

D2D 통신 기술 및 표준화 동향



홍종우
서울대학교



최성현
서울대학교



성선익
서울대학교



이광복
서울대학교



박승일
서울대학교



박천우
서울대학교



김준영
서울대학교

I. 서론

최근 몇 년간 스마트폰과 태블릿 기기의 급격한 보급으로 고용량 멀티미디어 통신이 활성화되면서 모바일 인터넷 트래픽이 매년 급격히 증가하고 있으며 이로 인해 셀룰러 통신망의 과부하가 심해지고 있다. 이를 해결하기 위해서 통신 사업자들은 최근에 셀룰러 네트워크를 중앙 집중형 기지국 구조로 변경하여 셀 간의 간섭을 줄이면서 트래픽 과부하에 대처하려고 하고 있다. 더불어 4G 셀룰러 시스템인 LTE 외에도 펌토셀, Wi-Fi 무선 랜 등을 도입하여 네트워크 트래픽 분산을 통해서 과부하

기지국의 과부하를 줄이는 또 다른 방법으로 네트워크 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 트래픽을 주고 받는 단말 간 직접 통신이 부각되고 있다.

문제를 해결하려 하고 있다. 이러한 노력들은 네트워크 인프라의 변경 및 확장을 통해 기지국의 과부하를 줄이려는 공통점이 있다. 반면에, 기지국의 과부하를 줄이는 또 다른 방법으로 네트워크 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 트래픽을 주고받는 단말 간 직접 통신이 부각되고 있다.

D2D (Device-to-Device) 통신이란 기지국, 무선접속 공유기 (AP)의 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 통신하는 기술을 의미한다. <그림 1>은 D2D 통신의 예를 나타내고 있다. 기존의 셀룰러 네트워크 인프라를 통해서 통신하는 방식에 비해 D2D 통신은 많은 장점을 가지고 있다. 단말기 간에 직접 통신을 통해서 셀룰러 네트워크의 부하를 줄일 수 있다. 또한, D2D 통신에서는 셀룰러 네트워크와 같은 무선 주파수 자원을 공간 재활용(spatial reuse)하므로 셀 내에 동시에 여러 개의 D2D 통신링크를 생성해서 셀룰러 시스템의 사용률과 주파수 효율을 높일 수 있다. 더불어 단말기 간의 근거리 통신으로 통신 시 발생하는 지연과 전력을 줄일 수 있으며 단말기 간의 릴레이(relay)통신을 통해서 셀 커버리지를 확장 할 수 있다. D2D 통신은 셀룰러 네트워크의 성능을 높이는데 기여할 뿐만 아니라 향후 차세대

D2D (Device-to-Device) 통신이란 기지국, 무선접속 공유기(AP)의 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 통신하는 기술을 의미 주변 D2D 단말들을 찾는 단말 탐색 단계, 단말 탐색 단계에서 찾은 다른 D2D 단말들 중 데이터 전송을 할 단말과 무선링크를 연결하는 링크 생성 단계, 그리고 무선 링크를 연결한 단말들 간에 트래픽을 전송하는 데이터 전송단계의 세 단계로 구성된다.

대 통신에서 사용될 예정인 새로운 다양한 서비스인 소셜 네트워킹, 개인별 모바일 광고나 근거리 파일 전송 및 멀티 게임 등 다양한 통신서비스를 창출 하는데 활용 될 것으로 기대된다.

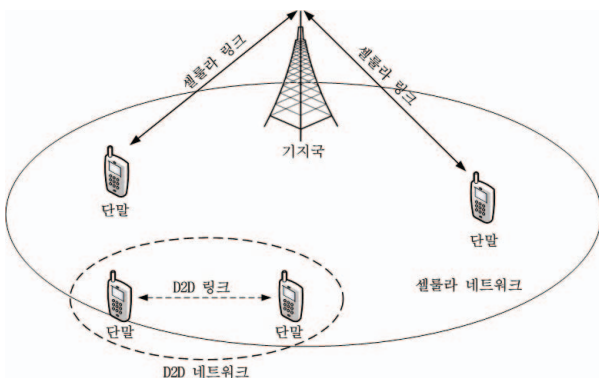
본고에서는 현재까지 발표 및 상용화된 면허대역과 비면허대역 기반의 D2D 통신 기술을 소개하고 이와 관련해서 통신표준 단체인 3GPP와 IEEE 에서 진행되고 있는 D2D 관련 기술 현황을 알아

본다. 현재 3GPP에서는 ProSe (Proximity Services)라는 명칭으로 D2D 통신 관련이 표준이 진행되고 있으며 IEEE의 802.15 Group에서는 PAC (Peer Aware Communication)라는 명칭으로 D2D 통신관련 표준이 진행되고 있다. 더불어 면허대역과 비면허대역의 D2D 통신을 비교 분석하고 사업자 관점에서 D2D 통신에 대한 전망에 대해서도 언급한다.

본고의 내용의 구성은 다음과 같다. II 절에서는 D2D 통신의 절차를 살펴보고 III절과 IV절에서는 면허대역과 비면허대역 기반의 D2D 통신에 대해서 소개한다. V절에서는 언급한D2D 통신에 대해서 비교하고 사업자 관점에서 D2D 통신의 전망에 대해서 언급한다. VI절에서는 결론을 맺는다.

II. D2D 통신의 절차

D2D 통신의 절차는 일반적으로 <그림 2>와 같이 세 가지로 이루어 있다. D2D 통신이 가능한 주변 D2D 단말들을 찾는 단말 탐색 단계, 단말 탐색 단계에서 찾은 다른 D2D 단말들 중 데이터 전송을 할 단말과 무선링크를 연결하는 링크 생성 단계, 그리고 무선 링크를 연결한 단말들 간에 트래픽을 전송하는 데이터 전송 단계의 세 단계로 구성된다^[1].



<그림 1> D2D 통신의 예시

1. 단말 탐색 과정

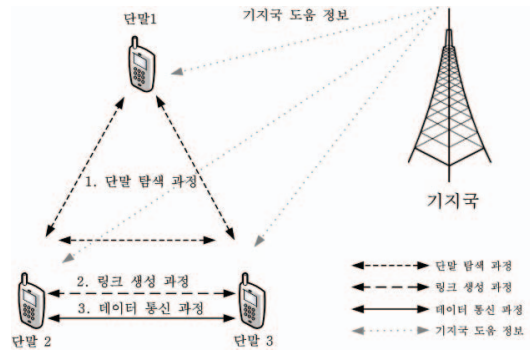
D2D 통신을 위한 첫 번째 단계는 단말 탐색 단계이다. 단말 탐색 단계란 각 D2D 단말이 자신의 주변에 있는 D2D 통신이 가능한 다른 단말들을 탐색하는 단계이다. 단말 간에 D2D 통신을 하기 전에 각 단말들은 주위에 누가 있는지를 알아야 하며 이를 통해 단말 간에 D2D 통신 링크를 생성 할지를 결정하게 된다. 이 단계에서 각 단말들은 다른 단말들이 자신을 탐색할 수 있도록 탐색 신호를 송신하고 다른 단말들이 보내는 탐색 신호를 수신하여 D2D 통신이 가능한 다른 단말들이 범위 내에 있음을 발견한다. 각 단말들은 탐색 신호 내에 각 단말의 존재를 식별 할 수 있는 고유한 정보를 포함하여 전송함으로써 자신의 존재를 알릴 수 있다. 셀룰러 네트워크의 셀 탐색 과정도 기지국으로부터 정보를 받아서 기지국의 존재를 식별하므로 D2D 통신의 단말 탐색 단계와 유사하다.

2. 링크 생성 단계

D2D 통신을 위한 두 번째 단계는 링크 생성 단계이다. 링크 생성 단계에서는 단말 탐색 단계에서 발견한 주변의 D2D 단말들 중에서 데이터를 전송하고자 하는 단말과 데이터 전송을 위한 링크를 맺는 단계이다. 일반적으로 하나의 단말이 링크 생성을 요청하는 신호를 다른 단말에 보내면 해당 단말이 이 신호를 받고 응답 신호를 보내면서 링크를 맺게 된다.

3. 데이터 전송 단계

단말 탐색 단계에서 주변의 단말을 찾고 링크 생성 단계를 통해서 데이터를 주고 받을 단말들 간에 링크를 맺고 나면 링크를 맺은 두 단말은 데이터를 서로 주고 받게 된다. 이 단계를 데이터 전송 단계라고 한다. D2D 통신은 기지국을 통한 통신에 비해 전력 및 주파수 등의 통신 자원을 더 효율적으로 사용하여 통신할 수 있다. 일반적으로 단말기와 기지국의 거리보다 D2D 단말 간의 거리가 더 가까운 경우에 D2D 통신을 하기 때문에 기지국을 통해 데이터 전송을 하는 경우보다 D2D 단말 간에 직접 데이터를 주고 받는 것이 전



〈그림 2〉 D2D 통신의 절차

력 측면에서 더 효율적이다. 또한 기지국을 거쳐서 데이터를 단말 간에 주고 받게 되면 데이터 전송이 상향 채널과 하향 채널 2홉 (hop)을 통해서 전송이 되므로 전력소모, 주파수 자원, 기지국 부하 등의 측면에서 D2D 통신보다 비효율적이다. 그리고 D2D 통신은 하나의 링크 내에서는 단말 간의 거리가 가깝기 때문에 간섭을 주는 범위가 셀룰러 통신에 비해서 작다. 때문에 동시에 하나의 기지국 범위 내에서도 여러 링크가 동일한 주파수에서 통신이 가능하여 주파수 재 사용률을 높일 수 있다는 장점이 있다.

셀룰러 네트워크 기반의 D2D 통신의 경우 단말 탐색 과정에서 셀 내 단말이 네트워크로부터 도움을 받을 수 있다. 〈그림 2〉와 같이 기지국으로부터 탐색 신호를 송신할 시간과 주파수의 정보를 기지국을 통해 D2D 단말들이 공유하면 탐색 시간을 효율적으로 줄일 수 있다. 또한 네트워크를 적극적으로 활용하는 방법으로 D2D 단말들이 D2D 통신을 원하는 단말이나 서비스를 등록시켜 놓으면 네트워크에서 요청이 들어왔을 경우 단말에게 직접 알려주어서 직접 찾아주는 방법도 가능하다^[2].

Ⅲ. 면허대역의 D2D 통신

면허대역 기반의 D2D 통신 기술은 대표적으로 최근 MWC (Mobile World Congress) 2013에서 소개된 바 있는 미국 Qualcomm 사의 LTE Direct(FlashLinQ 기반)와 현재 3GPP에서 논의 되고 있는 LTE 기반 단말

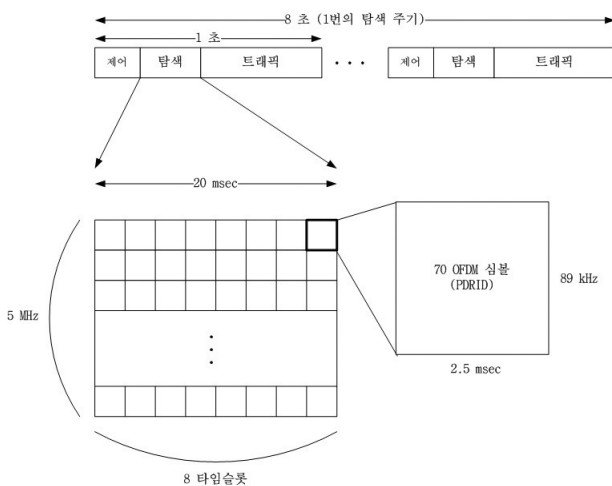
간 직접 통신인 ProSe가 있다. III 절에서는 FlashLinQ와 ProSe의 동작 과정 및 특징에 대해서 살펴본다.

1. FlashLinQ

FlashLinQ는 Qualcomm에서 제시한 면허대역에서의 OFDMA 기반의 D2D 시스템으로 D2D 통신을 위해 전용 할당된 주파수 자원이 있는 환경을 목표로 설계되었다. 현재 Qualcomm사는 FlashLinQ 기술을 LTE Direct라는 이름으로 변경하여 LTE 기반 D2D 통신의 표준화를 위해서 노력 중이다. FlashLinQ의 D2D 통신을 위한 절차는 인접한 단말을 찾는 단말 탐색 과정, 링크 생성을 위한 페이징과 실제 데이터 통신이 이루어지는 절차로 구분된다^[3].

가. 단말 탐색 과정

FlashLinQ에서는 단말 탐색 과정 및 페이징의 전력 효율성을 위하여 <그림 3> 처럼 매 1초당 20 ms의 시간 슬롯을 전용 할당한다. 각 단말의 정보는 하나의 PDRID (Peer Discovery Resource ID) 에 실려 70개의 OFDM 심볼이 단일 톤(single tone)의 형태로 전송된다. 이 과정에서 모든 단말들은 주기적으로 할당된 탐색 시간슬롯에 단말탐색에 참여하여 주변에 어떤 단



<그림 3> 단말 탐색 자원 구조

단말 탐색 주기인 8초마다 타임과 주파수 쪽에서 의사 랜덤(pseudo-random)하게 호핑(hopping)해서 전송함으로써 반이중 문제와 주파수 선택적 페이딩 해결을 제안

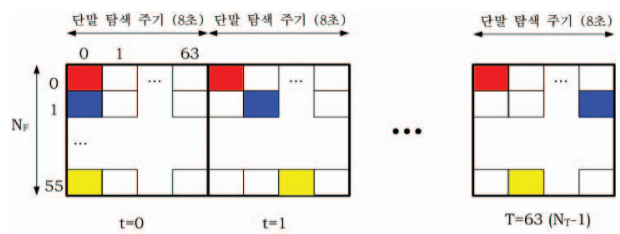
말이 있는지 탐색한다. 전체 단말 탐색 과정을 위해 할당된 자원은 많은 수의 PDRID로 나누어 지는데 각 단말은 어떤 PDRID를 이용할 것인지 선택해야한다.

FlashLinQ에서는 PDRID 가운데 수신되는 전력의 크기가 가장

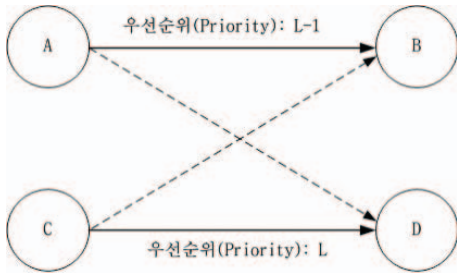
작은 PDRID를 선택하여 자신의 단말 탐색용 PDRID로 사용하는데 이를 greedy 선택이라 한다. 단말들은 정해진 자신의 PDRID에서 단말 정보를 전송하는 동안 같은 타이밍에 다른 주파수에서 전송하고 있는 다른 단말들의 정보를 들을 수 없다. 이와 같은 반이중(half-duplexing)문제와 특정 채널에서 발생하는 페이딩을 해결하기 위해서 <그림 4>와 같이 송신과 수신을 번갈아 하는 Latin square 호핑 패턴을 이용한다. 즉, 빨간색 자원을 통해 송신하는 경우 파란색과 노란색 자원에서 전송하는 단말들의 정보를 듣지 못하지만 호핑 패턴이 바뀌면 수신할 수 있다. 이를 위해 1초에 20msec씩 8초 동안 단말 탐색을 반복하는데 단말 탐색 주기인 8초마다 타임과 주파수 쪽에서 의사랜덤(pseudo-random)하게 호핑(hopping)해서 전송함으로써 반이중 문제와 주파수 선택적 페이딩 해결을 제안하고 있다. <그림 4>는 주파수 호핑은 표현하지 않고 쉬운 이해를 위해서 타임 호핑만 나타내었다. 8초씩 반복해서 64번 반복 하게 되면 512(8*64)초 후에는 같은 시간에 반복했던 단말들을 포함해서 정해진 PDRID를 전부 수신하게 된다^[4].

나. 링크 생성 및 데이터 통신 과정

링크 생성을 위한 페이징과정은 단말 탐색 과정을 통



<그림 4> 단말 탐색 자원 호핑 구조



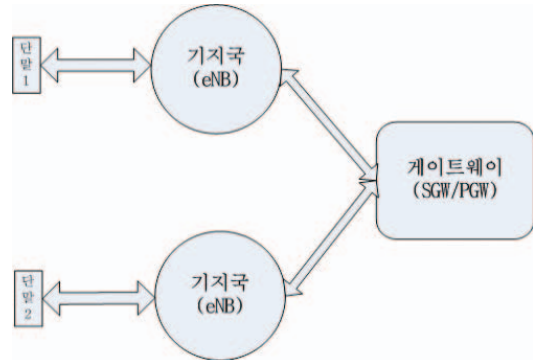
〈그림 5〉 링크 스케줄링 예

해서 D2D 단말 간의 근접성이 확인 되었을 때 D2D 송신 단말이 D2D 수신 단말에게 D2D 링크 생성을 요청하고 D2D 수신단말로 부터 ack을 받아 D2D 링크 생성을 확인한다. 그리고 이러한 결과를 기지국에 전송하여 링크를 확정하고 링크에 해당하는 CID (Connection ID)를 할당 받는다.

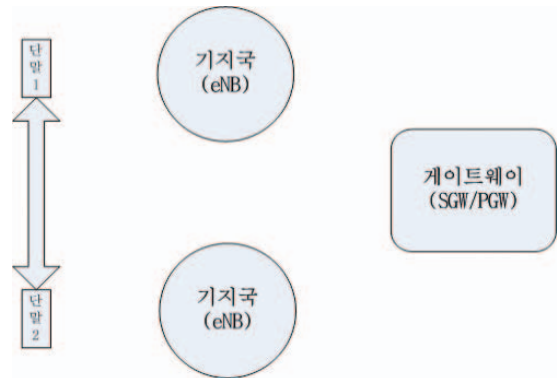
데이터 전송을 위한 통신 절차는 D2D 통신을 위해 링크를 맺은 단말들이 실제로 정보를 주고 받는 과정이다. 이를 위해서 각 링크들이 어떤 자원을 사용할 것인지 스케줄링을 할 필요가 있는데 FlashLinQ에서는 효율적인 공간재활용을 위해 독특한 스케줄링 방법을 제안하고 있다. 자원 스케줄링은 먼저 각 링크가 할당받은 CID를 이용하여 우선순위(priority)를 정하는 것에서부터 시작된다. 기지국은 각 링크의 우선순위를 매시간 슬롯마다 의사랜덤 하게 결정하여 공정성(fairness)를 보장한다.

주어진 우선순위를 이용하여 링크의 우선순위가 L인 경우 L보다 상위 우선순위를 갖는 D2D 링크에 지나친 간섭을 미치지 않는 제약조건 하에서 자신의 통신 여부를 결정한다. 〈그림 5〉의 단말 C에 해당하는 우선순위 L 링크의 D2D 송신 단말이 자신이 전송했을 때 상위 우선순위에 미치는 간섭을 채널 reciprocity을 이용하여 측정하여 상위 우선순위의 링크에 미치는 간섭이 큰 경우에는 통신하지 않는 결정을 내리게 된다. 이를 Tx-일딩(yielding)이라 한다. 위의 그림 D에서 해당하는 우선순위 L 링크의 D2D 수신 단말은 자신의 링크에서 D2D 통신이 이루어

데이터 통신은 단말 간에 직접 주고 받더라도 단말 간의 제어 신호들은 기지국(eNB)과 코어 네트워크(EPC)를 통해서 주고 받아야 한다.



〈그림 6〉 네트워크를 통한 단말 간 통신

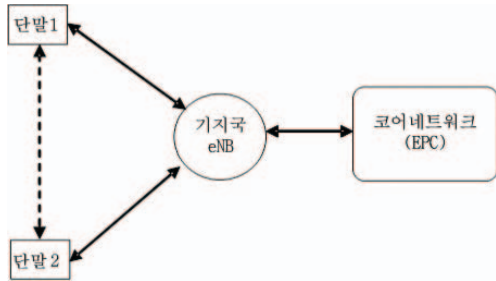


〈그림 7〉 단말 간 직접 통신

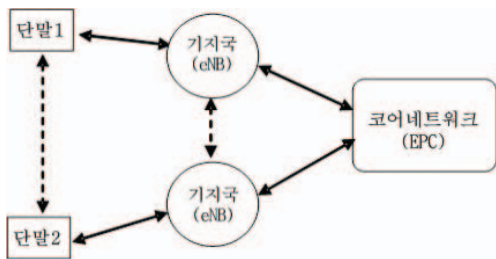
어질 경우의 SIR값을 측정하여 일정 임계값 (threshold) 보다 작은 경우 다른 링크 후보가 사용할 수 있도록 통신하지 않는 결정을 내리게 된다. 이러한 Tx-일딩, Rx-일딩이 모두 발생하지 않는 경우에 한하여 우선순위 L을 갖는 링크는 D2D 통신을 결정하게 된다. 이러한 SIR 측정 기반의 통신결정 시스템은 802.11의 RTS/CTS의 성능보다 우수하다^[5].

2. 3GPP ProSe (Proximity Services)

ProSe는 3GPP 표준 Release 12 (LTE-Advanced) 에서 현재 논의 되고 있는 근접기반 D2D 서비스이다. 3GPP에서는 네트워크 제어방식으로 무선 링크를 사용한 ProSe 탐색 과정과, ProSe 통신을 한 use cases 와 서비스/시스템 구조 논의를 진



〈그림 8〉 같은 기지국 내 단말들을 위한 제어경로

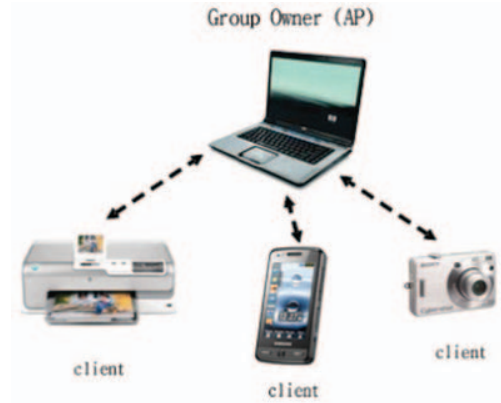


〈그림 9〉 다른 기지국 내 단말들을 위한 제어경로

행하고 있다^[6].

〈그림 7〉과 같이 ProSe 에서는 기존의 네트워크를 통한 단말 간의 통신과는 달리 단말 간에 네트워크를 통하지 않고 직접 데이터를 주고받는 구조에 대해서 정의하고 있다. 또한 ProSe의 단말 탐색 과정은 LTE를 기반으로 진행되고 있으며 탐색 후에 단말 간의 통신은 LTE 또는 무선랜을 통해서 통신하는 것으로 범위를 정하였다^[6].

현재 3GPP 표준내의 ProSe에서 논의되고 있는 서비스는 소셜 네트워킹 및 상업적 광고, 셀룰러 네트워크 부하분산, 기지국의 서비스가 원활히 지원되지 않는 재난 상태에서의 단말 간 직접통신을 정의하고 있다. 위의 그림과 같이 ProSe 에서는 기존의 네트워크를 통한 단말들의 통신과는 달리 단말 간에 네트워크를 통하지 않고 직접 데이터를 주고받는 구조에 대해서 정의하고 있다. 〈그림 8, 9〉들은 ProSe 통신의 제어 신호 교환을 나타낸다. 제어 신호들은 아래 그림에서 실선으로 나타내었다. 단



〈그림 10〉 Wi-Fi Direct 통신의 구성

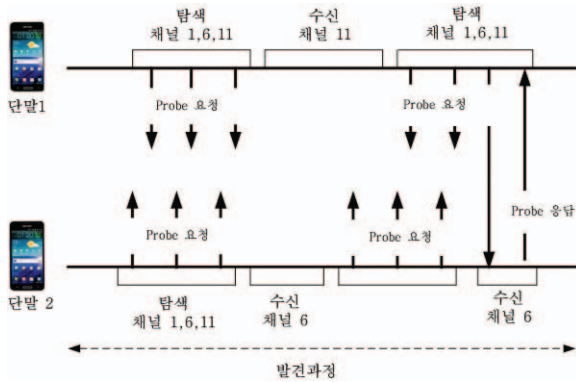
말이 서로 같은 기지국 또는 다른 기지국에 연결되어 있는 경우에 ProSe 통신에서는 데이터 통신은 단말 간에 직접 주고 받더라도 단말 간의 제어 신호들은 기지국(eNB)과 코어 네트워크(EPC)를 통해서 주고 받아야 한다. 이를 통해 네트워크에서 단말들의 세션(session) 관리나 인증, 보안등을 네트워크에서 제공할 수 있다.

3GPP ProSe에서 정의된 use case 는 크게 일반적인 사용 경우와 재난망을 위한 서비스로 구분할 수 있다. 일반적인 사용 경우는 근거리 기반 소셜 네트워킹 관련하여 탐색에 대한 허가 필요여부, 각각 다른 사업자에 연결되어 있는 경우 등의 다양한 시나리오에 대해서 정의하고 있다. 반면 재난망의 경우는 셀 범위에 있는 하나 이상의 재난망을 위한 단말이 ProSe 통신을 이용하여 셀 범위 내에 없는 단말에게 릴레이를 해주거나 모든 단말들이 셀 범위에 없는 경우에도 단말들 간 재난망을 위한 통신을 생성 및 유지하도록 정의하고 있다.

IV. 비면허대역 기반의 D2D 통신

비면허대역에서의 D2D 통신은 현재 스마트폰에 상용화 되어있는 Wi-Fi Direct가 있으며 현재 IEEE 802.15에서 PAC라는 이름으로 새롭게 표준화가 진행 중

비면허대역에서의 D2D 통신은 현재 스마트폰에 상용화 되어있는 Wi-Fi Direct가 있으며 현재 IEEE 802.15에서 PAC라는 이



〈그림 11〉 발견 과정

름으로 새롭게 표준화가 진행 중 이다. IV절에서는 Wi-Fi Direct와 IEEE 802.15의 PAC 통신의 특징을 살펴본다.

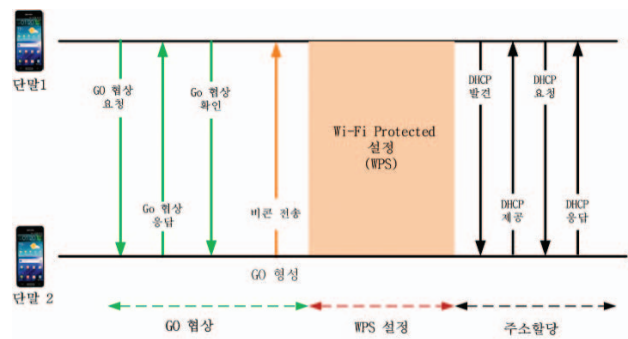
1. Wi-Fi Direct

Wi-Fi Direct는 Wi-Fi Alliance에서 인증한 Wi-Fi 기반으로 AP나 라우터 같은 장비 없이 단말 간 직접 통신을 하는 프로토콜 방식을 의미하며 2010년 10월에 표준이 완성되었다^[7]. Wi-Fi Direct 네트워크를 구성하기 위해서는 단말들 중에서 기존 AP (Access Point) 역할을 담당하는 장치가 존재하는데 이를 GO (Group Owner)라고 한다. 〈그림 10〉은 GO를 기반으로 한 Wi-Fi Direct 통신의 구조를 나타낸 그림이다. Wi-Fi Direct 네트워크는 하나의 GO와 하나 이상의 client로 구성된다.

GO는 기존 인프라 기반의 Wi-Fi 네트워크의 AP와 같은 역할로 D2D 통신하는 단말들을 관리하거나 외부 셀룰러 네트워크와의 연결을 가능하게 한다. Wi-Fi 기반 D2D 통신은 크게 단말 발견 과정, GO 형성 (formation)과정 및 통신 과정으로 구성된다. 또한 Wi-Fi Direct 네트워크는 새롭게 GO의 전력 절감 모드를 제안하고 있다^[8].

가. 단말 발견 과정

Wi-Fi Direct의 단말 발견 과정은 탐색(search)과정과 수신(listen) 과정으로 구성된다. 탐색 과정은 빠른



〈그림 12〉 GO 형성 과정

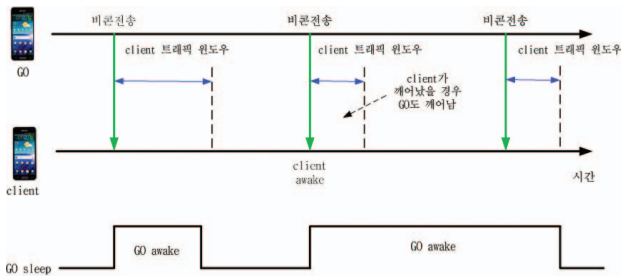
탐색을 위해서 2.4GHz 대역에서 소셜 채널(social channel)인 채널 1, 6, 11번을 사용하여 탐색을 실시한다. 수신과정은 3개의 소셜 채널 중 한 개의 채널을 선택하여 수신하게 된다. 〈그림 11〉은 2개의 단말의 발견과정을 나타낸 그림이다. 단말들은 탐색과 수신과정을 번갈아 가면서 진행한다. 단말 2의 경우 채널 6번을 수신하는 과정에서 단말 1로부터 probe 요청을 받았으므로 6번 채널에 대한 probe 응답을 보내서 서로 단말을 발견하게 된다.

나. GO 형성 과정

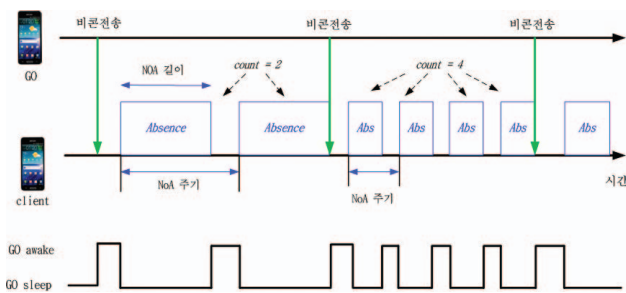
발견과정이 완료되면 서로 단말 간의 존재가 확인이 되었으므로 이를 기반으로 GO형성과정으로 진입하게 된다. GO 협상(negotiation)과정은 〈그림 12〉과 같다. 〈그림 12〉는 단말 2가 GO가 된 경우의 예시이다. GO가 되는 기준은 GO Intent Value가 높은 단말이나 장비로 결정되는데 이는 어떤 단말이나 장비에 고정된 값으로 존재하는 것이 아니라 상위계층 서비스에 의해 조정이 가능하다^[9]. Wi-Fi Direct 네트워크에서는 1개의 GO만이 존재하며 GO가 된 단말 2는 기존 AP가 하는 동작들인 비콘 전송과 보안관련 WPS 설정과 연결되어 있는 client들에게 IP를 할당 등을 수행하게 된다. GO와 단말 간에 통신 과정은 기존 AP와 단말 간의 통신인 802.11 기술의 통신 방식과 같다.

다. 전력 절감 모드

Wi-Fi Direct에서는 기존의 802.11에서 정의된



〈그림 13〉 Opportunistic 전력 절감 모드



〈그림 14〉 NoA 전력 절감 모드

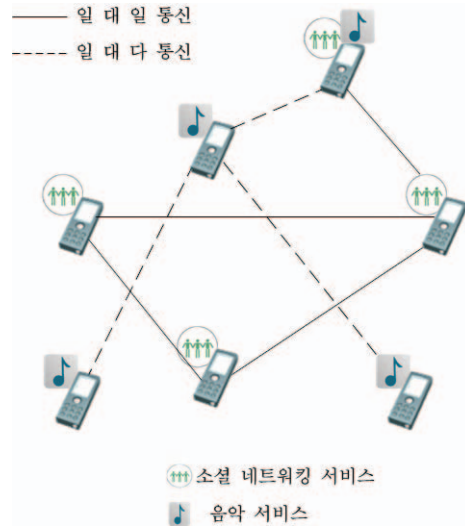
client의 전력 절감 기술 외에 새롭게 GO를 위한 전력 절감 모드가 정의되어 있다. 전력 절감 방식은 크게 Opportunistic 파워 절감 모드와 Notice of Absence (NoA)로 2가지가 있는데 Opportunistic 전력 절감 방식은 〈그림 13〉과 같다.

GO는 연결된 모든 client들이 전력 절감 모드로 진입할 경우에 GO는 sleep 모드로 변경해서 전력을 절감하게 된다. 또다른 방법으로는 NoA방법이 있는데 〈그림 14〉처럼 GO가 sleep 모드 진행을 위해 비콘신호에 absence 시간을 client들에게 알리고 GO는 알린 시간만큼 전력 절감을 하게 된다. NoA를 위한 시간 길이는 전력 절감의 효과와 client들의 성능 저하를 고려하여 적절한 길이로 설정이 되어야 한다.

2. PAC (Peer Aware Communication)

PAC는 IEEE 802.15 WPAN WG에서 현재 논의되고 있는 D2D 통신 기술이다. 2012년 5

PAC에서는 분산형 그리고 self organized의 D2D 통신 방식을 지향한다.



〈그림 15〉 802.15.8의 mesh 구조

월 IEEE 802.15.8 PAC Task Group이 시작한 이래로 활발한 표준화 작업이 진행 중이다^[10]. PAC에서는 분산형 그리고 self organized의 D2D 통신 방식을 지향한다. PAC에서는 D2D 단말을 PD (Peer Aware Communication Device)라 지칭한다. 한 개의 PD가 다른 한 개의 PD와 통신하는 일대일(one-to-one)방식과 한 개의 PD가 다수의 PD들과 통신하는 일대다(one-to-many) 통신 방식을 정의하고 있다. 또한 단방향(one-way)통신 방식 뿐만 아니라 양방향(two-way)통신 방식도 지원할 예정이다.

〈그림 15〉는 PAC에서 정의한 통신 구조 한 예를 나타내고 있다. 실선은 일대일 통신 방식을 나타내고 점선은 일대다 통신 방식을 나타낸다. 그림에서와 같이 PD는 소셜 네트워킹 같은 일대일 통신만을 할 수도 있고, 음악 공유와 같은 일대다 통신을 할 수도 있고, 때에 따라서는 두 가지 방식의 통신을 동시에 지원할 수도 있다. 또한 세션 형성에 있어서는 동일한 어플리케이션을 여러 개 또는 다른 종류의 어플리케이션들도 동시에 형성하는 것이 가능하다.

PD들은 전 세계적으로 이용

가능한 11 GHz 이하의 주파수 대역에서 동작할 것이다. 이를 위해 주로 고려되는 주파수는 다음과 같으며 비면허대역과 더불어 면허대역에 대한 동작도 고려하고 있다. 비면허대역에서 고려하는 주파수는 1 GHz 이하, 2.4 GHz, 5 GHz ISM 대역과 6~10 GHz UWB 대역이다.

듀플렉스(Duplex)의 경우 TDD (Time Division Duplex)와 FDD (Frequency Division Duplex)를 모두 지원하는 것을 고려하고 있다. 단말 탐색에서는 신속하고 에너지, 자원 효율적인 단말 탐색을 추구하며 많은 수의 단말 탐색이 가능하도록 한다. 스케줄링의 경우는 네트워크의 도움을 받지 않는 분산적인 방식을 사용하여 기지국이나 AP 등의 부담을 줄인다.

PAC에서는 유니캐스트 전송뿐만 아니라 멀티캐스트, 브로드캐스트 등을 멀티홉의 경우까지 확장해서 지원을 할 것이다. 통신 가능한 거리는 500 미터 이상까지도 고려하고 있으며 200 미터 이내의 거리에서는 최적의 성능을 낼 것으로 예상하고 있다. 이때 data rate은 10 Mbps 정도로 예상된다.

V. 비교 및 사업자 전망

지금까지 면허대역과 비면허대역의 D2D 통신 기술에 대해서 살펴보았다. 면허대역은 사업자가 관리하므로 보장된 서비스나 서비스를 제공 할 수 있는 반면에 주파수 사용 비용이 필요하고 각각 다른 사업자에 연결되어 있는 단말들 간에 D2D 통신을 운영하는데 어려움이 있다. 반면에 비면허대역의 D2D 통신의 경우, 주파수 사용 비용이 없지만, 다양한 비면허대역의 기기들 사이 간섭의 영향으로 인해서 안정된 서비스 제공이 어려울 수가 있다. 위의 언급처럼 양쪽 모두 장단점이 있으므로 어느 한쪽으로 진행되기 보다는 상호 보완적으로 발전해야 한다. 가령 단말 탐색은 면허대역으로 빠르게 효율적으로 하고 실제 통신은 비면허대역으로 하는 방법 등을 고려해 볼 수 있다.

기술 개발 입장에서는 최근 모바일 인터넷 트래픽 증가로 인해서 셀룰러 네트워크 분산을 위해서 D2D 통

신에 대한 필요성이 증가되고 있다. 그러나 셀룰러 통신과 D2D 통신이 같은 주파수 대역으로 공존하는 경우에 기존 셀룰러 사용자들과 새롭게 정의된 D2D 단말 사이에서 발생하는 자원할당 및 상호 간섭문제 등은 앞으로 해결해야 할 문제이다.

사업자의 입장에서는 단말 간 통신 시에 발생하는 트래픽에 대한 과금을 위해서 다양한 시나리오를 구성할 수 있다^[11]. 네트워크를 통해서 D2D 통신을 위한 인증, 세션 결정 및 통신을 전부 하는 방법이 있고 D2D 통신을 위한 인증과 세션 결정만 네트워크를 통하고 단말 간에 직접 통신하는 방법이 있을 수 있다. 후자의 경우 사업자는 사용자들에게 단말 간 직접 통신 시 저렴한 통신 요금제를 적용하여 D2D 통신을 유도함과 동시에 사업자들이 D2D 통신에 대한 세션 연결의 여부를 결정 할 수 있으므로 단말 간 통신에 대한 결정권을 사업자가 가질 수 있다.

VI. 결론

본고에서는 기지국이나 AP 없이 인접한 단말 간에 직접 통신 할 수 있는 D2D 통신에 대해서 살펴보았다. 면허대역과 비면허대역의 D2D 통신과 더불어 현재 표준화 진행 중인 기술에 대해서도 언급하였다. 표준화 단체에서는 D2D 통신에 대한 필요성을 인지하고 현재 활발히 표준화 작업을 진행하고 있다. D2D 통신은 차세대 5G통신의 요소기술 중 하나로 시스템의 성능을 증가시키고 사용자들에게 다양한 서비스를 제공할 수 있는 서비스 중의 하나로 부각되고 있다. D2D 통신에 대한 관심이 지속적으로 증대되고 있는 만큼 앞으로 셀룰러 사업자와 D2D 사용자 모두 만족할 수 있는 방향으로 기술 개발이 되어야 할 것이다.

Acknowledgement

본고는 LG전자 주식회사의 지원을 받아 수행된 연구임.



참고 문헌

- [1] 성석익, 홍종우, 김경수, 박승일, 박천우, 최성현, 이광복, "셀룰러 네트워크 기반의 D2D 통신 기술 현황," 정보와 통신, 2012년 7월.
- [2] G. Fodor, E. Dahlman, G. Mildh, S. Parkvall, N. Reider, G. Mikió, and Z. Turanyi, "Design aspects of network assisted device-to-device communications," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 3, pp.170-177, Mar. 2012.
- [3] 강진환, 장민, 김상효, "차세대 통신 시스템을 위한 D2D 통신," 전자공학회지, 2012년 3월.
- [4] F. Baccelli, N. Khude, R. Laroia, J. Li, T. Richardson, S. Shakkottai, S. Tavildar, X. Wu, "On the design of Device-to-Device autonomous discovery," in *Proc. COMSNETS*, Jan. 2012.
- [5] X. Wu, S. Tavildar, S. Shakkottai, T. Richardson, J. Li, R. Laroia, and A. Jovicic, "FlashLinQ: A synchronous distributed scheduler for peer-to-peer ad hoc network," in *Proc. IEEE Allerton Conference*, pp. 514-521, Sep. 2010.
- [6] 3GPP TR 22.803, Feasibility study for Proximity Services (ProSe), v12.1.0, 2013.03.
- [7] Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical 7 Specification Version 1.1, Oct. 2011.
- [8] D. Camps Mur, A. Garcia and P. Serrano, "Device to device communications with Wi-Fi Direct: overview and experimentation," to appear in *IEEE Wireless Communications Magazine*.
- [9] 마진석, 이재호, "Wi-Fi P2P 기술분석," 전자통신동향분석, 2011년 10월.
- [10] S.-H. Park and S. Jin, Draft of TG8 Technical Guidance Document, Nov. 2012.
- [11] L. Lei, Z. Zhong, C. Lin and X. Shen, "Operator controlled Device-to-Device communication in LTE-Advanced networks," *IEEE Wireless Communications*, June 2012.



홍종우

2005년 2월 경희대학교 전파공학과 공학사
 2007년 2월 한양대학교 전자공학과 공학석사
 2011년 2월~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사과정
 2007년 2월~2009년 12월 삼성전자 통신연구소
 2009년 12월~2011년 2월 삼성전자 네트워크사업부

〈관심분야〉
 D2D 통신, 차세대 셀룰러 통신, CoMP



성석익

2008년 8월 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
 2008년 9월~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석박사통합과정

〈관심분야〉
 D2D 통신, 차세대 셀룰러 통신, MIMO 기술



박승일

2011년 8월 포항공과대학교 전자전기공학과 공학사
 2011년 9월~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사과정

〈관심분야〉
 D2D 통신, 차세대 셀룰러 통신, 웹토셀



PIAO TIANY (박천우)

2011년 8월 Xidian University, School of
Telecommunications Engineering,
공학사
2011년 9월~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부
석사과정

<관심분야>
D2D 통신, 차세대 셀룰러 통신, WLAN기술



최 성 현

1992년 2월 KAIST 전기전자공학과 공학사
1994년 2월 KAIST 전기전자공학과 공학석사
1999년 9월 미시간대학교 대학원 전기컴퓨터공학 박사
1999년 8월~2002년 8월 미국필립스 연구소 연구원
2002년 9월~현재 서울대학교 전기정보공학부 교수
2007년 12월 제2회 미국전기전자학회, 대한전자공
학회 IT젊은공학자상
2008년 2월 제11회 젊은 과학자상

<관심분야>
4G/5G Wireless, WLAN



김 준 영

2012년 2월 KAIST 전기및전기공학과 공학사
2012년 3월~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부
석박사통합과정

<관심분야>
D2D 통신, 차세대 셀룰러 통신, 분산 네트워크



이 광 복

1982년 University of Toronto 공학사
1986년 University of Toronto 석사
1990년 McMaster University 박사
1990년~1996년 미국 모토로라 Senior Staff
Engineer
1996년~현재 서울대학교 전기정보공학부 정교수
2007년~2009년 서울대학교 뉴미디어통신공동
연구소 소장
2010년 12월 제 9회 한국 공학상 수상
2011년 9월~현재 서울대학교 전기·정보공학부
학부장
2011년 1월~현재 IEEE 석학회원 (Fellow)
2012년 1월~현재 IEEE Communication Society
Board member
2012년 1월~현재 IEEE Communication Society
Asia Pacific Board Director

<관심분야>
MIMO, Cooperative communication, WLAN,
M2M, D2D