

실제 환경에서 Wireless Insite 를 활용한 채널 모델링과 핸드오프 파라미터에 따른 성능 분석

권용민¹, 김광해¹, 김덕경^{1*}
인하대학교¹

hvdben@naver.com¹, zxcv321258@naver.com¹, kdk@inha.ac.kr^{1*}

Channel modeling using Wireless Insite in real environments and handoff performance analysis

Yong Min Kwon¹, Gwang hae Kim¹, Duk Kyung Kim^{1*}
Inha University¹

요 약

본 논문은 Wireless Insite 를 활용하여 구현한 송도지역과 청라지역에서 환경적 요소에 따라 핸드오프 조건 Event A3 의 Hysteresis 가 다르게 선택되어야 함을 보였다. 추가로 핸드오프를 진행하기 전 Filter 를 통과시켜 불필요한 핸드오프를 줄여주었다. 시뮬레이션 결과에서는 본 논문에서 설정한 두 지역에서 SNR CCDF 의 값과 핸드오프 발생 횟수를 비교한 결과 적정 Hysteresis 의 차이가 발생함을 보였고, 핸드오프가 발생하지 않았을 경우보다 핸드오프가 발생했을 경우 더 좋은 성능을 보였다.

I. 서론

핸드오프는 이동통신 가입자가 이동할 때 통화 채널을 자동으로 전환시켜 통화를 끊어지지 않게 해주는 기술이다. 핸드오프 발생 시 조건이 없다면 다양한 문제들이 발생한다. 대표적인 문제로는 빈번한 핸드오프로 인한 통화품질의 저하이다. 실제 환경에서는 단말이 NLOS 환경과 LOS 환경이 섞여져 있는 복잡한 환경에서 이동을 하는 경우가 많고, 건물들에 의한 페이딩의 영향을 많이 받게 된다. 이러한 실제 환경에서 매번 가장 좋은 신호를 선택하는 방법을 택하면 핸드오프가 빈번하게 발생하여 통화품질이 더 떨어지는 경우가 발생한다. 기존의 연구에서는 이러한 문제들에 대해 다양한 핸드오프 조건을 제시하였다[1]. 기존 연구에서는 실제 환경이 아닌 건물의 위치를 주어진 영역에서 무작위로 지정하여 오프셋을 설정을 시도하였다[2][3]. 하지만 본 논문에서는 Wireless Insite를 활용하여 환경이 다른 실제 두 지역에서 Hysteresis가 다르게 설정되어야 함을 보였다. 기존의 핸드오프 성능지표로 사용된 SNR의 CCDF와 핸드오프 발생 횟수를 활용하였다. 또한 수신 신호를 필터에 통과시켜 핸드오프 진입 상태 이후 페이딩에 의한 성능 저하를 줄여주었다[3].

수식(1)과 (2)에서 M_n, M_p 는 각각 이웃한 셀에서의 RSRP, 현재 제공되는 셀의 RSRP 이다. hys 는 hysteresis 이고 Off 는 Event A3 의 오프셋이다.

2.2) Filter

핸드오프 Event A3 조건으로 불필요한 핸드오프를 줄일 수 있지만, 실제 환경에서는 높은 건물들 등과 같은 장애물에 의한 페이딩으로 인해 단말이 신호를 수신할 때 특정 지점에서 현재 수신되고 있는 기지국 신호의 세기가 이웃한 셀 신호의 세기보다 작아지는 지점이 발생한다. 물론 Event A3 의 TTT 가 이러한 상황을 방지해주지만, 추가적으로 페이딩 효과를 방지하기 위하여 3GPP 에서는 Filter 를 제시하였다[1]. 본 논문에서 사용된 Filter 의 Coefficient 는 [3]에서 제시한 핸드오프 효율이 제일 좋은 $k = 4$ 로 지정하였다. 식 (3)에서는 사용된 Filter 를 수식으로 나타냈다.

$$F_n = (1 - a)F_{n-1} + aM_n \left(a = \frac{1}{2^{(k/4)}} \right) - (3)$$

F_n, F_{n-1} 은 계산된 측정값이다. M_n 은 실제 측정값이고, k 는 Filter Coefficient 이다.

2.3) 환경 및 변수

II. 시스템 모델

2.1) 핸드오프 Event A3

본 논문에서는 3GPP 에서 제시된 Event A3 에서 진행하였다[1][2]. 핸드오프 Event A3 는 이웃 셀이 현재 셀보다 오프셋만큼 좋아질 경우 핸드오프 진입 상태에 들어선다. 핸드오프 진입 상태에서 Time To Trigger(TTT) 시간 동안 핸드오프 진입 조건을 만족하면 핸드오프가 발생한다. 그 후 진입 조건의 반대의 경우 종료 상태에 들어선다. 식 (1)과 식 (2)에서는 진입 상태 조건과 종료 상태 조건을 수식으로 나타냈다.

$$M_n - hys > M_p + Off - (1)$$

$$M_n - hys > M_p + Off - (2)$$



그림 1. WI로 구현한 실제 청라지역



그림 2. WI로 구현한 실제 송도지역

그림 1 과 그림 2 는 시뮬레이션에서 사용한 지역과 단말의 이동 경로, 기지국의 위치를 Wireless Insite 로 구현한 모델이다. 이때, 실제 두 도시의 도시정보를 토대로 구현하였다. 두 지역에서 SNR 과 핸드오프 발생 횟수에 따른 적정 Hysteresis 를 측정하여 서로 다른 환경에서의 Hysteresis 차이를 확인하였다. 이때, 시뮬레이션에 사용된 변수들은 [2][3]에 사용된 변수들을 참고하였다.

표 1 설정 변수

Parameter Description	Symbol	Value
Carrier frequency	f_c	28GHz
Frequency bandwidth	BW	100MHz
T_x Power	T_{x1}, T_{x2}, T_{x3}	0dbm
Car velocity	v	20m/s
Time to trigger	TTT	60ms
Event a3 offset	Off	4dB
Filter Coefficient	k	4

III. 시뮬레이션 결과

3.1) 성능 비교

III에서는 II에서 모델링한 시뮬레이션을 진행하여 단말이 받은 수신 전력을 바탕으로 MATLAB 을 이용하여 Hysteresis 변화에 따른 송도 지역과 청라 두 지역에서의 성능지표를 확인하였다. 이때, 시뮬레이션에서 설정한 변수들은 표 1 에서 설정한 변수를 Wireless Insite 로 구현한 두 도시모델에 적용시켰다. 성능지표는 그림 3, 표 2 와 같이 각 Hysteresis 에 따른 SNR 의 CCDF 와 핸드오프 발생 횟수로 나타났다. 이때, SNR 값은 0.5dB 단위로 증가하면서 비교할 수 있도록 설정했다.

먼저, 하나의 지역에서 Hysteresis 에 따른 SNR CCDF 와 핸드오프 발생 횟수의 변화를 확인하였다. Hysteresis 가 증가함에 따라 SNR CCDF 성능지표가 감소하였다. 송도지역에서 Hysteresis 가 각각 0dB, 15dB 인 경우, CCDF 의 50%에 해당하는 값에 대해 비교를 진행하였다. 이때 측정된 SNR 값은 각각 68.45dB, 71.95dB 으로 3.5dB 차이가 발생하였다. 청라지역도 같은 조건에서 3.5dB 만큼의 차이가 발생하였다. 하지만 손해만 발생하진 않았다. 수신 전력이 감소하는 만큼, 즉 Hysteresis 가 증가하는 만큼 표 2 에서 볼 수 있듯, 핸드오프 발생 횟수가 감소했다. 송도와 청라의 경우 0dB 일 때는 각각 8 개, 11 개, 15dB 일 때 1 개, 0 개로 Hysteresis 에 의한 핸드오프 발생 횟수 차이를 확인하였다.

그 후 송도와 청라 두 환경에서의 비교를 위해 앞선 방법과 같은 방법으로 SNR CCDF 의 50% 지점에서 측정

된 값과 해당 Hysteresis 에서의 핸드오프 발생 횟수를 통해 청라지역과 송도지역에의 두 성능지표가 가장 일치하는 핸드오프 지점을 분석하였다. 청라의 경우 Hysteresis 가 9dB 일 때 CCDF 50% 지점의 SNR 값이 71.6dB 이고, 핸드오프 횟수는 총 4 번이다. 이와 비슷한 값을 가지는 송도의 Hysteresis 는 6dB 이다. 이때 CCDF 50% 지점의 SNR 값은 71.45dB, 핸드오프 횟수는 3 회이다. 비슷한 수신 전력과 핸드오프 횟수를 고려하였을 때, Hysteresis 가 청라의 경우엔 9dB, 송도의 경우엔 비슷한 성능을 위한 Hysteresis 가 6dB로 차이가 발생하였다.

마지막으로 핸드오프가 발생한 경우와 핸드오프가 발생하지 않은 경우를 비교했을 때 핸드오프가 발생했을 때가 더 좋은 성능을 보임을 그림 3 의 SNR CCDF 성능지표로 확인하였다.

3.2) SNR CCDF

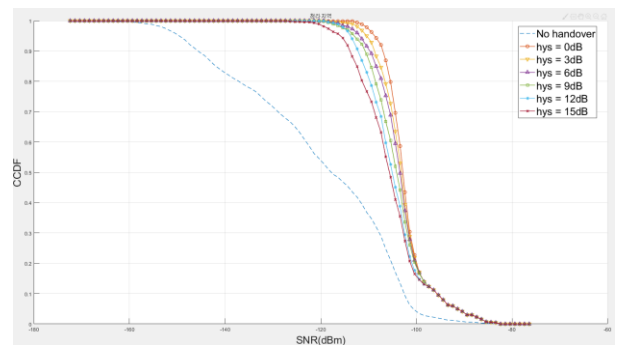


그림 3 청라 지역에서 Hysteresis 에 따른 SNR CCDF

3.3) 핸드오프 발생 횟수

표 2 핸드오프 발생횟수

Hys 지역	0dB	3dB	6dB	9dB	12dB	15dB
청라	8	6	6	4	2	1
송도	11	10	3	1	0	0

IV. 결론

실제 도시 환경에서 핸드오프가 발생할 때 환경에 따라 적정 Hysteresis 의 차이가 있다는 결론을 내릴 수 있었다. 추가로 핸드오프가 발생했을 때의 성능지표와 핸드오프가 발생하지 않았을 때의 성능지표를 통해 핸드오프가 발생했을 때 더 좋은 성능을 보임을 알 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 ETRI 의 지원으로 수행되었음 (No. 2021-0-00748, Tbps 급 무선통신 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS36.331, "E-UTRA Radio Resource Control (RRC): Protocol specification (Release 16)", v16.4.0, March 2021.
- [2] E. A. Ibrahim, M. R. M. Rizk and E. F. Badran, "Study of LTE-R X2 handover based on A3 event algorithm using MATLAB," *2015 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 2015, pp. 1155-1159, doi: 10.1109/ICTC.2015.7354762.
- [3] P. Legg, G. Hui and J. Johansson, "A Simulation Study of LTE Intra-Frequency Handover Performance," *2010 IEEE 72nd Vehicular Technology Conference - Fall, 2010*, pp. 1-5, doi: 10.1109/VETECF.2010.5594477.