

LTE-Advanced 망에서 디바이스간 직접통신 방법

이종민°, 홍충선, 송평중*

경희대학교 컴퓨터공학과, *한국전자통신연구원

A Mechanism for Device-to-Device Communication in LTE-Advanced Networks

Jong Min Lee°, Choong Seon Hong, Pyeong Jung Song*

Department of Computer Engineering, Kyung Hee University, *Electronics and Telecommunications

Research Institute

jmlee@networking.khu.ac.kr, cshong@khu.ac.kr, pjsong@etri.re.kr

요 약

본 논문에서는 LTE-Advanced 망에서 적용 가능한 디바이스간 직접 통신을 소개하고 그 방법을 제안한다. 제안한 D2D 통신 방법은 서로 통신할 두 단말이 같은 셀 또는 인접한 셀 내에 위치할 경우 기지국에서 D2D (Device-to-Device) 통신과 셀룰러 통신의 성능을 분석한 후 D2D 통신의 성능이 더 좋다고 결정되면 주파수 할당 메커니즘을 통하여 D2D 통신에 적절한 주파수를 설정한다. 성능 평가에서는 거리에 따라 변하는 D2D 통신과 셀룰러 통신의 성능 비교를 통해 D2D 통신의 효율성을 증명한다.

1. 서론

최근 스마트폰 보급으로 인해 데이터 트래픽이 급격하게 증가하고 있다. 방송통신위원회에 따르면 스마트폰 보급이 가속화됨에 따라 모바일 데이터 트래픽이 지난 1년간 3배 증가되었다고 보고하였다. 앞으로 스마트폰 사용자 수가 더욱 증가할 것이고 이를 이용한 응용 서비스들은 더욱 더 활성화 될 것으로 예상되기 때문에 데이터 트래픽이 지금보다 훨씬 더 증가할 것으로 예상된다. 특히 사람간의 통신을 넘어서 새로운 모바일 시장인 사람과 사물간의 통신, 사물간의 통신 등 사물을 활용하는 사물지능통신까지 활성화될 경우에는 기지국으로 전송되는 트래픽은 감당하기 어려울 정도로 증가할 것으로 예상된다.

따라서 이러한 문제들을 해결할 수 있는 기술이 요구되고 있는데, 최근 그 기술로 이동통신 망에서의 디바이스간 직접통신 기술이 주목 받고 있다. D2D 통신으로 불리는 이 기술은 이동통신에 M2M (Machine-to-Machine)이 융합된 기술로 기지국의 트래픽 수용 능력을 증가시키고 과부하를 줄일 수 있는 기술이다[1].

그러므로 본 논문에서는 3GPP에서 MTC 기술 이후 본격적으로 연구를 진행할 것으로 예상되는 4세대 이동통신 기술인 LTE-Advanced 망에서의 적용 가능한 디바이스간 직접 통신을 소개하고 그 방법을 제안한다

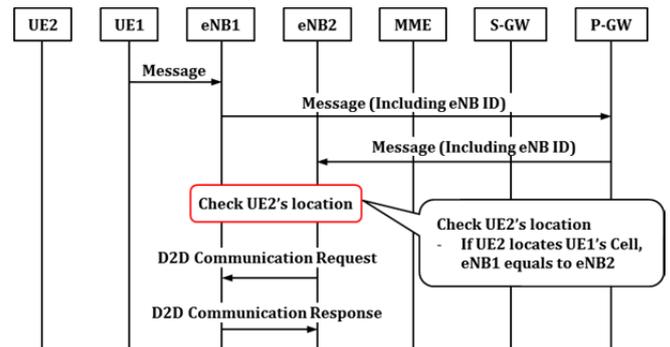


그림 1. 단말 위치 확인 절차

2. D2D 통신 모델

LTE-Advanced 망에서의 D2D 통신이란 동일한 셀 또는 서로 인접한 셀 내의 단말(단말, User Equipment)들이 서로간에 D2D 링크를 설정한 뒤 기지국(기지국, evolved NodeB)을 거치지 않고 데이터를 D2D 링크를 통해서 직접 주고받는 통신을 말한다[2].

D2D 통신에서 기지국은 셀룰러 통신과 D2D 링크의 자원 및 전송 상태를 관리한다. 기지국은 단말과 제어 신호를 지속적으로 주고받음으로써 D2D 통신에 대한 상태를 분석할 수 있고, 분석한 상태 정보를 가지고 D2D 통신 상태를 제어 한다[3].

D2D 통신에 대한 장점으로서는 기지국의 절차감소, D2D 단말들 사이의 전력 감소, 데이터 전송 속도 증가, 망의 수용 능력 증가, 부하 분산, 셀 영역 증가 등이 있다[4]. 예상되는 문제점으로는 주파수 재사용에 따른 간섭 문제, D2D 통신 결정 문제, 과급

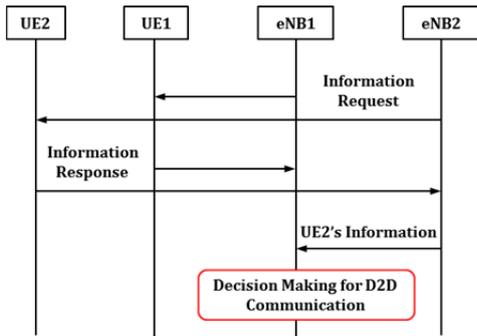


그림 2. D2D 통신 결정 절차

문제, 오류 검사 문제, 보안 문제 등이 있다.

3. D2D 통신 방법

본 논문에서 제안하는 D2D 통신에서는 단말 1은 단말 2에게 데이터를 전송하는 단말이고 단말 2는 단말 1로부터 데이터를 수신하는 단말이다. 또한 단말 1은 기지국 1에 속해있고 단말 2는 기지국 2에 속해 있다. 전체적인 절차를 살펴보면 다음과 같다.

가. 단말 위치 확인 절차

그림 1에서 처음 단말 1이 단말 2에게 데이터를 전송하기 위해 기지국 1로 데이터를 전송하면 기지국 1에서는 EPC (Evolved Packet Core) 망으로 데이터를 전송한다. 이때 기지국 1은 수신 측 기지국인 기지국 2에서 두 단말들이 동일한 셀 또는 서로 인접한 셀에 위치하는지를 판단하는 것을 돕기 위해 자신의 기지국 ID를 신호에 포함시킨다. 이후 EPC에서는 단말 2가 위치한 기지국 2로 데이터를 보내게 되고, 기지국 2에서는 요청신호에 포함된 기지국 ID와 자신이 가지고 있는 인접 기지국 목록의 기지국 ID값들을 비교하여 단말 1과 단말 2가 동일한 셀에 또는 서로 인접한 셀에 위치하는지를 판단한다.

만약 단말 1과 단말 2가 동일한 셀에 위치하고 있는 경우 수신한 신호의 기지국 ID와 수신측 기지국의 기지국 ID가 같으므로 두 단말들이 동일한 셀에 위치해있음을 알 수 있다. 단말 1과 단말 2가 서로 서로 인접한 셀에 위치하고 있는 경우는 수신한 신호의 기지국 ID를 수신측 기지국의 인접 기지국 목록을 통해 찾을 수 있다. 따라서 기지국 2에서는 위와 같은 방법으로 두 단말들이 동일한 셀 또는 서로 인접한 셀에 위치하는지를 판단할 수 있다.

두 단말이 서로 인접한 셀에 위치한 것이 확인된 경우에는 기지국 2에서 D2D 통신 요청 신호를 기지국 1로 보내어 두 단말이 D2D 환경에 있다는 것을 알려준다.

나. D2D 통신 결정 절차

그림 2는 D2D 통신 결정 절차를 나타낸 것이다. 기지국 2에서 기지국 1에게 D2D 통신 요청 신호를 통해 단말 1과 단말 2가 D2D 통신이 가능한 상태라는 것을 알리면, 요청 신호를 받은 기지국 1은 D2D 통신 응답 신호를 기지국 2에게 보낸다. D2D

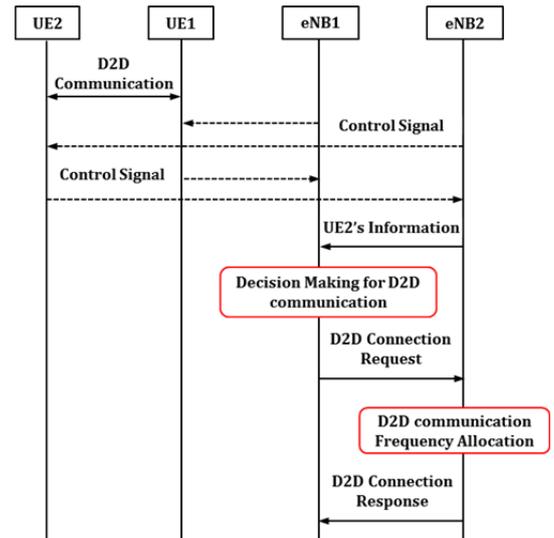


그림 3. 연결 설정 후 유지 관리 절차

통신에 대한 요청과 응답이 이루어지면 두 기지국에서는 자신의 셀에 속해있는 단말들에게 D2D 통신 결정에 필요한 정보를 요청한다. 각 단말들은 요청 받은 신호에 대한 응답으로 자신의 정보를 자신이 속한 기지국으로 전달한다. 기지국에서 단말 1, 단말 2로부터 정보를 받게 되면 D2D 통신 결정 메커니즘을 수행하기 위해 기지국 2에서는 자신이 받은 단말 2의 정보를 기지국 1로 전송한다.

기지국 1은 받은 정보를 가지고 D2D 통신을 이용하는 것이 좋은지 셀룰러 통신을 이용하는 것이 좋은지를 정해진 판단기준에 따라 최종적으로 결정한다. 판단 기준은 성능평가를 통해 거리, 위치, 신호 세기 등에 대한 정보들의 임계값들을 의미한다.

다. 주파수 할당 절차

기지국 1에서 D2D 통신 결정 메커니즘을 통해 D2D 통신의 성능이 셀룰러 통신보다 좋으면 D2D 연결 요청 신호를 기지국 2에게 전송한다.

이때, D2D 연결 요청 신호에는 D2D 통신에 할당할 주파수를 결정하기 위하여 기지국 1의 주파수 할당 목록 정보가 포함된다. 기지국 2에서는 D2D 연결 요청 신호를 받게 되면 자신의 주파수 할당 목록과 기지국 1의 주파수 할당 목록을 비교하여 어떤 주파수를 D2D 통신에 할당할지를 결정한다.

할당할 주파수가 결정되면 기지국 2는 기지국 1에게 결정된 주파수 정보와 함께 D2D 연결 요청 신호를 보낸다. D2D Connection에 대한 요청과 응답을 주고받게 되면 D2D 통신이 가능한 상태가 된다.

라. 연결 설정 후 유지 관리 절차

D2D 통신 연결이 설정되면 두 단말 간 데이터 전송은 기지국을 거치지 않고 전적으로 D2D 링크를 통해서만 이루어진다. 하지만 기지국에서는 D2D 통신 관리를 위해 단말의 이동, 채널 상태, 통신 상태 등의 정보를 알아야 한다. 뿐만 아니라 과금을 측정하기 위해 보낸 데이터량에 대한 정보도 알아야 한다. 이러한 정보들을 알기 위하여 D2D 통신에

서는 그림 3 과 같이 기지국과 단말이 주기적으로 제어 신호를 주고받는 과정을 가진다.

기지국에서는 제어 신호를 통해 D2D 통신에 사용할 주파수 정보, 전송 단말의 송신 신호 세기 등 상태에 대한 정보들을 단말에게 제공한다. 제어 신호를 받은 단말들은 기지국으로부터 받은 상태 정보들을 참고하고, D2D 통신의 송신 신호 세기, 수신 신호 세기, 보낸 데이터량, 채널 상태 등에 대한 정보를 다시 기지국으로 전송한다.

4. 성능 평가

본 논문에서는 D2D 통신과 셀룰러 통신의 비교를 위하여 성능평가를 하였다. 성능 평가를 위한 시뮬레이션 환경은 표 1 과 같다.

표 1. 시뮬레이션 환경

셀 반경	250 m
D2D 통신 단말 수	100
셀룰러 통신 단말 수	100
잡음 강도	-174 dBm/Hz
잡음 지수	5 dB
거리에 따른 path loss	$PL = 15.3 + 37.6\log_{10}(r)$ r 은 송신기와 수신기 사이의 거리
Resource Block 대역폭	180 kHz
Carrier 주파수	2000MHz
System 대역폭	20 MHz

그림 4 는 거리에 따라 변하는 D2D 통신과 셀룰러 통신의 성능 변화를 보여준다. D2D 통신의 성능과 셀룰러 통신의 성능 모두 거리에 따라서 감소하는데 그 폭이 D2D 통신이 더 큰 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 결과보다 D2D 통신의 성능이 셀룰러 통신의 성능보다 110m 지점까지 좋게 나타났다.

그림 5 는 셀 반경 내의 임의로 D2D 통신을 하는 단말과 셀룰러 통신을 하는 단말들을 분포시키고 통신 할 때 성능을 누적분포함수로 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과 D2D 통신의 성능이 셀룰러 통신의 성능보다 낮은 결과를 가지는 경우가 더 많은 것으로 나타났다. 하지만 290Mbps 이상에서는 D2D 통신이 셀룰러 통신보다 많은 결과값을 가졌다.

5. 결론

본 논문에서는 LTE-Advanced 망에서의 D2D 통신 방법을 제안하였다. 하지만 제안한 D2D 통신 방법은 주로 2, 3 계층의 내용인 D2D 통신을 위한 세션 설정 및 주파수 할당을 다루었기 때문에, 실제 링크를 통해 데이터를 송수신 하기 위해서는 물리 계층의 기술적인 변화가 요구된다.

또한 성능 평가 결과, 근거리에서의 D2D 통신 성능은 셀룰러 통신 성능 보다 매우 높게 나타났지만, 110m 를 넘어가게 되면 D2D 통신의 성능이 급격하게 감소하였다. 그러므로 LTE-Advanced 의 D2D 통신은 근접 트래픽으로 제한되어야 될 것이다.

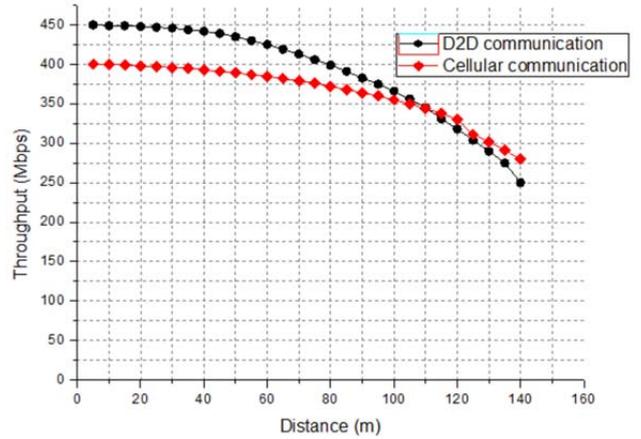


그림 4. 거리에 따른 D2D 통신과 셀룰러 통신

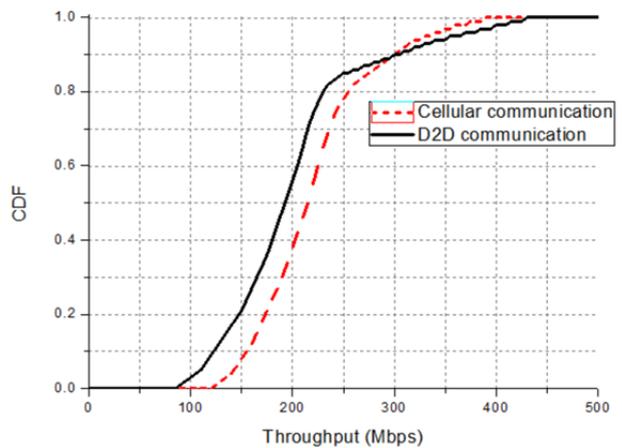


그림 5. D2D 통신과 셀룰러 통신 누적 분포 함수

참고 문헌

- [1] K. Doppler, M. P. Rinne, C. Wijting, C. B. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-Device Communication as an Underlay to LTE-Advanced Networks", IEEE Communications Magazine, vol. 47, no. 12, pp. 42-49, 2009
- [2] 3GPP TS 22.368 v11.0.0, "Service requirements for Machine-Type Communications (MTC); Stage 1"
- [3] K. Doppler, M. P. Rinne, P. Janis, C. Ribeiro, and K. Hugl, "Device-to-Device Communications; Functional Prospects for LTE-Advanced Networks," IEEE International Conference on Communications Workshops, pp.1- 6, 14-18 June 2009
- [4] Tao Peng, Qianxi Lu, Haiming Wang, Shaoyi Xu and Wenbo Wang, "Interference Avoidance Mechanisms in the Hybrid Cellular and Device-to-Device Systems", IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, pp. 617 - 621, 13-16 Sept. 2009
- [5] C. H. Yu, O. Tirkkonen, K. Doppler, and C. Ribeiro, "On the Performance of Device-to-Device Underlay Communication with Simple Power Control", IEEE 69th Vehicular Technology Conference, 2009, 26-29 Apr. 2009, pp. 1