

3GPP NTN에서 불필요한 핸드오버 감소를 위한 회귀 기반 조건부 핸드오버 기법

빈경민, 김수민, 김준수*

한국공학대학교

been1996@tukorea.ac.kr, suminkim@tukorea.ac.kr, *junsukim@tukorea.ac.kr

Regression-based Conditional Handover for Unnecessary Handover Reduction in 3GPP NTN

Gyoungmin Been, Su Min Kim, Junsu Kim*

Tech University of Korea

요약

3rd Generation Partnership Project (3GPP)는 기존 셀룰러 시스템의 서비스 공백을 해소하고 증가하는 모바일 연결 수요를 충족하기 위해 비지상 네트워크 (non-terrestrial network, NTN)를 제안하고 표준화하였다. 높은 이동성을 보장하기 위해 conditional handover (CHO)가 도입되었지만, 저궤도 위성 기반 NTN에서는 잦은 핸드오버 준비로 인해 상당한 시그널링 오버헤드가 발생한다. 기존 연구에서는 위치 기반 핸드오버 기법으로 이러한 문제를 완화할 수 있으나 global navigation satellite system (GNSS)에 대한 높은 의존성을 전제로 하는 한계를 보여준다. 본 논문에서는 GNSS 정보를 사용하지 않고 SNR 경향성을 활용하는 회귀 기반 CHO 기법을 제안한다. 또한 시뮬레이션을 통해 제안한 방식이 불필요한 핸드오버를 감소시켜 시그널링 오버헤드를 줄일 수 있음을 확인한다.

I. 서 론

3rd Generation Partnership Project (3GPP)는 기존의 셀룰러 이동통신의 서비스 영역의 공백을 줄이고 더 많은 모바일 연결에 대한 수요를 충족하기 위해 비지상 네트워크 (non-terrestrial network, NTN)를 제안하고 표준화하였다[1]. NTN의 높은 이동성을 보장하기 위해, 3GPP는 baseline handover (BHO)를 보완하는 방식으로 conditional handover (CHO)를 채택하였다. 하지만 CHO는 저궤도 위성 (low Earth orbit, LEO)이 포함된 NTN 시스템에서 빠른 핸드오버를 위한 준비로 인해 상당한 시그널링 오버헤드를 유발한다. 고도 600km의 LEO 위성은 궤도를 유지하기 위해 매우 빠른 속도로 움직여야 하며, LEO 위성은 지상의 반경 25km 셀을 약 7초 만에 통과하게 된다. 이러한 조건에서 빈번한 핸드오버 준비와 인접 셀과의 지속적인 제어 신호 교환으로 인해 시그널링 오버헤드를 증가시키게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 [2]의 연구에서는 LEO 위성 네트워크를 위한 위치 기반 핸드오버 기법을 했다. 하지만 위치를 기반으로 하는 핸드오버 방식은 UE가 global navigation satellite system (GNSS) 기능을 사용함을 기본으로 가정한다. 본 논문에서 제안하는 핸드오버 기법은 GNSS에 의존하는 방식이 아닌 SNR 신호의 경향성을 활용하여 NTN 시스템을 위한 CHO 기법을 제안한다. 이 방식은 기존 CHO의 시그널링 오버헤드 문제를 완화할 뿐 아니라 위치 기반 기법을 사용하지 않아 GNSS의 의존성을 낮출 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인한다.

II. 시스템 모델

본 논문의 사용하는 시스템 모델은 그림 1과 같이 UE와 코어 네트워크 간의 연결을 제공하는 고도 600 km 상공의 LEO로 구성되어 있다. LEO는 직경 50 km의 범 풋프린트를 갖고 있으며 각 위성은 고정된 범위를 유지하고 있다. 이는 위성이 궤도를 따라 움직이면서 함께 움직이는데, 이러한 운용 방식을 Earth-moving cell mode라 한다. 기존 지상망에서 핸드오버는 주로 UE의 이동으로 잦은 핸드오버가 발생하지만 Earth-moving cell 시나리오에서는 고속으로 이동하는 셀 자체가 잦은 핸드오버의 주된 원인

이 된다. 본 논문에서는 Earth-moving cell 시나리오를 대상으로 잦은 핸드오버 발생을 완화하기 위한 핸드오버 메커니즘을 분석한다.

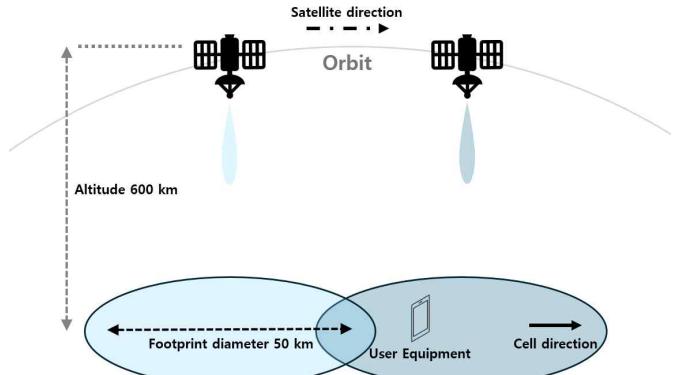


그림 1. 시스템 모델.

III. 제안하는 기법

본 논문에서 제안하는 기법은 SNR의 경향성을 통해 target 셀의 연결 지속성을 파악한다. CHO의 candidate를 생성할 때 target 셀에서 UE와의 SNR 기록을 선형 회귀를 통해 기울기를 계산한다. 각각의 기울기는 SNR의 경향성을 나타내며 이중 기울기가 양의 방향으로 향하는 값들을 정리한 후 softmax 함수를 통해 candidate의 우선순위를 설정하게 된다. 이후 핸드오버 트리거 이벤트가 발생할 때 미리 생성해둔 candidate 중 우선순위가 높은 셀을 target 셀로 선택하고 핸드오버를 진행한다. 양의 방향의 기울기를 가진 후보들을 사용하는 이유는 SNR의 경향성이 점점 증가하는 추세를 보이면 UE와 셀의 거리가 가까워 점을 보여준다. 이는 핸드오버를 한 후 더욱 긴 시간 동안 연결될 수 있음을 보여준다.

그림 2는 CHO 과정에서 SNR 경향성을 정보를 활용하기 위한 전체 CHO 절차를 요약한 내용이다. 먼저 UE는 주기적으로 serving 셀 및 target 셀로부터 L3 필터링된 SNR을 측정하고 이벤트 조건을 평가하여

CHO의 preparation 진입 여부를 확인한다. 만약 이벤트 조건을 만족하면 UE는 serving 셀로 measurement report를 전송한다. 이후 serving 셀은 target 셀의 이전 몇 타임과 현재 SNR을 선형 회귀를 통해 계산하여 경향성을 파악하고 후보 target 셀의 우선순위 리스트를 구성한다. 이 과정에서 SNR의 경향성이 좋지 않은 셀들은 리스트에서 제거된다.

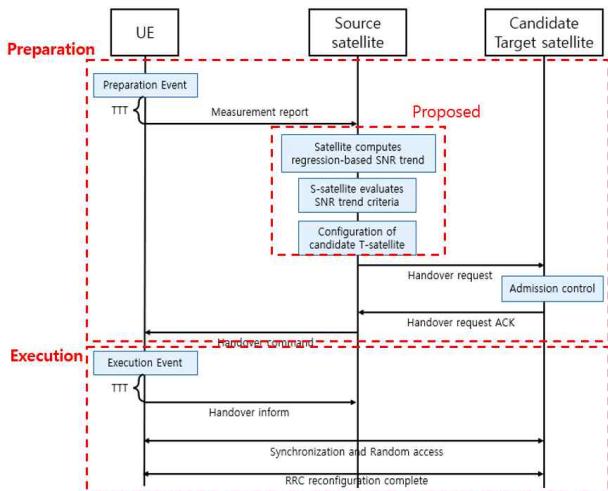


그림 2. 선형 회귀 기반 핸드오버 절차.

IV. 성능 평가

시뮬레이션 모델은 고도 600 km를 갖는 LEO 위성과 그 빔의 반경이 25 km인 NTN 시스템을 사용한다. 네트워크의 전체 면적은 400 km × 400 km를 사용하며 UE의 위치는 랜덤하게 생성된다. 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 3GPP 표준값으로 중심 주파수는 2 GHz, 대역폭은 10 MHz, EIRP는 34 dBW/MHz로 설정한다[3]. 또한 시뮬레이션의 성능 평가 지표로는 unnecessary handover (UHO)를 사용한다. UHO는 UE가 셀에 머무는 시간이 1초보다 작은 때를 기준으로 측정한다[4].

그림 3은 UHO 이벤트 발생 횟수를 operation/UE/min 값으로 측정한 다양한 핸드오버 기법의 결과를 보여준다. CHO 방식은 가장 높은 UHO를 보여준다. CHO 방식은 사전 준비 절차에서 미리 candidate를 생성하며 핸드오버 실행 조건을 만족하는 즉시 바로 핸드오버를 실행한다. 이는 더 좋은 SNR을 제공하는 셀로 빠르게 전환할 수 있지만 NTN 환경에서는 불필요한 핸드오버가 자주 발생한다. BHO 방식 또한 NTN 환경에서 핸드오버의 자연으로 인해 높은 UHO 결과를 보여준다. 제안한 LR-CHO 방식과 LHO 방식 둘 다 CHO와 비교해서 상당히 낮은 UHO 횟수를 보여준다. 이는 제안한 방식이 효과적으로 시그널링 오버헤드 문제를 해결할 수 있음을 보여준다. 또한 LHO와 비슷한 감소량을 보여주는데 GNSS가 없는 환경에서도 효과적으로 UHO를 줄일 수 있음을 보여준다.

V. 결론

본 논문에서는 3GPP NTN 환경에서의 시그널링 오버헤드 문제를 완화하기 위해 선형 회귀 기반 CHO 기법을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 또한 기존 위치 기반 핸드오버 방식의 높은 GNSS 의존성 문제를 고려하여 위치 기반 정보를 사용하지 않는 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 선형 회귀를 사용하여 SNR의 경향성을 계산하고 이를 기반으로 우선순위를 부여하여 UHO 발생을 줄인다. 시뮬레이션 결과 제안된 기법은 기존 핸드오버 기법 대비 불필요한 핸드오버 발생을 효과적으로

줄여 NTN 시스템에서의 시그널링 오버헤드를 크게 줄일 수 있음을 검증하였다. 한편, 제안된 기법은 기존 위치 기반 방식과 비교하여 유사한 성능을 보이지만 보다 SNR 정보를 기반으로 계산하기 때문에 GNSS를 사용하는 결과보다는 약간 낮은 성능을 보여준다. 향후 연구에서는 이를 보완하여 다양한 경향성에서의 더욱 정확한 핸드오버 결정 여부를 검증할 필요가 있다.

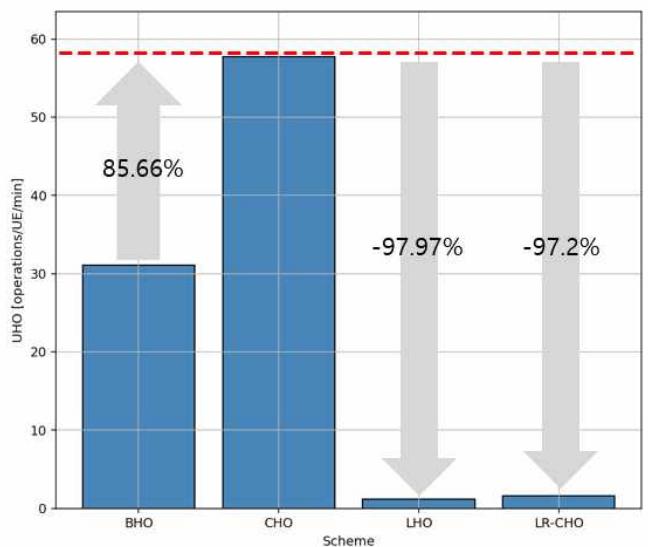


그림 3. 핸드오버 방식에 따른 UHO 성능 비교.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 학석사연계ICT핵심 인재양성 지원(IIP-2025-RS-2022-00156326, 50%)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2021R1 A2C1013150, 50%)을 받아 수행된 연구임

참 고 문 헌

- [1] Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN) (Release 16), TR 38.821, Dec. 2019.
- [2] E. Juan, M. Lauridsen, J. Wigard, and P. Mogensen, “Location-based handover triggering for low-earth orbit satellite networks,” in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC2022-Spring) , Jun. 2022, pp. 1–6.
- [3] E. Juan, M. Lauridsen, J. Wigard, and P. Mogensen, “Handover solutions for 5G low-earth orbit satellite networks,” IEEE Access, vol. 10, pp. 93 309–93 325, 2022.
- [4] 5G NR Radio Resource Control (RRC) Protocol specification, 3GPP TS 38.331, Jul. 2020.