신호 세기 기반 핸드오버 이벤트보다 제안하는 위치기반 핸드오버 이벤트가 불필요한 핸드오버 이벤트 트리거링을 감소시키는 것을 확인하였다.

### I. 서론

비지상 네트워크에서 위성은 상당히 높은 고도에 위치하기 때문에 셀 중심과 셀 외곽 사이의 신호 세기의 차이가 미미하다. 지상 네트워크에서는 수신 신호의 강도를 통해 핸드오버를 결정한다. 비지상 네트워크에서 지상 네트워크와 같이 수신 신호를 기준으로 핸드오버를 결정한다면, 이웃한 셀 간에 신호 세기 차이가 미미하여 빈번한 핸드오버 이벤트가 발생한다. 빈번한 핸드오버 이벤트는 시그널링 오버헤드를 증가시키고, 이는 통신 실패율을 증가시킨다 [1]. 따라서 본 논문에서는 빈번한 핸드오버 이벤트 트리거링을 막기 위해서 단말과 셀의 위치정보와 단말의 속도 정보를 활용한 위치기반 핸드오버 이벤트를 제안한다.

### II. 시스템 모델

본 논문에서는 TR 38.821에서의 system-level simulation (SLS) Set-1 geosynchronous satellite (GEO) 위성의 파라미터 및 위성 채널을 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. 지상 단말은 서빙 셀과 이웃 셀의 중심점 좌표를 알고 있다고 가정하며, 단말은 실시간으로 자신과 서빙 셀 중심점 그리고 이웃셀 중심점 사이의 거리를 계산한다. 위성 채널 모델에서 사용한 수신 신호 reference signal received power (RSRP)와 경로 손실 모델은 수식 (1), (2)와 같다.

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

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

$P_T$ 는 위성의 송신 전력,  $G_T$ 는 위성의 안테나 이득,  $G_R$ 는 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.

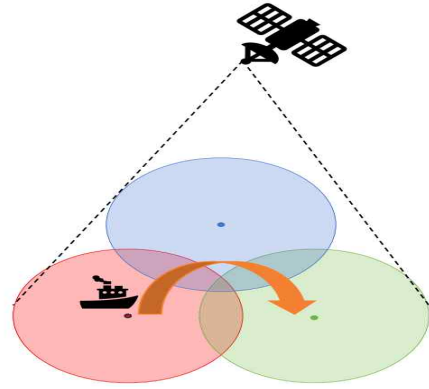


그림 1. 시뮬레이션 시스템 모델

### III. 제안하는 위치기반 핸드오버 이벤트

본 논문에서는 조건부 핸드오버 기법을 사용한다. 조건부 핸드오버는 지상 단말이 조건을 만족하는 여러 셀 중에서 가장 좋은 셀을 선택하여 핸드오버 한다. 제안하는 위치기반 핸드오버 트리거링 이벤트는 지상 단말과 셀 중심과의 거리를 활용하여, 지상 단말이 셀 중심점과 가장 가까워지는 셀로 핸드오버를 수행하도록 한다. 본 논문에서 제안하는 조건부 핸드오버에서의 핸드오버 트리거링 조건은 수식 (3)과 같다.

$$D_s > D_n + Offset, \quad (3)$$

$D_s$ 는 지상 단말과 서빙 셀 중심 사이 거리,  $D_n$ 는 지상 단말과 이웃 셀 중심 사이 거리,  $Offset$ 은 위치기반 핸드오버 오프셋을 의미한다.  $Offset$ 은 수식 (4)와 같이 정의한다.

$$Offset = a \cdot \frac{\Delta D_n}{\Delta D_s}, \quad (4)$$

$\Delta D_n$ 은 일정 시간 동안 단말과 이웃 셀 사이 거리,  $\Delta D_s$ 는 일정 시간 동안 단말과 서빙 셀 사이 거리,  $a$ 는 하이퍼 파라미터이다. 단말과 서빙 셀 그리고 이웃 셀 사이 거리 변화의 비율인  $Offset$ 은 단말의 속도와 이

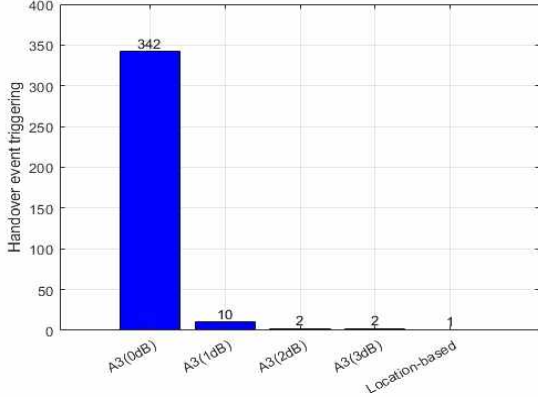


그림 2. 핸드오버 이벤트별 트리거링 빈도수

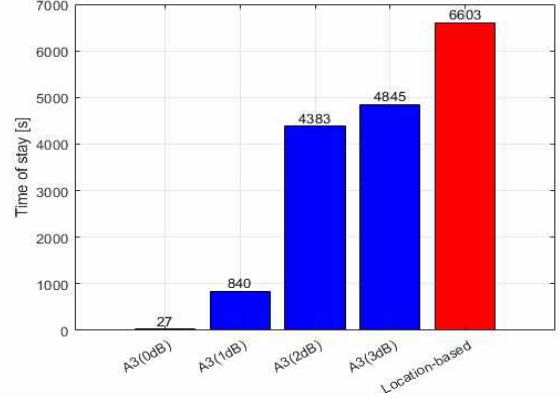


그림 3. 핸드오버 이벤트별 time of stay

표 1. 핸드오버 이벤트 유형에 따른 시뮬레이션 환경

Event	RSRP-based				Location-based
<i>Offset</i>	0 dB	1 dB	2 dB	3 dB	$110 \cdot \Delta D_n / \Delta D_s$
L3 filter K	1	1	1	1	1

동성을 고려한다. 지상 단말과 서빙 셀 중심과의 거리가 지상 단말과 이웃 셀 중심과의 거리와 *Offset*의 합보다 멀어지는 경우 위치기반 핸드오버 이벤트 트리거링 조건을 만족하게 된다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

성능분석을 위한 수신 신호 기반 핸드오버  $A_3$  이벤트와 본 논문에서 제안한 위치기반 핸드오버 이벤트의 핸드오버 성능을 비교하였다.  $A_3$  핸드오버 이벤트는 수식 (5)와 같다.

$$R_n > R_s + Offset, \quad (5)$$

$R_n$ 은 이웃 셀에서의 단말의 RSRP,  $R_s$ 는 서빙 셀에서의 단말의 RSRP, *Offset*은  $A_3$  이벤트 오프셋이다. 이때 수신 신호 기반 핸드오버의 오프셋은 0 dB, 1 dB, 2 dB로 설정한다. 위치기반 핸드오버의 오프셋의 하이퍼 파라미터  $\alpha$ 는 셀의 지름으로 설정하였다. 핸드오버 이벤트가 실행된 후, 이벤트 조건을 유지하는 시간인 time-to-trigger (TTT)는 0으로 가정하였다. 단말의 속도는 30 km/h로 설정하였다. 그림 1의 시뮬레이션 시스템 모델에서 사용한 핸드오버 트리거링 방식에 따른 시뮬레이션 환경은 표 1과 같다.

성능분석을 위한 지표로 핸드오버 트리거링 빈도수와 단말의 평균 time of stay (TOS)를 사용하였다. TOS는 핸드오버 이벤트 트리거링이 일어나기 전까지 단말이 서빙 셀에서 서비스받는 시간을 의미한다. 그림 2는 핸드오버 이벤트 유형에 따른 핸드오버 트리거링 발생 빈도수를 나타낸다. 수신 신호 세기를 통한  $A_3$  이벤트는 오프셋이 증가할수록 핸드오버 트리거링 빈도수가 점점 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 제안하는 위치기반 핸드오버 이벤트를 사용하였을 때, 핸드오버 트리거링 빈도수가 1번으로 가장 작다. 그림 3은 핸드오버 이벤트별 TOS를 나타낸다.  $A_3$  이벤트에서 오프셋이 증가할수록 TOS가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 위치기반 핸드오버 이벤트는 수신 신호 세기 기반 핸드오버 이벤트 중 TOS가 가장 큰 오프셋이 3 dB인  $A_3$  이벤트보다 TOS가 약 73% 더 크다. 제안하는 위치기반 핸드오버 이벤트를 사용하였을 때 TOS가 가장 크므로 단말의 서비스 지속성이 가장 길다고 할 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서는 기존의 수신 신호 기반 핸드오버 이벤트의 불필요한 핸드오버 이벤트 트리거링을 방지하기 위해서, 셀과 단말의 위치정보를 활용한 위치기반 핸드오버 이벤트를 제안하였다. 시뮬레이션 결과 기존의 수신 신호 세기 기반 핸드오버 이벤트 방식보다 제안하는 위치기반 핸드오버 이벤트가 불필요한 핸드오버 이벤트 트리거링 빈도 수가 감소 되고, 서비스 지속성이 가장 긴 것을 확인하였다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021-0-00794, 3차원 공간이동통신 기술 개발)

#### 참고 문헌

- [1] E. Juan, M. Lauridsen, J. Wiggard 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.