

본 논문에서 저궤도 위성 네트워크 환경에서 조건부 핸드오버 성능을 분석한다. 조건부 핸드오버는 preparation 구간과 execution 구간으로 나뉘어서 핸드오버를 결정하고 수행한다. 특히, Execution 구간에서 핸드오버 조건을 만족하는 경우에만 단말이 주도하여 핸드오버를 수행한다. Execution 구간에서 핸드오버 마진 값을 변경하면서 핸드오버 성능을 비교하였다.

I. 서론

3rd generation partnership (3GPP)는 핸드오버의 성능을 향상시키기 위해 조건부 핸드오버를 제안하였다. 조건부 핸드오버를 사용하는 경우 기존에 핸드오버에 비해 핸드오버 실패율을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 하지만 대부분의 연구는 지상 네트워크 환경에서 진행되었기 때문에, 비 지상 네트워크 환경에서의 연구도 필요하다. 본 논문에서는 저궤도 위성 네트워크 환경에서 조건부 핸드오버에서 핸드오버를 수행하는 execution 구간에서 핸드오버 마진 값에 따른 성능을 비교하였다.

II. 시스템 모델 및 조건부 핸드오버

본 논문에서 고려하고 있는 시스템 모델은 1개의 저궤도 위성과 N 개의 단말로 구성되어 있다. 저궤도 위성은 regenerative payload를 포함하며, 기지국의 역할을 수행한다. 저궤도 위성은 7.56 km/s 속도로 움직이며, 움직임에 따라 빔도 동일하게 움직이는 moving beam을 사용한다. 저궤도 위성은 61개의 빔을 가지고 있으며, 0~1티어의 19개의 빔만 운용한다 [1].

조건부 핸드오버는 기존의 핸드오버와 달리 preparation 구간과 execution 구간으로 구성된다. 단말이 특정 이벤트를 만족하는 경우 preparation 구간이 시작되고, measurement report (MR) 메시지를 serving cell로 전송한다. Serving cell은 핸드오버를 결정한 후, 조건을 만족하는 모든 neighboring cell들에게 핸드오버 요청 메시지를 전송한다. 그 후, serving cell은 핸드오버 command 메시지를 단말에게 전송한다. 단말이 핸드오버 command 메시지를 수신하면, execution 구간이 시작된다. 단말은 바로 핸드오버를 수행하지 않고, 신호의 세기를 추가적으로 측정한다. 측정한 후, 조건을 만족하는 가장 좋은 neighbor cell을 target cell로 선택하고 핸드오버를 수행한다.

III. 시뮬레이션 결과

성능 분석을 진행하기 위해서 Riverbed Modeler의 long term evolution (LTE) 모델을 사용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 각 시뮬레이션 파라미터는 [1]에 system level simulation (SLS) 파라미터를 사용하였다. Time-to-trigger (TTT)의 값이 증가할수록 추가적인 지연 시간이 증가하므로 0으로 설정하였다. Preparation 구간에서의 핸드오버 마진 값은 0으로 설정하였으며, execution 구간에서의 핸드오버 마진 값으로 $0 + x$ 의 값으로 설정하였다.

그림 1은 핸드오버 마진 값에 따른 핸드오버 실패율과 불필요한 핸드오버 비율을 나타낸다. 핸드오버 실패율은 state 2와 state 3에서 발생한 핸드오버 실패율 [2]의 합을 핸드오버 시도 횟수로 나누어 계산하였다. 또한, 불필요한 핸드오버는 short time-of-stay와 ping-pong 횟수의 합을 핸드오버 성공 횟수로 나누어서 계산하였다. 핸드오버 마진 값이 2 dB와 3 dB인 경우, target cell의 신호가 좋을 때 핸드오버를 수행한다. 핸드오버를 수행한 후 target cell이 된 serving cell의 신호의 세기가 감소하기 때문에

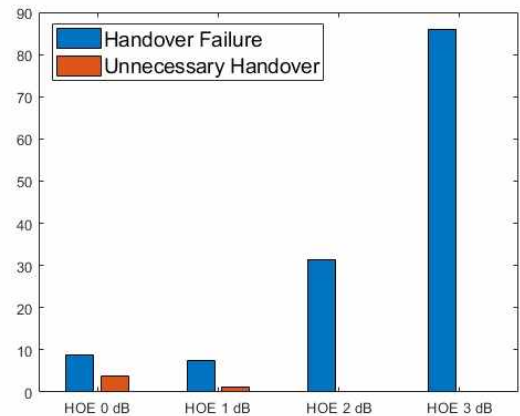


그림 1. 핸드오버 마진 값 변화에 따른 핸드오버 실패율 및 불필요한 핸드오버 비율

핸드오버 command 메시지를 수신하지 못하여 핸드오버 실패율이 증가한다. 하지만, target cell이 신호의 세기가 좋은 상황에서 핸드오버를 수행하므로 불필요한 핸드오버를 줄일 수 있다. 0 dB와 1 dB인 경우, 핸드오버 preparation 구간과 execution 구간과 핸드오버 마진 값에 차이가 적고 TTT가 없으므로 4% 미만의 불필요한 핸드오버가 발생한다. 하지만, target cell의 신호의 세기가 증가하기 시작할 때 핸드오버를 수행하므로 핸드오버 실패율을 10% 미만으로 감소시킬 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 저궤도 위성 환경에서 조건부 핸드오버 성능 분석을 진행하였다. 성능 분석 결과, 저궤도 위성 환경에서 preparation 구간과 execution 구간에서 핸드오버 마진 값이 차이가 적을 때, 불필요한 핸드오버가 존재하지만, 핸드오버 실패율을 크게 감소시키는 것을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1A4A1030775).

참고 문헌

- [1] 3GPP, "Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN) (Release 16)," TR 38.821 V1.0.0, Dec. 2019.
- [2] 3GPP TR 36.839, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Mobility Enhancements in Heterogeneous Networks (Release 11)," V11.1.0, Dec. 2012.