

# 끊김없는 D2D 통신을 위한 EPS 핸드오버 개선 방안

## An Improved EPS Handover Scheme for Seamless D2D Communications

김 증 찬\* · 민 상 원\*\*

\* 주저자 : 광운대학교 전자통신공학과 석사

\*\* 교신저자 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

Jong-Chan Kim\* · Sang-Won Min\*\*

\* Dept. of Electronics & Communications Eng, Univ. of Kwangwoon

\*\* Dept. of Electronics & Communications Eng, Univ. of Kwangwoon

† Corresponding author : Sang Won Min, min@kw.ac.kr

Vol.17 No.4(2018)

August, 2018

pp.168~180

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.4.168>

2018.17.4.168

Received 30 November 2017

Revised 5 January 2018

Accepted 1 July 2018

© 2018. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

### 요 약

모바일 디바이스의 보급과 고품질 서비스의 등장으로 모바일 트래픽이 급격히 증가하여, 셀룰러 네트워크의 과부하가 예상된다. 부하를 줄이고 5세대로 진화하기 위한 방안으로는 D2D 통신이 있다. D2D 통신은 단말 간에 직접 통신하기 때문에 셀룰러 네트워크의 과부하를 줄여, 에너지 효율, 데이터 전송률 그리고 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다. 본 논문은 셀룰러 네트워크에서 D2D 통신을 위한 D2D 핸드오버 방안을 제안한다. 셀룰러 네트워크는 3GPP EPS이며, 제안하는 D2D 핸드오버 방안은 기존 EPS와 D2D 통신의 호환성을 고려하여 기존 EPS 핸드오버 과정을 개선하였다. 또한 네트워크 시뮬레이터인 ns-3를 사용하여 제안하는 핸드오버 방안의 우수성을 입증하였다. 시뮬레이션 결과는 제안한 핸드오버 방안이 기존 핸드오버 방식에 비해 CUE 변화량, 패킷 전달 지연 시간 그리고 처리량 측면에서 우수하다는 것을 입증하였다.

핵심어 : 단말 간 직접 통신, 핸드오버, 셀룰러 네트워크

### ABSTRACT

Due to the spread of mobile devices and the introduction of high-quality services, mobile traffic is expected to increase sharply and overload of cellular networks is expected. D2D communication is a way to reduce the load and evolve to 5th generation. Since D2D communication directly communicates between the terminals, it can reduce the overload of the cellular network and improve energy efficiency, data rate and network performance. This paper proposes a D2D handover scheme for D2D communication in cellular networks. The cellular network is a 3GPP EPS, and the proposed D2D handover method improves the existing EPS handover process considering compatibility between existing EPS and D2D communication. We also demonstrate the superiority of the proposed handover scheme using the network simulator ns-3. Simulation results show that the proposed handover scheme is superior to existing handover methods in terms of CUE variation, packet transmission delay time, and throughput.

Key words : D2D Communication, Handover, Cellular network

## I. 서 론

### 1. 개 요

모바일 디바이스의 보급과 고품질 멀티미디어 서비스, IoT 서비스 등의 새로운 서비스는 4세대 모바일 트래픽을 급격히 증가시키고 있다. 모바일 트래픽의 급격한 증가는 셀룰러 네트워크의 과부하 등의 문제를 발생시켜 셀룰러 네트워크의 성능 저하를 가져온다(Ha and Min, 2013). 현재 상용화 되어있는 4세대 셀룰러 네트워크 시스템인 EPS(evolved packet system)는 새로운 서비스의 요구사항을 수용하기에는 어려움이 있다(Kim et al., 2014). 세계적으로 요구사항을 만족시키기 위해 셀룰러 네트워크 혁신 및 진화를 위한 5세대 셀룰러 통신 기술이 논의되고 있다.

5세대 셀룰러 통신 기술 중 D2D (device-to-device) 통신은 네트워크 인프라의 변경 및 확장과 네트워크를 거치지 않고 단말 간 직접 트래픽을 주고받는다. D2D 통신은 셀룰러 네트워크의 부하를 줄일 수 있다(Fodor et al., 2012). 그 외에도 D2D 통신은 에너지 효율 (energy efficiency), 데이터 전송률 (data rate) 등의 이점을 갖는다(Mancuso et al., 2014) (Kadowaki et al., 2015).

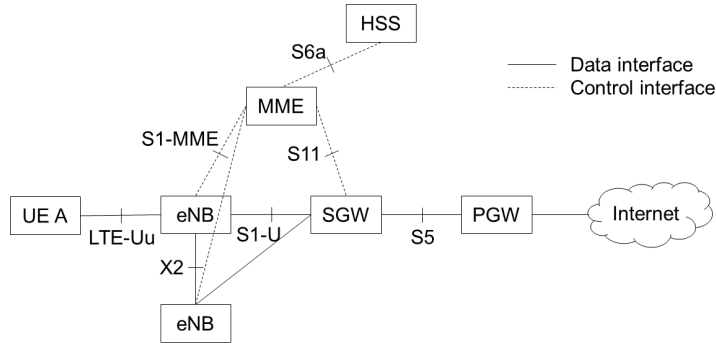
본 논문은 셀룰러 네트워크에서 D2D 통신을 위한 D2D 핸드오버 방안을 제안한다. 셀룰러 네트워크는 3GPP (Third Generation Partnership Project) EPS이며, 제안하는 D2D 핸드오버 방안은 기존 EPS와 D2D 통신의 호환성을 고려하여 기존 EPS 핸드오버 과정을 개선하였다. 또한 네트워크 시뮬레이터인 NS-3 (network simulator)를 사용하여 제안하는 핸드오버 방안의 우수성을 입증하였다. 시뮬레이션 결과는 제안한 핸드오버 방안이 기존 핸드오버 방식에 비해 CUE 변화량, 패킷 전달 지연 시간 그리고 처리량 측면에서 우수하다는 것을 입증하였다.

## II. EPS와 D2D 통신

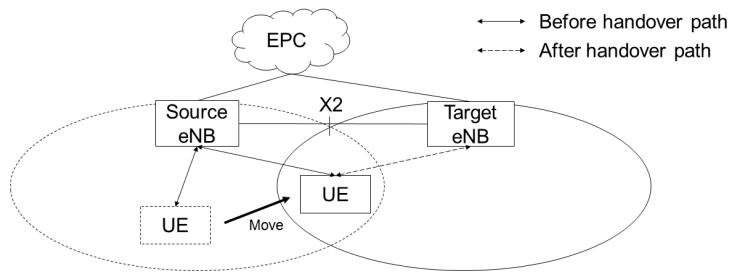
### 1. EPS와 EPS 핸드오버 절차

EPS는 3GPP에서 제정한 표준으로 eNB를 포함한 액세스 (access) 네트워크인 E-UTRAN (evolved-UTRAN)과 코어 (core) 네트워크인 EPC (evolved packet core)로 구성된다. <Fig. 1>은 EPC의 구조를 도식화 한 것이다. E-UTRAN에서 사용되는 이동통신기술은 LTE이며, 구성은 LTE 네트워크에 연결될 수 있는 사용자 단말인 UE (user equipment)와 UE와 LTE 네트워크 간에 무선 연결을 제공하고 베어러 (bearer) 제어, 동적 리소스 할당 등과 같은 리소스 및 액세스 통신 관리하는 eNB (evolved-nodeB)로 되어 있다. EPC의 구성은 S-GW (serving-gateway), P-GW (PDN-gateway), MME (mobility management entity), HSS (home subscriber server)로 되어있다. S-GW는 여러 eNB와 연결되어 eNB 간 핸드오버 수행 시 anchoring point가 되며, P-GW는 IP (internet protocol) 라우팅 및 포워딩, UE IP 주소 할당 등을 담당한다. MME는 인증절차, 이동성 관리, 세션 (session) 관리, 베어러 관리 등을 담당한다. HSS는 사용자 가입정보와 사용자 서비스, 위치 정보를 저장하는 중앙 DB (database)이다.

핸드오버는 사용자의 이동성을 고려하여 지속적으로 서비스를 제공하기 위한 방안이다. <Fig. 2>는 EPS의 핸드오버의 시나리오를 나타낸다. UE는 source eNB 셀에서 target eNB로 이동한다. UE는 자신의 위치에서 source eNB의 수신 신호 세기보다 target eNB의 수신 신호 세기가 더 높다는 것으로 판단하고 source eNB에게 이 사실을 보고한다. Source eNB는 UE는 일정 시간동안 UE의 상태가 지속되면 source eNB에서 target eNB로 핸드오버를 결정한다. Source eNB는 핸드오버 결정 사실을 UE와 target eNB에게 알리고 UE는 source eNB와 연결된 무선 링크를 끊고 target eNB와 무선 링크를 연결하여 서비스를 받는다.



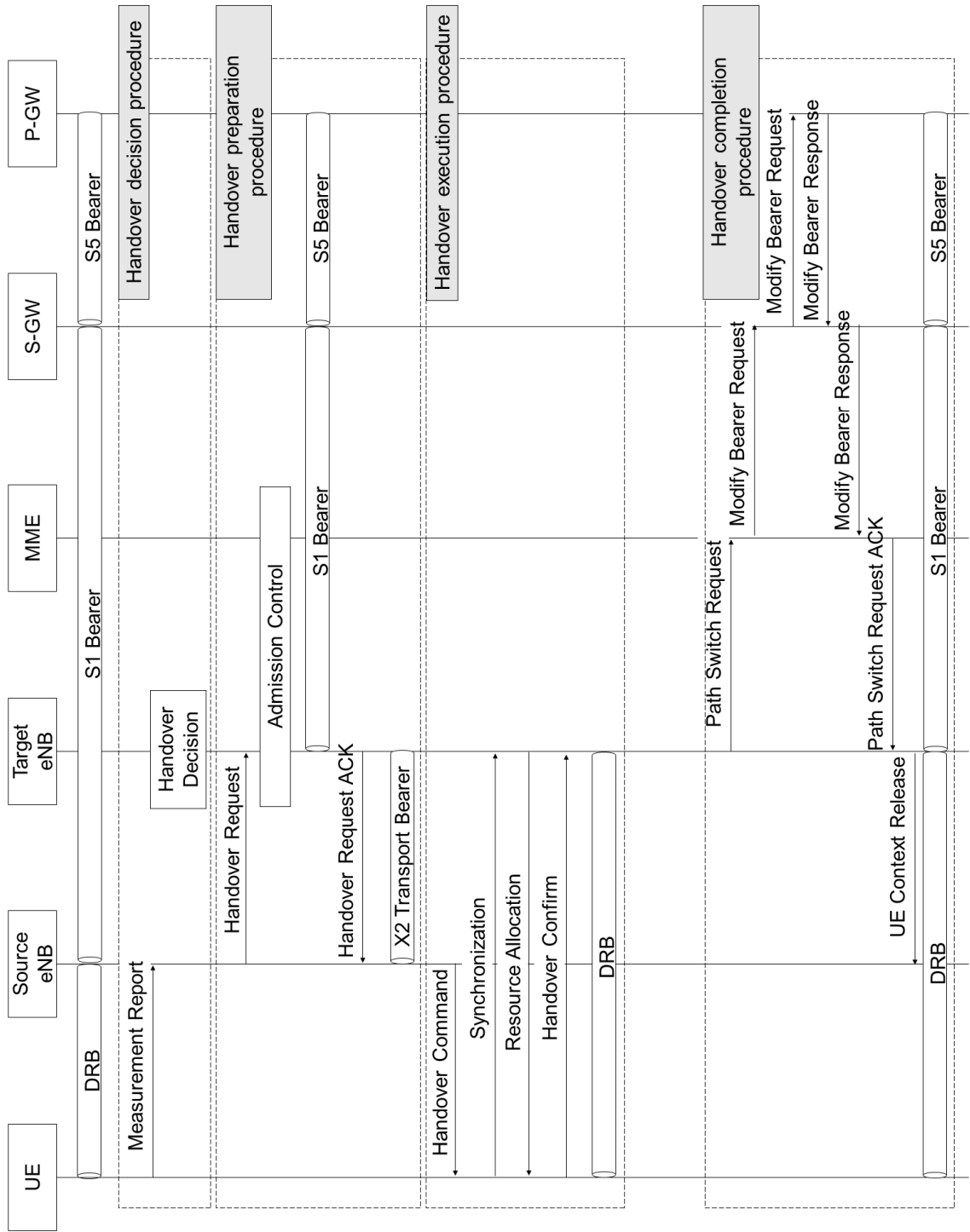
〈Fig. 1〉 EPS network architecture



〈Fig. 2〉 EPS handover scenario

EPS의 핸드오버는 핸드오버 결정단계, 핸드오버 준비단계, 핸드오버 실행단계 그리고 핸드오버 완료단계로 구성된다. 핸드오버 결정단계는 UE에게 보고 받은 정보를 통해 UE의 핸드오버를 결정하는 단계이다. 핸드오버 준비단계는 핸드오버가 결정되고 UE가 source eNB에서 target eNB로 무선 링크를 변경할 경우 서비스를 빠르게 받을 수 있도록 베어러, 리소스 등을 준비하는 단계이다. 핸드오버 실행단계는 핸드오버 준비가 완료되면 UE가 source eNB와 연결된 무선 링크를 끊고 target eNB와 무선 링크를 연결하는 단계이다. 이때 UE가 받고 있던 서비스는 EPC에서 source eNB, target eNB를 거쳐 UE에게 전달된다. 핸드오버 완료단계는 이전 서비스 경로에서 source eNB를 거치지 않고 EPC에서 target eNB 경로로 변경하는 단계이다.

〈Fig. 3〉은 기존 EPS 핸드오버 절차를 나타낸다. 핸드오버 결정단계는 UE의 수신 신호 세기가 measurement event 기준치를 만족하면 UE는 Measurement Report를 source eNB에게 보낸다. Source eNB는 UE의 핸드오버를 결정하여 target eNB에게 Handover Request를 보낸다. Target eNB는 UE에게 서비스 품질을 제공할 수 있을 경우 source eNB에게 Handover Request ACK를 보내고 베어러를 준비한다. 준비가 완료되면, source eNB는 UE에게 Handover Command를 전달하고 UE와 연결된 무선 링크를 끊는다. Handover Command를 받은 UE는 target eNB와 동기화 그리고 리소스 할당을 수행하고 Handover Confirm을 보내 핸드오버 실행단계를 완료한다. 핸드오버 실행단계가 끝나면 target eNB는 MME에게 Path Switch Request를 보내고 S-GW는 P-GW에게 Modify Bearer Request를 전달하여 경로를 변경한다. 경로 변경이 완료되면 target eNB는 source eNB에게 UE Context Release를 보내 UE와 source eNB와 연결된 모든 베어러를 중단한다. 핸드오버 모든 단계가 완료되면 source eNB에게 서비스를 제공받던 UE는 source eNB와 연결된 무선 링크를 끊고 target eNB와 무선 링크를 연결하여 지속적인 서비스를 제공받을 수 있다.

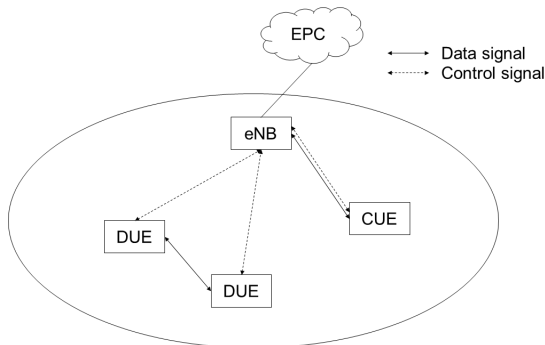


〈Fig. 3〉 EPS handover procedure

## 2. EPS에서의 D2D 통신

D2D 통신은 단말 간에 직접 무선 경로를 설정하여 통신하는 기술이다. D2D 통신은 다양한 표준단체에서 면허 대역과 비 면허대역을 기반으로 분산형과 중앙 집중형으로 표준화가 진행되고 있다. 3GPP에서는 ProSe (proximity service)라는 D2D 통신 관련 표준이 진행되고 있다(3GPP TR 23.703 V12.0.0, 2014)(3GPP TR 23.303 V13.3.0, 2016)(3GPP TR 24.334 V13.3.1, 2016). 그리고 TSG RAN (radio access network) WG (working group)1에서는 ‘Study on LTE Device to Device Proximity Services’란 제목으로 표준화 작업을 진행하고 있으며 IEEE의 802.15 Group에서는 PAC (peer aware communication)라는 명칭으로 D2D 통신관련 표준화 작업을 진행하고 있다(IEEE P802.15-12-0063-02-0pac, 2013).

<Fig. 4>는 D2D 통신이 가능한 EPS를 나타내는 그림이다. EPS 기반의 D2D 통신이 가능한 네트워크에서는 기존 셀룰러 네트워크를 사용하는 CUE (cellular user equipment)와 D2D 통신을 사용하는 DUE (D2D user equipment)가 있다. CUE는 기존의 네트워크 방식처럼 eNB를 통해 서비스를 받고 DUE는 단말 간 직접 데이터를 주고받고 eNB에게 제어를 받아 서비스를 받는다. DUE는 기지국으로부터 단말 탐색, 자원 할당, 스케줄링에 관한 정보를 받아 D2D 통신을 수행한다.



<Fig. 4> D2D-based on EPS

## Ⅲ. D2D 통신을 위한 EPS 핸드오버 개선 방안

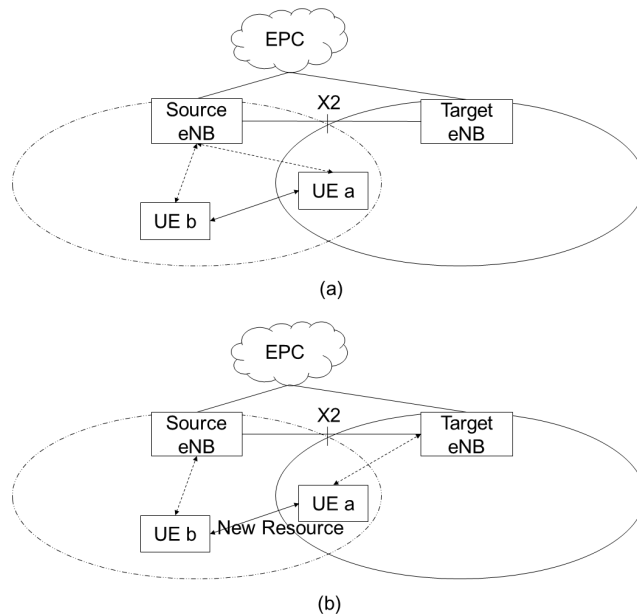
### 1. 제안하는 D2D 핸드오버 전체과정

제안하는 D2D 핸드오버 과정은 4가지 단계로 구성된다. Measurement Report를 통해 핸드오버를 결정하는 D2D 핸드오버 결정단계, target eNB로 이동시 다른 단말과 간섭을 줄이기 위해 준비하는 D2D 핸드오버 준비단계, source eNB와 연결된 무선 링크를 끊고 target eNB와 무선 링크를 연결하는 D2D 핸드오버 실행단계 그리고 단말이 위치한 셀을 알리는 D2D 핸드오버 완료단계로 구성된다. 또한, D2D 통신을 위해 measurement event 테이블이 추가되었으며, D2D 통신 거리와 D2D 통신 가능 여부를 고려하여 핸드오버를 결정하는 D2D 핸드오버 결정방법을 제안하였다. 제안하는 D2D 핸드오버의 준비단계는 D2D 통신으로 연결된 단말이 핸드오버 실행 시 target eNB 영역에 있는 단말과 핸드오버를 실행하는 단말의 간섭을 고려하여 핸드오버를 실행하기 전에 source eNB와 target eNB가 핸드오버를 실행하는 단말과 D2D 통신으로 연결되어 있는 단말의 D2D 리소스를 조율하여 미리 할당하는 절차를 추가하였다. 제안하는 D2D 핸드오버의 실행단계는 단말이

target eNB로 접속 시 발생하는 연결 중단 현상을 줄이기 위해 source eNB를 통해 target eNB로 접속하는 절차를 추가하였다. 마지막으로 제안하는 D2D 핸드오버 완료단계는 기존 핸드오버 절차와 동일하게 target eNB가 MME에게 이동한 단말의 위치 등을 보고하여 이동한 단말의 위치 갱신을 수행한다.

<Fig. 5>는 D2D 핸드오버 과정을 전과 후로 나누어 나타낸다. UE a와 b는 D2D 통신을 이용하고 있다. UE a는 source eNB와 target eNB 셀이 겹치는 위치에서 핸드오버 수행여부를 결정하고 핸드오버를 실행하는 과정이다. <Fig. 5> (a)는 D2D 핸드오버가 실행되기 전으로 D2D 핸드오버 결정단계와 D2D 핸드오버 준비단계를 나타낸다. Source eNB와 target eNB의 수신 신호 세기가 measurement event 값을 만족하면 UE a는 source eNB에게 Measurement Report를 보낸다. Source eNB는 Measurement Report를 통해 D2D 핸드오버를 결정한다. D2D 핸드오버 결정단계가 완료되면 source eNB는 target eNB에게 D2D 통신 정보가 포함된 사용자 정보를 전달하여 target eNB가 UE a에게 서비스 품질을 제공할 수 있는지 확인한다. 서비스 품질 제공이 가능한 경우 source eNB는 UE a와 b에게 target eNB로 이동시 간섭현상을 줄이기 위한 새로운 D2D 리소스를 할당하여 D2D 핸드오버 준비단계를 마친다.

<Fig. 5> (b)는 D2D 핸드오버가 실행된 후로 D2D 핸드오버 실행단계와 D2D 핸드오버 완료단계를 나타낸다. D2D 핸드오버 실행단계에서 UE a와 b는 새로운 D2D 리소스 eNB를 할당 받았기 때문에 D2D 통신을 끊김없이 유지한 상태에서 D2D 핸드오버를 실행한다. UE a는 source eNB를 통해 target eNB와 동기화를 진행하고 새로운 UL를 할당받아 source eNB와 연결된 무선 링크를 끊고 target eNB와 무선 링크를 연결한다. D2D 핸드오버 실행단계가 완료되면 target eNB는 MME에게 UE a의 위치를 보고하고 D2D 핸드오버를 완료한다.



<Fig. 5> Proposed D2D handover procedure (a) before handover, D2D handover decision and preparation step (b) after handover, D2D handover execution and completion step

## 2. 제안하는 D2D 핸드오버 결정단계

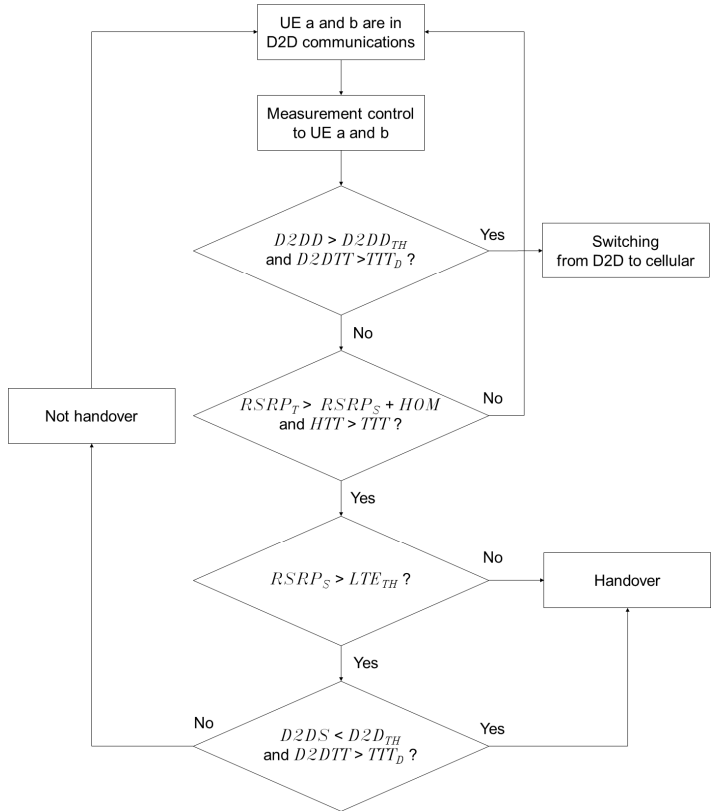
제안하는 D2D 핸드오버 결정단계는 D2D 통신을 이용하는 단말이 measurement event 값을 만족하여 source eNB에게 보낸 Measurement Report로 핸드오버 실행 여부를 결정하는 단계이다. 핸드오버를 결정하기 위해 기존의 measurement event에 event D1, D2를 추가하였고, 핸드오버 결정 알고리즘을 설계했다. <Table 1>은 기존의 measurement event 목록에 event D1, D2를 제안하는 measurement event 추가 테이블이다. Event D1은 D2D 통신을 사용하는 유저가 인근 셀의 수신 신호 세기가 더 좋을 경우 보고하는 measurement event이며 event D2는 D2D 통신 신호가 셀룰러 통신 신호보다 약해 QoS (quality of service)를 보장하지 못할 경우 발생하는 event이다.

<Table 1> Proposed measurement event addition table

Event	Description
D1	When using D2D communication, serving becomes better than threshold
D2	D2D communication becomes better than threshold

<Fig. 6>은 D2D 핸드오버 결정방법을 나타내는 알고리즘이다. Measurement Report로 보고받은 값에 따라 source eNB는 셀룰러 통신으로 전환하거나 핸드오버를 수행한다. 알고리즘의 파라미터로는 D2DD (D2D distance), D2DDTH (D2D distance threshold), D2DTT (D2D trigger time), TTTD (time to trigger of D2D), RSRPS (reference signal received power of source eNB), RSRPT (reference signal received power of target eNB), HOM (handover margin), HTT (handover trigger time), TTT (Time to trigger), LTETH (LTE threshold), D2DS (D2D communication signal) 그리고 D2DTH (D2D threshold)가 있다. 여기서, D2DD와 D2DDTH는 UE a와 b 사이의 거리의 값과 threshold, D2DTT는 D2D 통신의 trigger 시간, TTT는 HOM 조건을 만족하는 시간 간격, HTT는 핸드오버의 trigger 시간 그리고 RSRPS와 RSRPT는 source eNB와 target eNB로부터 수신 신호 세기이다.

제안하는 D2D 핸드오버 결정 알고리즘은 UE a와 b가 D2D 통신을 이용하고 있고 source eNB가 Measurement Report를 받아 핸드오버 결정단계를 시작한다. 첫 번째 조건은 D2D 통신이 근거리 통신이기 때문에 UE a와 b의 거리를 판단하는 조건이다. D2DD가 D2DDTH보다 크다면 UE a와 b의 거리가 멀다 판단하고 D2DTT가 TTTD보다 크다면 불필요한 핸드오버가 아님을 의미한다. 조건식을 만족하면 source eNB는 UE a와 b의 거리가 멀다 판단하여 D2D 통신에서 셀룰러 통신으로 전환한다. 두 번째 조건은 source eNB와 target eNB의 수신 신호 세기를 비교하는 조건이다. UE a의 RSRPT가 UE a의 RSRPS+HOM 값보다 크다면 target eNB가 source eNB의 수신 신호 세기보다 크다고 판단하고 UE a의 HTT가 TTT보다 크다면 불필요한 핸드오버가 아님을 의미한다. 조건식을 만족하지 않으면 핸드오버는 발생하지 않는다. 세 번째 조건은 UE a의 source eNB 수신 신호 세기와 LTE 신호 세기 threshold을 비교하는 조건이다. Source eNB의 수신 신호 세기가 LTE 신호 세기 threshold보다 낮으면 핸드오버를 결정한다. 네 번째 조건은 D2D 신호 세기를 판단하는 조건이다. D2DS가 D2DTH보다 작다면 D2D 통신의 신호가 약하다고 판단하고 D2DTT가 TTTD보다 크다면 불필요한 핸드오버가 아님을 의미한다. 조건식을 만족하면 핸드오버를 수행하고 만족하지 않으면 핸드오버를 수행하지 않는다.



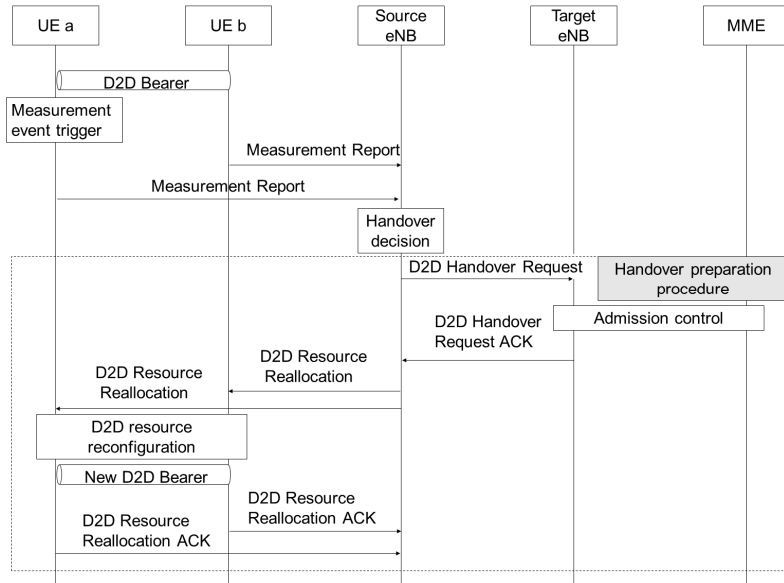
(Fig. 6) D2D handover preparation step procedure

### 3. 제안하는 D2D 핸드오버 준비단계

핸드오버 준비단계는 핸드오버가 수행되기 전에 UE a와 b의 D2D 리소스를 미리 할당하여 핸드오버를 준비하는 단계이다. 기존의 EPS는 X2 인터페이스 핸드오버와 S1 인터페이스 핸드오버 결정에 따라 다르게 핸드오버를 준비했다. X2 인터페이스 핸드오버의 경우 X2 인터페이스를 통해 단말기의 서비스를 전달하기 위한 베어러를 준비하고 S1 인터페이스 핸드오버의 경우 S1 인터페이스를 통해 단말기의 서비스를 전달하기 위한 베어러를 준비한다. 제안하는 핸드오버의 경우 단말 간 송수신하기 때문에 D2D 리소스를 재할당하여 준비한다. D2D 리소스는 이동시 target eNB 셀에 간섭을 주지 않기 위해 source eNB와 target eNB가 조율하여 정한다.

<Fig. 7>은 핸드오버 준비단계 절차를 나타내는 그림이다. D2D 핸드오버 결정단계가 완료되면 source eNB는 target eNB에게 D2D Handover Request를 보낸다. D2D Handover Request에는 D2D 통신 정보가 포함된 UE context info, UE history info 등이 포함되어 있다. Handover Request를 받은 target eNB는 MME와 Admission Control을 통해 인증 절차를 수행하고 핸드오버가 가능할 경우 UE a와 b가 사용할 리소스를 결정하여 source eNB에게 D2D Handover ACK를 보낸다. D2D Handover ACK에는 리소스 정보, C-RNTI 등의 정보가 포함되어 UE a가 보다 빠르게 핸드오버 할 수 있도록 도와준다. D2D Handover ACK를 받은 source eNB는 UE a와 b에게 D2D Resource Reallocation을 보내 새로운 D2D 리소스를 할당한다. 해당 메시지를 받은 UE a와 b는 D2D Resource reconfiguration을 수행하여 새로운 리소스로 변경하고 D2D Resource Reallocation ACK를 보내 핸드오버가 준비완료로 알린다.



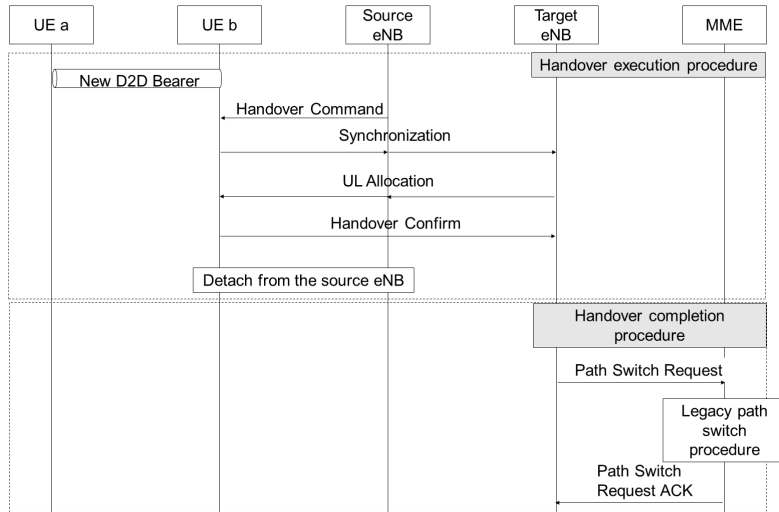


<Fig. 7> D2D handover preparation step procedure

#### 4. 제안하는 D2D 핸드오버 실행단계와 완료단계

핸드오버 실행단계는 핸드오버를 실행하는 단계로, source eNB를 통해 target eNB와 새로운 무선 링크를 연결하고 source eNB와 연결된 무선 링크를 끊는 단계이다. 핸드오버 완료단계는 target eNB가 MME에게 UE a의 위치 변경을 알리는 단계이다. 기존의 EPS의 핸드오버 실행절차는 source eNB에서 target eNB로 핸드오버를 실행할 때 UE b와 source eNB 사이의 연결을 끊고 target eNB와 다시 연결을 하는 과정에서 연결 중단 시간이 발생한다. 제안하는 핸드오버 실행단계는 다시 연결하는 과정에서 발생하는 연결 중단 시간을 줄이기 위해 동기화와 리소스 할당을 source eNB를 통해 우회하여 target eNB에게 전달한다. 핸드오버 완료단계는 MME에게 Path Switch Request를 보내 UE a의 위치를 보고한다.

<Fig. 8>은 핸드오버 실행단계와 완료단계의 절차를 나타낸다. 핸드오버 준비단계가 완료되면 source eNB는 UE a에게 Handover Command를 보내 핸드오버를 실행 명령을 내린다. 메시지를 받은 UE a는 target eNB와 연결 중단 시간을 줄이기 위해 source eNB에서 target eNB 경로로 동기화를 실행한다. Target eNB는 source eNB 경로로 UL 리소스를 할당하여 UE a가 접속할 수 있도록 한다. UL을 할당 받은 UE a는 target eNB에게 Handover Confirm을 보내 핸드오버가 수행되었음을 알리고 source eNB와의 연결을 끊어 핸드오버 실행단계를 완료한다. 핸드오버 실행단계가 끝나면 target eNB는 UE a의 위치를 갱신하고 UE a의 경로를 변경하는 Path Switch Request를 MME에게 전송한다. 경로를 변경하는 과정은 기존의 경로를 변경하는 과정과 동일하게 진행되며 경로 변경을 마친 MME는 target eNB에게 Path Switch Request ACK를 보내 핸드오버 완료단계를 끝마친다.



<Fig. 8> D2D handover execution and completion step procedures

#### IV. 성능 분석

본 장에서는 기존 핸드오버 방식과 제안하는 D2D 핸드오버 방안을 비교하여 분석한다. 먼저 시뮬레이션 네트워크 구성 및 환경을 설명하고, 제안하는 D2D 핸드오버를 구현한 시뮬레이션 결과를 분석한다. 시뮬레이션 결과는 핸드오버 발생 횟수에 따른 CUE 개수 변화량, 단말 사이 평균 패킷 전달 지연 시간 그리고 평균 처리량을 측정하였다. 또한 DUE가 같은 방향으로 이동할 확률을 추가하여 제안하는 핸드오버 방안의 특징을 분석하였다.

##### 1. 시뮬레이션 네트워크 구성 및 환경

본 논문에서 제안한 방안은 EPS에서 D2D 통신 서비스를 이용하는 유저가 source eNB에서 target eNB로 이동시 D2D 통신을 지속적으로 유지하며 source eNB에서 target eNB로 핸드오버를 실행하는 것이다. 제안하는 방안을 시뮬레이션하기 위해 EPS에서의 D2D 통신을 구성하여 시뮬레이션을 진행하였다. 구현환경은 데비안 계열인 우분투 14.0.4 버전을 사용하였으며, 성능 분석을 위하여 NS-3를 이용하였다.

시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지의 셀룰러 네트워크는 EPS이고, 7개의 셀이 존재하며 셀의 범위는 1 km이다. 셀 영역 안에 단말의 분포는 uniform하게 구성하였다. 각각의 셀에는 400개의 UE가 존재하며 1.5 m/s의 속도로 움직인다. 셀에 위치한 400개의 UE 중 200개는 셀룰러 통신을 이용하는 CUE이고 200개는 D2D 통신을 이용하는 DUE로 구성하였다. <Table 2>는 시뮬레이션 환경 설정 파라미터를 나타낸다. Carrier frequency는 2 GHz, bandwidth는 10 MHz, eNB의 transmission power는 46 dBm, UE의 maximum transmission power는 23 dBm, HOM은 3 dBm, TTT는 100 ms, D2DDTH는 50 m 그리고 TTTD는 50 m로 고정하였다.

〈Table 2〉 Simulation parameter

Parameters	Value
Cell Radius	1 km
Number of Cell	7
Maximum Transmission Power of eNB	46 dBm
Maximum Transmission Power of UE	23 dBm
Bandwidth	10 MHz
Number of UE	400
HOM	3 dBm
TTT	100 ms
TTTD	50 ms
D2DDTH	50 m

## 2. 시뮬레이션 분석

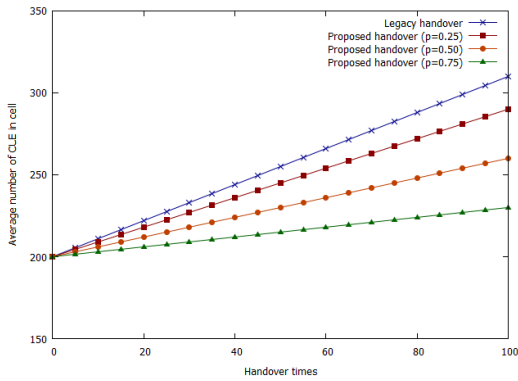
본 논문에서 제안한 D2D 핸드오버 방안은 D2D 통신 서비스를 사용하는 UE가 다른 셀로 이동하면서 핸드오버가 발생될 때 D2D 통신 서비스를 유지하는 것이 목적이다. 핸드오버가 발생할 때 CUE의 개수 증가량, UE의 평균 패킷 전달 지연 시간, UE의 처리량을 측정하였다.  $p$ 는 DUE가 같은 방향으로 이동하는 확률로, 시뮬레이션은 기존의 핸드오버,  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 제안하는 핸드오버 방안을 측정하였다.

〈Fig. 9〉는 핸드오버 실행 횟수가 증가할 때 셀의 평균 CUE의 개수를 나타내는 그래프이다. 기존의 핸드오버 경우 핸드오버 실행 횟수가 0에서 100까지 증가함에 따라 평균 CUE 개수는 110개가 증가하는 것을 확인하였다. 그리고 제안하는 핸드오버 방안의 경우  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 평균 CUE 개수는 핸드오버 실행 횟수에 따라 90개, 60개, 30개가 증가하였다.

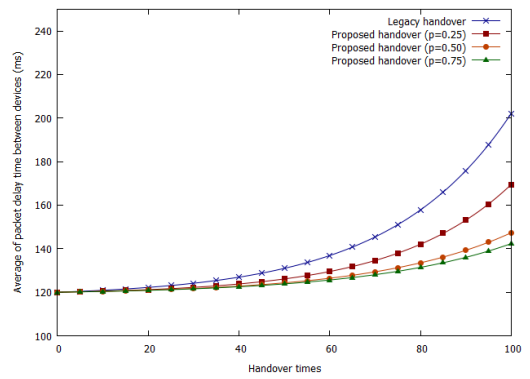
기존 핸드오버 방식은 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 사용하는 UE가 셀룰러 통신을 사용하는 UE로 전환되어 셀의 평균 CUE 개수가 27.5% 증가하였다. 반면에 제안하는 핸드오버 방안은 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 유지하여 셀의 평균 CUE 개수가 22.5%, 15%와 7.5% 증가하였다. 기존 핸드오버 방식에 비해 제안하는 핸드오버 방안은  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 5%, 12.5% 그리고 20%의 단말이 D2D 통신을 유지할 수 있다. 또한 제안하는 핸드오버 방안은 같은 방향으로 이동할 확률이 높을수록 셀의 평균 CUE 개수를 줄여, 같은 방향으로 이동할 경우 제안하는 핸드오버 방안의 성능의 우수성을 입증하였다.

〈Fig. 10〉은 핸드오버 실행 횟수 증가에 따른 단말 사이 평균 패킷 전달 지연 시간을 나타낸다. 기존 핸드오버 방식은 핸드오버 횟수가 증가함에 따라 단말 사이 패킷 전달 지연시간이 약 120 ms에서 약 200 ms로 80 ms 증가하는 것을 확인하였다. 또한 제안하는 핸드오버 방안의 경우  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75 일 때 약 60 ms, 30 ms 그리고 20 ms 증가하였다.

기존 핸드오버 방식은 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 사용하는 UE가 셀룰러 통신을 사용하는 UE로 전환되어 셀룰러 네트워크의 부하가 늘어난다. 기존 핸드오버 방식은 셀룰러 네트워크로 접속되는 단말이 늘어나 패킷 전달 지연 시간이 약 66% 늘어났다. 반면에 제안하는 핸드오버 방안은  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 패킷 전달 지연 시간이 50%, 25% 그리고 16% 늘어났다. 기존 핸드오버 방식에 비해 제안하는 핸드오버 방안은  $p$ 의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 패킷 전달 지연 시간이 15%, 30% 그리고 50% 감소했다. 패킷 전달 지연 시간에 대한 결과는 제안하는 방안이 셀룰러 네트워크의 부하를 감소시키는 것을 입증했다. 또한 제안하는 핸드오버 방안은 단말이 같은 방향으로 움직일 때 그 성능은 더 우수하다는 것을 입증하였다.



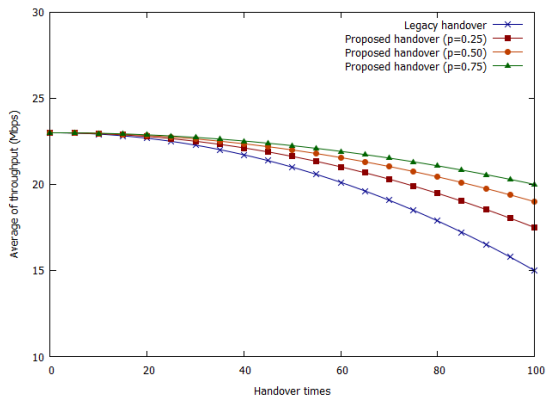
〈Fig. 9〉 The average number of CUE in cell according to handover execution times



〈Fig. 10〉 Average of packet delay time between devices according to handover execution times

〈Fig. 11〉은 핸드오버 발생 횟수에 따른 평균 처리량을 나타낸다. 기존 핸드오버 방식의 경우 평균 처리량은 핸드오버 실행 횟수에 따라 약 23 Mbps에서 약 15 Mbps로 8 Mbps 감소했다. 그리고 제안하는 방안은 p의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 7 Mbps, 5 Mbps 그리고 3 Mbps 감소했다.

제안하는 핸드오버 방안은 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 유지하여 셀룰러 네트워크로 접속되는 단말의 개수를 줄인다. 셀룰러 네트워크로 접속되는 단말의 개수가 줄어들 경우 셀룰러 네트워크는 접속되어 있는 단말에게 QoS가 보장되는 서비스를 제공할 수 있다. 기존 핸드오버 방식에 비해 제안하는 핸드오버 방안은 p의 값이 0.25, 0.5 그리고 0.75일 때 4%, 13% 그리고 21% 더 높은 처리량을 보여 제안하는 핸드오버 방안의 우수성을 입증하였다. 또한 제안하는 핸드오버 방안은 단말이 같은 방향으로 움직일 경우 더 높은 성능을 보였다.



〈Fig. 11〉 Average of throughput according to handover execution times

## V. 결 론

본 논문에서는 기존 핸드오버를 개선하여 EPS에서 D2D 통신을 위한 D2D 핸드오버 방안을 제안하였다. 제안한 핸드오버 방안은 기존 핸드오버 과정과 다르게 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 유지하여 사용자에게

끊김없는 D2D 통신 서비스를 제공하고 셀룰러 네트워크의 과부하를 줄이는 방안이다. 제안하는 핸드오버 방안은 기존 핸드오버 방식과 비교하여 핸드오버 실행 횟수에 따른 셀의 평균 CUE 개수, 단말 사이 평균 패킷 전달 지연 시간 그리고 평균 처리량에 대해 우수한 성능 향상을 보였다. 또한 제안하는 핸드오버 방안은 단말이 같은 방향으로 이동할 때 성능이 더 높은 것을 검증하였다.

제안하는 핸드오버 방안은 단말이 같은 방향으로 이동할 확률인  $p$ 의 값이 0.5일 때 기존 핸드오버 방식에 비해 D2D 통신을 12.5% 유지시켜 셀룰러 네트워크로 접속되는 단말을 줄일 수 있었다. 그리고 단말 사이 평균 패킷 전달 지연 시간과 평균 처리량 결과는 기존 핸드오버 방식에 비해 30%와 13%를 줄여 제안하는 핸드오버 방안이 셀룰러 네트워크의 부하를 줄이고 성능을 향상시키는 것을 입증하였다. 또한 제안하는 방안은 단말이 같은 방향으로 이동할 때 평균 CUE 개수, 단말 사이 평균 패킷 전달 지연 시간 그리고 평균 처리량에 관해 우수한 성능을 보였다.

본 논문에서 제안한 방안은 기존의 핸드오버 과정을 개선하여 핸드오버 발생 시 D2D 통신을 유지시켜 셀룰러 네트워크의 과부하를 방지하는 것으로 단말의 이동성에 따른 핸드오버 연구가 부족하다. 향후 과제로는 단말의 이동성에 따른 핸드오버 방안이 수행되어야 할 것이다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2018학년도 광운대학교 교내학술연구비 지원으로 수행하였습니다.

## REFERENCES

- 3GPP TR 23.303 V13.3.0(2016), "Proximity-based Services (ProSe) State 2," 3GPP, Release 13.
- 3GPP TR 23.703 V12.0.0(2014), "Proximity-based Services(proSe)," 3GPP, Release 12.
- 3GPP TR 24.334 V13.3.1(2016), "ProSe UE to ProSe Function Protocol Aspects Stage 3," 3GPP, Release 13.
- Fodor G. et al.(2012), "Design Aspects of Network Assisted Device-to-Device Communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 3, pp.170-177.
- Ha S. H. and Min S. W.(2013), "A Study of a Seamless Handover between Near-Shore Area and a Harbor," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 38, no. 3, pp.327-333.
- IEEE P802.15-12-0063-02-0pac(2013), "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Peer Aware Communications (PAC)," PAR for new IEEE Standard.
- Kadowaki N. et al.(2015), "Device-to-Device Communication in LTE-Advanced Network: A Survey," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp.1923-1940.
- Kim S. H. et al.(2014), "Proposal Scheme of a D2D Communication in Smart Shipyard," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 39, no. 12, pp.1261-1266.
- Mancuso V. et al.(2014), "A Survey on Device-to-Device Communication in Cellular Networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 16, no. 4, pp.1801-1819.