

# D2D 통신을 지원하는 이동통신망에서 D2D 단말 위치에 따른 이동통신 및 D2D 통신의 성능 분석

구자현, 배성재, 최범곤, 정민영  
 성균관대학교 정보통신대학

e-mail:{jaheon, noooi, gonace, mychung}@ece.skku.ac.kr

## Performance Analysis on Cellular/D2D Communication According to the Location of D2D Communication Device in Cellular Networks

Jaheon Gu, Sueng Jae Bae, Bum-Gon Choi, and Min Young Chung  
 College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

D2D 통신은 이동통신 단말 간 직접통신을 지원함으로써 단말 간 통신 성능과 무선자원의 사용효율을 향상시킬 수 있는 기술이다. 본 논문에서는 D2D 단말이 기존 이동통신망의 무선자원을 재사용하는 경우 발생할 수 있는 간섭의 영향과 그로 인한 이동통신망의 통신성능을 분석한다. 시뮬레이션을 통해 D2D 단말의 위치, 송신전력, 페어 간 거리에 따른 이동통신 및 D2D 통신의 성능변화를 확인하였으며, 해당 결과는 향후 D2D 간섭완화 관련 연구를 위한 참고자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

최근 스마트폰 보급이 확대되면서 게임, 스트리밍, 클라우드 등의 서비스를 제공하는 어플리케이션의 사용이 활발하게 이루어지고 있다[1]. 이러한 서비스를 이용하는 단말은 대용량 멀티미디어 트래픽을 발생시킴으로써 이동통신망의 한정된 무선자원을 과다하게 점유할 수 있으며, 이로 인해 이동통신망에서는 서비스 끊김, 통신품질 저하 등의 문제가 발생하고 있다.

이동통신망 기반의 단말 간 직접통신 기술(Device-to-Device Communication, 이하 D2D 통신)은 이동통신망의 한정된 무선자원을 더욱 효율적으로 사용할 수 있는 기술로 고려되고 있다[2]. D2D 통신을 수행하는 이동 단말(D2D 단말)은 기지국을 거치지 않고 상호 간 데이터를 직접 교환한다. 이를 통해 D2D 통신은 두 단말 간의 데이터 전송 지연, 기지국과 핵심 네트워크에 발생하는 부하를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 특히 D2D 단말이 다른 이동통신 단말이 사용 중인 무선자원을 재사용하는 경우에는 무선자원의 사용효율이 더욱 커질 수 있다[3].

이동통신 단말과 D2D 단말이 동일한 자원을 이용할 경우에는 상호 간의 신호간섭이 발생할 수 있다. 그림 1은 상향링크 통신 중인 이동통신 개체와 D2D 단말 간 간섭을 나타낸다. 기존 이동통신 단말이 기지국으로 송신하는 상향링크 신호는 D2D 수신단말에 신호간섭으로 작용한다. 또한 D2D 송신단말이 D2D 수신단말로 전송하는 신호는 기지국의 상향링크 신호 수신에 간섭을 미칠 수 있다. 그림 2에서는 하향링크 통신 중인 이동통신 개체와 D2D 단

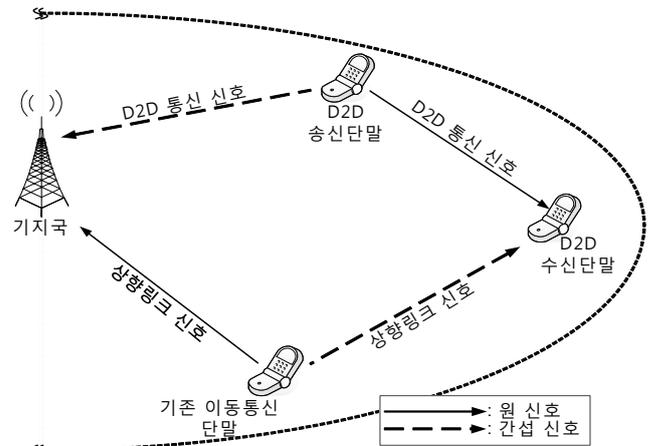


그림 1. D2D 단말의 상향링크 자원 재사용 시 간섭 환경

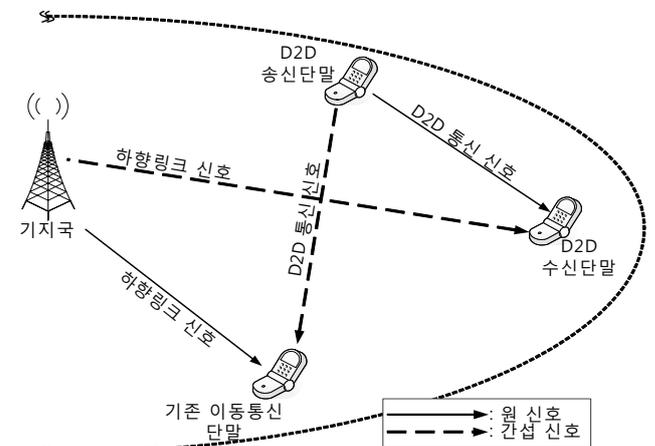


그림 2. D2D 단말의 하향링크 자원 재사용 시 간섭 환경

말 간 신호간섭을 보여준다. 기지국이 기존 이동통신 단말에 송신하는 하향링크 신호는 D2D 수신 단말에 신호간섭이 된다. 또한 D2D 송신 단말이 D2D 수신 단말로 전송하는 신호는 기지국으로부터 하향링크 신호를 수신 중인 기존 이동통신 단말에 간섭이 된다. 신호간섭 제어를 통해 이동통신 기반의 D2D 통신 성능을 향상시키기 위해서는 기존 이동통신 단말 및 기지국과 D2D 통신 단말 사이의 신호간섭에 대한 분석이 선행되어야 한다.

본 논문에서는 D2D 단말의 위치에 따른 이동통신망의 통신성능을 분석한다. 통신성능 분석을 위해 실제 이동통신망의 환경과 유사한 시스템 모델을 정의하며, D2D 단말의 송신전력, 페어 간 거리, 재사용 자원 등을 고려한다. 또한 D2D 송신 단말의 위치 변화에 따라 기지국, 기존 이동통신 단말, D2D 단말의 성능변화를 분석하고 기존 이동통신 및 D2D 통신 성능 보장에 적합한 통신 환경에 대해 논의한다.

**2. 시뮬레이션 환경**

D2D 통신 단말의 위치에 따른 이동통신망의 성능을 분석하기 위하여 그림 3과 같은 시스템 모델을 정의하였다. D2D 통신을 지원하는 네트워크로 FDD(Frequency Division Duplex) 기반의 LTE 네트워크를 고려하며, 이에 따른 19 개의 육각형 셀이 있는 환경을 고려하였다. 각 셀 당 60 대의 기존 이동통신 단말들은 균일한 분포로 셀 내에 임의 배치되었다. 기존 이동통신 단말, 기지국, D2D 단말의 SINR(Signal to Interference plus Noise Ratio) 분석을 위하여 D2D 송신 단말을 중앙 셀 기지국으로부터 직선방향으로 10 m 떨어진 지점에서 500 m 떨어진 지점으로 이동시키며, 기지국과 D2D 송신 단말 사이의 거리에 따른 이동통신 단말, 기지국, D2D 단말의 SINR을 측정하였다. 신호의 경로손실 모델로는 Micro-urban 모델[4]을 적용하였으며, 기존 이동통신 단말의 자원할당에는 RR

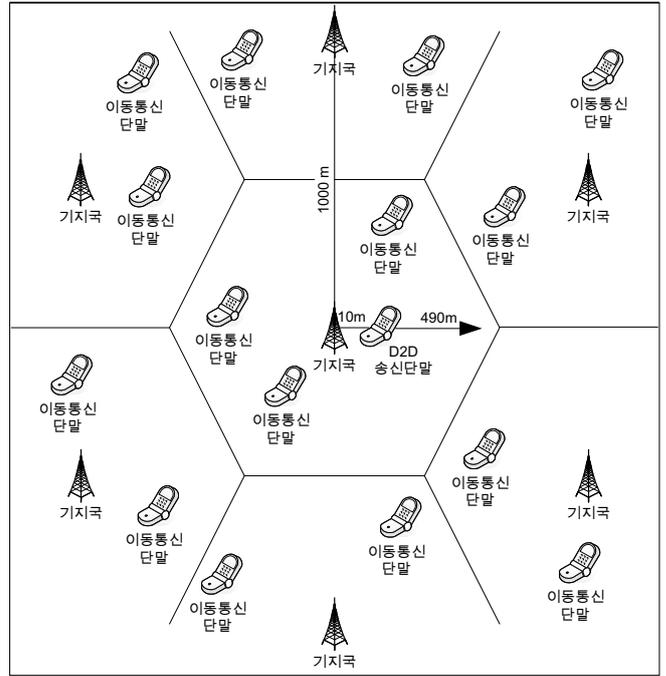


그림 3. 네트워크 구성 모델

(Round-Robin) 스케줄러를 적용하였다. 그 밖의 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

**3. 성능평가 결과**

제시된 시스템 모델에서 이동통신 및 D2D 성능을 확인하기 위하여 C 기반의 시스템 레벨 시뮬레이션을 수행하였다. D2D 송신 단말과 기지국 사이의 거리에 따른 기지국과 기존 이동통신 단말의 SINR은 그림 4와 같다. 상향링크 통신 중인 기지국은 D2D 송신 단말이 자신과 가깝게 있을 때 SINR이 -20 dB 이하로 낮아진다. 또한 D2D 송신 단말이 기지국과 멀어질수록 기지국의 상향링크 SINR은 약 2.39 dB의 SINR에 수렴하여, D2D 통신 단말이 없는 환경에서 기지국이 수신하는 상향링크 신호의 평균 SINR인 2.39 dB과 동일해진다. 반면 하향링크 통신 중인 기존 이동통신 단말은 D2D 송신단말의 위치에 관계없이 약 6.12 dB의 일정한 SINR을 보장받을 수 있음을 확인하였다. D2D 단말이 없는 환경에서 기존 이동통신 단말이 수신하는 하향링크 신호의 평균 SINR이 6.33 dB임을 고려하면, D2D 단말이 존재하는 환경에서 하향링크 통신의 SINR은 평균 0.21 dB 하락했음을 알 수 있다. 이를 통해 기존 이동통신 단말의 SINR은 D2D 단말로부터 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 기지국과 이동통신 단말은 송신전력 및 안테나 이득이 서로 다르기 때문에, 기지국과 이동통신 단말의 SINR이 약 3.94 dB 만큼의 차이가 발생한다. D2D 단말이 송신전력의 세기를 -10 dBm에서부터 10 dBm으로 늘려가는 경우, 기지국이 수신하는 상향링크 신호의 SINR은 감소하였다. 그러나 기존 이동통신 단말이 수신하는 하향링크 신호의 SINR은 약 0.04 dB 정도만 하락하였다. 이는 기지국의 송신하는 하향링크 신호가 43 dBm으로 D2D 단말의 송신전력보다 33~53 dB 더

표 1. 시스템 파라미터

파라미터	값
셀 수	19 셀
셀 당 기존 이동통신 단말 수	60 대
기지국 간 거리	1000 m
반송파 주파수	2.0 GHz
자원블록 당 대역폭	180 KHz
자원블록 수	50 개
시스템 대역폭	상/하향링크 각 10 MHz
자원 블록(RB) 대역폭	180 KHz/RB
자원 블록 수	상/하향링크 각 50 RBs
신호 전송 간격	1 msec
잡음 전력 밀도	-174 dBm/Hz
잡음 지수	5 dB
기지국 송신전력	43 dBm
기존 이동통신 단말 송신전력	10 dBm
D2D 통신 단말 송신전력	24 dBm
기지국 안테나 이득	15 dBi
단말 안테나 이득	4 dBi

높아 간섭에 큰 영향을 받지 않기 때문이다.

그림 5는 D2D 페어 단말 간의 거리가 25 m일 때 기지국과 D2D 단말 간 거리에 따른 D2D 단말의 SINR이다. D2D 단말이 상향링크 자원을 재사용하는 경우 임의의 위치에 존재하는 이동통신 단말이 D2D 단말에 주는 간섭의 평균값은 D2D 단말 위치에 관계없이 일정하다. 따라서 상향링크 자원을 재사용하는 D2D 단말은 자신의 위치에 관계없이 일정한 SINR을 보장받을 수 있다. D2D 단말이 하향링크 자원을 공유하는 경우에는 이동통신 단말에 비해 강한 송신전력을 이용하는 기지국이 D2D 단말에 간섭을 주기 때문에 D2D 단말이 기지국에 가깝게 위치할수록 하향링크 자원을 재사용하는 D2D 단말의 SINR은 급격하게 저하된다. 또한 D2D 단말의 SINR은 D2D 단말의 송신전력 세기의 변화량과 동일하게 확인할 수 있다.

그림 6은 D2D 단말의 송신전력이 10 dBm일 때 D2D 송신 단말과 기지국 사이의 거리에 따른 D2D 단말의 SINR을 나타낸다. 해당 그림에서는 D2D 페어 단말 간 거리가 멀어질수록 D2D 수신 신호의 세기가 약해져 SINR이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 그림 4에서와 동일한 이유에 의해 D2D 단말이 상향링크 자원을 공유하는 경우 기지국과 D2D 단말 사이의 거리에 따른 D2D 단말의 SINR은 최소와 최대가 약 2 dB 정도로 편차가 작다. 반면 D2D 단말이 하향링크 자원을 공유하는 경우 D2D 단말의 SINR은 최대 60 dB의 편차를 가진다.

**4. 결론**

본 논문에서는 D2D 단말이 존재하는 이동통신망에서 D2D 단말과 기지국 사이의 거리에 따른 기지국과 단말들의 SINR 성능을 분석하였다. 그 결과로 D2D 단말이 상향링크 자원을 공유하는 환경에서는 기지국의 SINR이, 하향링크 자원을 공유하는 경우에는 D2D 단말이 D2D 단말과 기지국 사이의 거리에 큰 영향을 받는다는 사실을 확인하였다. 본 논문에서의 간섭분석 결과는 일반적인 상황에서의 간섭 예측에 도움을 줄 것으로 판단되며, 향후 간섭완화를 위한 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**ACKNOWLEDGEMENT**

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2011-0007369)

**참고문헌**

[1] OVUM, "The Commercial Impact of Technology and Market Changes in Telecoms," Feb. 2011.  
 [2] Klaus Doppler et al., "Device-to-Device Communication as an Underlay to LTE-Advanced Networks," IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 12, pp. 42-49, Dec. 2009.  
 [3] Pekka Janis et al., "Device-to-Device

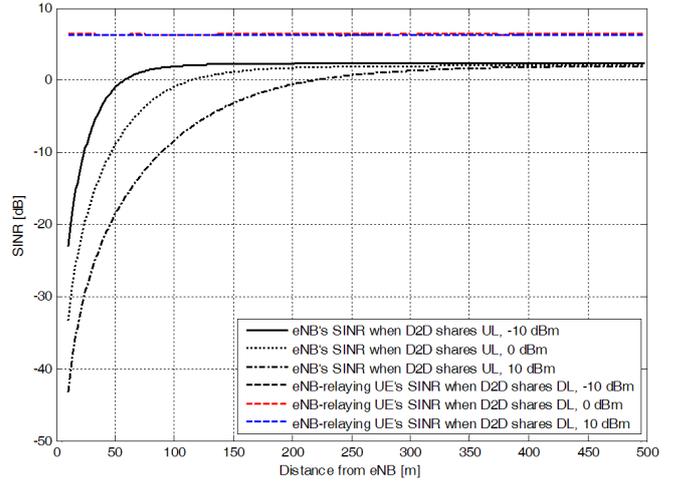


그림 4. 기지국 및 기존 이동통신 단말의 SINR

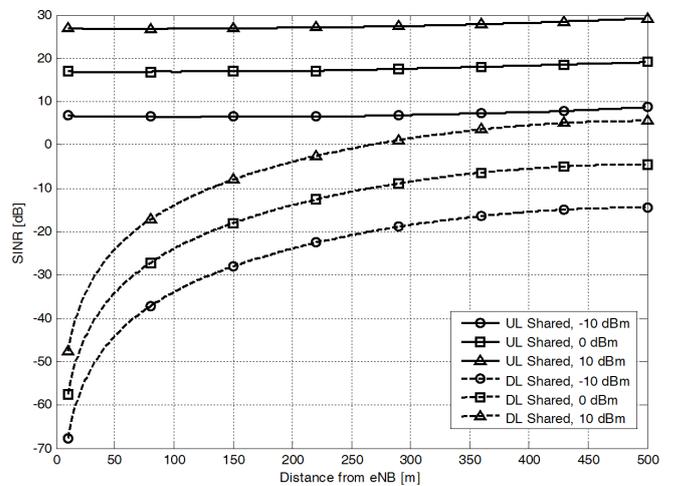


그림 5. D2D 송신전력을 고려한 D2D 단말의 SINR

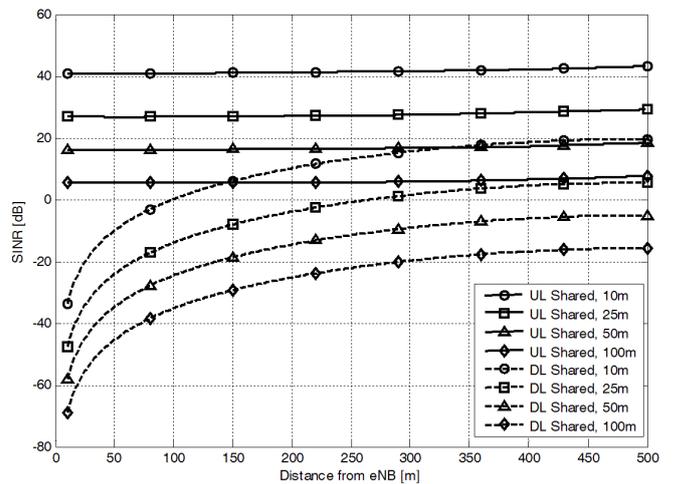


그림 6. 페어 간 거리를 고려한 D2D 단말의 SINR

Communication Underlying Cellular Communications Systems," International Journal on Communications, Network, System Sciences, vol. 2, no. 3, pp. 169-178, June 2009.

[4] ITU-R Report M.2135, "Guidelines for Evaluation of Radio Interface Technologies for IMT-Advanced," 2008.