

CR-SDR 최근 기술 동향

단말 간 직접 통신 기술 동향

정수정 · 조승권 · 윤찬호 ·
장성철 · 권동승
한국전자통신연구원

단말 간 직접 통신(Device-to-Device communication, D2D)은 스마트 기기를 통한 소셜 네트워크, 모바일 광고, 멀티미디어 콘텐츠에 대한 수요 증가로 인한 모바일 트래픽의 급격한 증가와 이에 따른 셀룰러 망의 부하 문제 해결을 위한 방안으로 관심을 받고 있다. 단말 간 직접 통신의 경우 단말들 사이의 근접성(proximity)을 이용해 인프라를 통하지 않고 직접 트래픽을 전송함으로써 얻을 수 있는 전송속도, 전송전력, 주파수 활용 면에서의 이점으로 이에 대한 다양한 연구 발표와 여러 표준화 단체에 의한 표준화 논의가 이루어지고 있다. 본고에서는 단말 간 직접 통신 기술 현황과 표준화 단체들의 동향을 살펴본다.

I. 서 론

최근 스마트폰과 개인 스마트 기기의 폭넓은 보급과 이를 통한 무선 멀티미디어 중심의 데이터 서비스에 대한 사용자 요구 증가로 인해 모바일 데이터 트래픽이 급증하고 있다. 이는 셀룰러 통신망의 과부하 문제를 초래할 수 있으므로 사용자의 서비스 품질을 유지하기 위해서는 시스템 용량 증대와 네트

워크의 효율 증대를 위한 기술이 필요하게 된다. 기지국의 과부하 발생을 해결하기 위해 단말 간의 근접성의 이점을 이용해 기존 인프라 즉, 기지국 및 Access Point(AP)들을 이용하지 않고 무선 데이터 트래픽을 단말 간에 직접 전달하는 방식인 단말 간 직접 통신에 대한 관심이 높다. 이는 단말 사이의 지리적 근접성을 이용해 통신함으로써 전송 속도 증가, 전력 소모 감소 및 주파수 재사용(reuse)과 홉 이득(hop gain) 등에 의한 전송 자원 활용도 증가 등의 이점이 기대되기 때문이다. 본 논문에서는 단말 간 직접 통신의 요소 기술들과 관련 표준화 단체들에서의 표준 기술 개발 동향에 대해 알아본다.

본고의 구성은 다음과 같다. 먼저 단말 간 직접 통신 기술 요소들에 대해 정리하고, 근거리 무선 통신 기반 기술인 Wi-Fi P2P와 셀룰러 기반 기술인 퀄컴(Qualcomm)사의 FlashLinQ에 대해 알아본다. 다음으로 IEEE 802 계열과 3GPP 표준화 단체에서 진행 중인 단말 간 직접 통신의 표준 기술 동향을 알아본다.

II. 단말 간 직접 통신 기술

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신원천기술개발의 연구결과로 수행되었음(KCA-2012-12-911-04-002)
한국전자통신연구원 통신인터넷연구부분 모바일 컨버전스 연구부(Mobile Convergence Department, Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI))

2-1 단말 간 직접 통신 기술 요소

단말 간 직접 통신 기술은 셀룰러 네트워크 등 인프라를 기반으로 하는 통신 기술(infra-dependent D2D)과 인프라를 활용하지 않는 인프라 독립적인 통신 기술(infra-independent D2D)으로 나눌 수 있다. 인프라 기반 단말 간 직접 통신 기술은 통신을 구성하는 절차에 기지국 또는 AP도 참여하고, 인프라 독립적인 통신 기술은 단말기들만이 통신에 참여하는 특징을 갖는다.

단말 간 직접 통신을 구성하는 절차는 탐색 단계(discovery), 단말 간의 무선 링크(link) 생성 단계, 그리고 무선 링크를 연결한 단말들 간에 트래픽을 전송하는 트래픽 전송 단계(direct communication)로 구분된다.

탐색 단계의 경우, 단말이 고유한 탐색 신호를 통해 자신의 정보를 제공하고 이를 주변의 단말들이 확인함으로써 서로 식별하는 절차이다. 탐색 단계에서는 소요시간과 전력 소모를 최소화시켜 효율성을 높이는 단말 탐색 기술 개발을 목표로 한다. Wi-Fi P2P의 그룹 형성(group formation) 단계 중 탐색(discovery) 단계, FlashLinQ의 peer discovery 단계 등이 이에 속한다.

단말 간의 무선 링크 생성 단계는 단말 탐색을 통해 발견한 주변 단말들 중에서 데이터 전송을 수행하고자 하는 단말과 무선 링크를 설정하는 단계이다. 하나의 단말이 다른 단말로 링크 생성을 요청하고 상대 단말에서 응답 신호를 보내면 두 단말 간의 무선 링크가 생성된다. 무선 링크를 구별하는 식별자는 할당 방법에 의하여 근접 영역 내에서 고유한(locally unique) 링크 식별자를 할당하는 방식과 중복을 허용하여 랜덤 방식으로 링크 식별자를 선택하는 방식으로 구분된다. 링크 식별자는 다음 단계인 데이터 전송 시의 자원 사용에 사용될 수 있다. Wi-Fi P2P의 그룹 형성 단계에서의 탐색 이후 절차, Flash

LinQ의 paging 절차가 이에 해당된다.

트래픽 전송 단계에서는 무선 링크에 자원을 할당하고 관련 단말들이 신호를 송수신한다. 따라서 자원 할당 방식, 통신 모드 선택 기술들에 대한 고려가 필요하다. 자원 할당 방식은 기지국이 단말이 사용하는 자원을 할당하는 집중형 방식과 간섭을 고려하여 단말기가 지역적으로 사용하는 자원을 선택하는 방식으로 나뉜다. 무선 링크에 할당된 자원에서 수신 단말기가 신호를 복구하도록 간섭을 제어하고, 숨겨진 노드(hidden node) 및 노출된 노드(exposed node)가 발생하지 않아야 한다. 인프라를 활용하는 셀룰러 네트워크 기반 직접 통신(cellular-based D2D)이 가능한 단말의 경우에 셀룰러 방식의 통신(cellular mode)와 직접 통신(D2D mode)을 선택하는 기술이 통신 모드 선택 기술이다. 통신 모드 선택 시에는 무선 자원 효율성 등의 기준이 적용될 수 있다.

2-2 단말 간 직접 통신 기존 기술

단말 간 직접 통신은 근거리 무선통신에서 주로 기술 개발 및 표준화 논의가 이루어져 왔고, 대표적인 기술로서 Wi-Fi 기술을 기반으로 하는 Wi-Fi P2P 기술에 대해 살펴본다. 셀룰러 통신기술에 적용시켜 개발된 기술로는 퀄컴사에서 개발한 FlashLinQ 기술에 대해 살펴본다.

2-2-1 근거리 무선 통신 기술 기반: Wi-Fi P2P

Wi-Fi P2P^[2] (Wi-Fi Direct는 Wi-Fi P2P 규격 인증에 대한 상표명)는 WFA(Wi-Fi Alliance)에서 Wi-Fi 기반 위에 단말 간 직접 통신을 지원하기 위한 규격으로, 선택적인 서비스 탐색 절차(service discovery)를 포함하는 단말 탐색 절차(device discovery), P2P 그룹 형성 및 동작, 그리고 P2P 그룹에서의 절전 모드 동작 등이 기술된 규격이다. 2009년 12월 최초의 초안(draft) 규격이 발표된 이후 2010년 10월 v1.1 규격이 발표되고, 더불어 Wi-Fi에서 인증을 본격화함

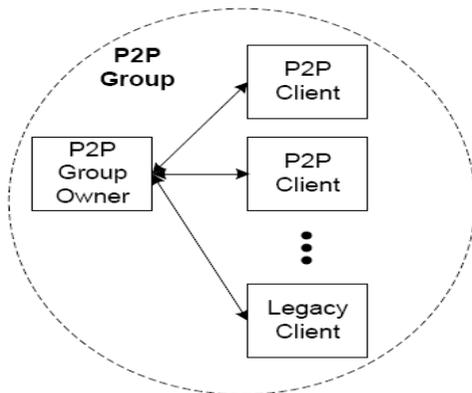
으로써 프린터, 스마트폰과 같은 기기들에서 Wi-Fi P2P 기술의 채용이 점차 확산되어 나가고 있다^[3].

Wi-Fi P2P 기술의 특징 중의 하나는 직접 통신에 참가하는 P2P 디바이스의 역할이 동등하지 않으며, P2P 연결을 설정할 때 협상 과정을 거쳐 Group owner (GO)와 클라이언트 둘 중의 하나로 자신의 역할을 동적으로 결정한다는 점이다. 이를 위해 P2P 디바이스는 P2P GO 또는 P2P 클라이언트 기능 모두를 지원해야 한다. P2P GO는 BSS(Basic Service Set) 동작 모드에서의 AP와 유사한 기능을 수행하면서 WSC (Wi-Fi Simple Configuration^[4])에서 네트워크에 참여할 수 있는 인증서(credential)를 제공하는 Registrar의 기능을 수행한다. 한편, P2P 클라이언트는 BSS에서의 Non-AP STA와 유사한 기능을 수행하면서 WSC에서 Registrar에게 접속을 요청하는 Enrollee의 기능을 수행한다. 또한, P2P 디바이스는 Wi-Fi 인증에서 필수 항목인 802.11e 기능인 WMM(Wi-Fi Multimedia^[5]) 기능을 반드시 지원해야 한다. 기본적으로 P2P GO와 클라이언트 사이에서 통신은 1:1 직접 통신이지만, [그림 1]에서와 같이 하나 또는 그 이상의 레거시 Wi-Fi 디바이스 또는 P2P 디바이스가 모여서 하나의 P2P 그룹을 형성할 경우, 클라이언트와 클라이언트 사이에서는 1:1 직접 통신이 불가능하고 반

드시 P2P GO를 경유하여야 한다.

Wi-Fi P2P의 또 다른 특징은 다수의 Wi-Fi 채널에서 흩어져서 동작하는 P2P 디바이스들이 주변의 P2P 디바이스를 발견할 수 있는 단말 탐색 절차를 제공한다. Wi-Fi P2P의 단말 탐색 절차는 스캔 단계(scan phase)와 발견 단계(find phase)로 구성된다. 스캔 단계는 Probe Request 프레임을 사용하는 Wi-Fi의 active scan 방법을 이용하여 각 채널의 P2P 그룹, P2P 디바이스, 레거시 Wi-Fi BSS 등의 정보를 수집하는 단계로서, 최선의 동작 채널을 찾는 데 사용된다. 한편, 아직 P2P 그룹에 속하지 않은 다른 P2P 디바이스가 채널을 옮겨 다니면서 P2P 디바이스를 찾고 있을 경우 P2P 디바이스들이 서로를 발견하지 못하는 상황을 방지하고, 동일한 채널에서 가능한 빨리 서로를 발견할 수 있도록 스캔 단계 다음에는 발견 단계를 거치게 된다. 발견 단계에서는 P2P 디바이스는 수신 상태(listen state) 또는 탐색 상태(search state)에 있게 된다. 수신 상태의 P2P 디바이스는 social channel이라고 정의된 2.4 GHz 대역의 1번, 6번, 11번 채널 중의 하나를 선택하여 임의의 시간 동안 수신 모드로 대기하는 상태이다. 수신 상태 이후에 P2P 디바이스는 탐색 상태로 천이하여, 각각의 Social channel에 대하여 Active scan을 수행한다. 디바이스가 발견될 때까지 이러한 상태 천이를 계속하게 되는데, 이러한 동작은 P2P 디바이스가 항상 같은 채널에서 임의의 시간 동안 기다리게 하여 서로를 찾는 P2P 디바이스들이 만나는 것을 보장하여 주며, 단말 탐색에 걸리는 시간을 줄여 주게 된다.

선택적으로 발견된 P2P 디바이스들이 서로 연결(association)되기 전에 발견된 P2P 디바이스가 제공하는 상위 계층의 서비스들을 확인하는 서비스 탐색 절차를 할 수도 있다는 점이 Wi-Fi P2P의 또 다른 특징 중의 하나이다. 즉, 디바이스끼리의 연결이 이루어지기 전에 원하는 서비스를 상대방이 지원하는지를 확인할 수 있는 메커니즘을 제공하는 것이다. Wi-Fi



[그림 1] Wi-Fi P2P의 1:N토폴로지^[3]

P2P에서의 서비스 탐색 절차는 직접적으로 서비스 탐색 절차를 지원하는 것 보다는 IP 계층 상위에서 동작하는 서비스 탐색 프로토콜을 연결 이전에 간접적으로 지원하는 개념이다. 이를 위해, 802.11u에 정의된 프레임 포맷을 차용하여 그 안에 상위의 서비스 탐색 프로토콜에서 정의한 서비스 지원 여부를 묻는 SD(Service Discovery) query 및 SD response 메시지를 이용한다.

2-2-2 셀룰러 기반 기술: FlashLinQ

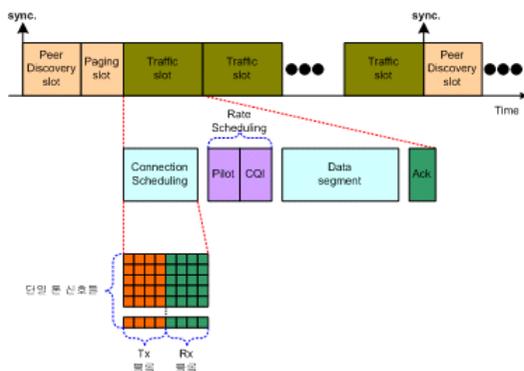
FlashLinQ는 미국 쉐플러 사가 독자적으로 만든 먼 거리 대역에서의 직접 통신 기술로서, 모바일 기기들이 근접한 기기들을 발견하고 직접 통신하는 기술이다^[3]. 2011년에 Mobile World Congress 2011에서 프로토타입 시스템을 처음으로 선보이면서 외부에 공표하였으나, 현재까지 상세한 기술 표준이 공개가 되지 않았다. FlashLinQ가 목표로 하는 서비스는 근접 지역 내에서의 위치 기반 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service), 지역 특화형 모바일 광고와 같은 근접성 인지(proximity-aware)를 특징으로 하는 서비스들이다.

FlashLinQ는 분산적인 자원 접근 방식을 사용하고, 무선 자원은 [그림 2]에서와 같이 반복되는 프레임 구조를 가진다. FlashLinQ는 중앙 집중적인 동기

방식을 따르는 데, 이러한 동기 신호 다음의 첫 부분은 탐색 구간(discovery slot)이다. 이 영역은 단말들이 각각의 식별자를 방송함으로써 다른 단말들로 하여금 자신을 찾는 것이 가능하게 하는데 쓰인다. FlashLinQ는 식별자를 방송함에 있어서 특징적으로 아날로그 OFDM 단일 톤을 사용한다. 이는 단일 OFDM 톤을 사용하여 전송 파워를 집중함으로써 상대적으로 긴 전송 거리를 가지는 효과가 있는데, 쉐플러 사는 최대 1 km의 반경 안의 단말들의 발견이 가능하다고 주장하고 있다.

그 다음 영역인 페이징 구간(paging slot)은 탐색 구간을 이용하여 발견한 단말과 직접 통신 링크를 설정하는데 쓰이는 자원이다. 활성화되어 있는 링크들이 자신들의 고유한 링크 식별자인 LID(Link Identifier)를 근접 단말들에게 방송하고, 이를 수신한 단말들은 사용 중인 LID를 식별하여 리스트를 작성한다. 자신이 링크를 만들 때 주변의 단말들이 사용하지 않는 LID를 선택하여 그것을 직접 통신 링크 상의 상대 단말과 교환함으로써 직접 통신 링크가 설정된다.

트래픽 구간(traffic slot)은 커넥션 스케줄링(connection scheduling) 구간, 레이트 스케줄링(rate scheduling) 구간, 데이터 세그먼트(data segment), 그리고 Ack구간으로 구성된다. 먼저, 커넥션 스케줄링 구간은 데이터 세그먼트를 이용해 필요한 전송 요청 및 전송 요청에 대한 전송 응답 신호 교환에 쓰이는 부분이다. [그림 2]에서와 같이 전송 요청 및 전송 응답은 각각 Tx 블록 및 Rx 블록의 특정 OFDM 단일 톤을 사용하여 전송 및 수신된다. FlashLinQ의 가장 큰 특징은 우선순위(priority)에 기반한 OFDM 단일 톤을 사용하여 무선 자원을 경쟁하는 모든 단말이 경쟁에 참여하고, 자신보다 우선순위가 높은 링크로부터 오는 간섭이 있더라도 수신이 가능하고, 자신의 송신으로 인한 간섭이 우선순위가 높은 링크의 송수신에 방해가 되지 않는다면 다수의 단말이 데이터 송신을 위한 OFDM 자원인 데이터 세그먼트를



[그림 2] FlashLinQ 프레임구조^{[3], [6]}

공유하여 전송하는 자원 재사용(resource reuse)을 지원하는 점이다. 또한, 각각의 링크들이 사용하는 단일 톤의 위치는 매 프레임마다 난수적으로 변경되는데, 이는 모든 링크가 무선 자원 접근에 있어서 공정성을 보장함과 동시에 분산적인 매체 접근에서 충돌이 일어났을 때 수행되는 백오프(backoff)와 같은 효과를 가진다.

다음으로, 레이트 스케줄링 구간은 송신 단말에 의한 광대역 파일럿(wide-band pilot) 신호 전송 구간 및 수신 단말에 의한 CQI(Channel Quality Information) 응답 구간으로 구성된다. 레이트 스케줄링 구간은 이러한 파일럿 신호 전송과 그에 대한 CQI 응답을 통하여 데이터 세그먼트 사용 시 MCS(Modulation and Coding Scheme)를 정하는 단계에 쓰이는 구간이다. 매 트래픽 구간마다 각 링크는 이미 스케줄링된 링크들의 실질적인 간섭만 고려하므로 커넥션 스케줄링 과정보다 보다 정확한 SIR(Signal to Interference Ratio) 관계 파악이 가능하다^[6].

마지막으로, Ack 구간은 데이터 세그먼트에 전송된 데이터를 수신한 수신 단말이 수신 성공 여부에 대한 Ack 신호를 전송하는데 쓰이는 구간으로서, LID에 기반하여 다른 링크들과 중복되지 않는 Ack 채널을 사용하는 것이 보장되어 단말들 간 Ack 신호의 충돌은 일어나지 않게 된다.

Ⅲ. 국제 표준화 동향

3-1 Wi-Fi Alliance/IEEE 802.11

최근 WFA에서는 종래의 ad-hoc 직접 통신 기술인 IBSS(Independent BSS)에 WSC 지원을 추가한 IBSS with Wi-Fi Protected Setup^[7] (Wi-Fi Protected Setup, WPS)는 WSC 규격 인증에 대한 상표명 인증을 2012년부터 시작하였다. 이 기술은 기존의 IBSS에 WPS가 제공하는 손쉬운 셋업 및 향상된 보안을 적용함

으로써 카메라, 프린터, 스마트폰, 멀티미디어 장치를 사용자가 ad-hoc로 손쉽게 연결하는 것을 가능하게 하는데 있다. 그러나 기존 IBSS의 단점으로 지적되던 과도한 전력 소모를 작업 종료 후 연결을 빨리 끝내는 방향으로 개선하였지만 IBSS 절전 방법의 한계를 여전히 가지고 있는 점, 그리고 IBSS가 비록 Wi-Fi 11n 인증에는 포함되어 있지만 인증에서의 선택사항이란 점으로 인해 향후 대중화에는 한계가 있다고 전망된다.

이외에도, 2012년에 WFA가 새롭게 인증을 시작한 직접 통신 기술 중에는 Wi-Fi P2P에 기반한 Wi-Fi Display^[8] (Wi-Fi Miracast는 Wi-Fi Display 규격 인증에 대한 상표명)가 있다. Wi-Fi Display는 Wi-Fi P2P 또는 802.11^[10]의 TDLS(Tunneled Direct Link Setup) 기술 기반 위에서 오디오/비디오 스트리밍 서비스를 지원하는 기술이다. TDLS는 802.11의 직접 통신 기술인 DLS(Direct Link Setup) 기술이 직접 통신 링크를 설정할 때 반드시 DLS를 지원하는 AP가 필요로 하는 점 및 DLS 링크 상에서 절전 기능이 제공되지 않는 단점을 극복하기 위해 802.11z에서 규격화된 기술로서 비록 AP가 TDLS를 지원하지 않아도 되는 장점은 있지만, 여전히 TDLS 링크를 설정하기 위해서는 AP가 있어야 하는 단점이 있기 때문에 Wi-Fi Display에서는 선택 사항이다. 따라서 Wi-Fi Display는 Wi-Fi P2P 기반으로 별도의 AP없이 TV, 스마트폰 그리고 게이밍 콘솔 등과 같은 멀티미디어 장치를 직접 통신 링크를 통해 연결하여 MPEG2TS(Transport Stream)/RTP/UDP/IP 기반으로 오디오/비디오 스트리밍 서비스를 제공할 것으로 전망된다^[9]. 또한, MAC 및 물리계층을 Wi-Fi 인증 디바이스에 기반하고 있으므로 현재의 Wi-Fi 802.11n 디바이스가 향후 802.11ac 디바이스로 진화되어 감에 따라 Wi-Fi Miracast 디바이스는 기가비트 이상의 광대역 스트리밍 서비스 지원이 가능하리라 전망된다.

3-2 IEEE 802.15 Peer Aware Communications

IEEE 802.15.8 PAC(Peer Aware Communications)는 근접성을 인지한 단말기 사이 통신을 제공하는 방법으로 사용자 주변 장치들의 상태 및 위치를 활용한 서비스를 AP와 같은 중앙 제어 장치(centralized controller)없이 분산적(fully distributed) 방식으로 제공하는 규격을 개발한다. 2012년 5월 TG 활동을 시작하여 use cases 개발 및 서비스를 분류하고, 2013년 1월에 규격의 요구사항을 기술하는 TGD(Technical Guidance Document) 문서를 작성 중에 있다. 향후 2013년 5월에 참여 회사별 기술 제안으로 시작하여 2013년 11월에는 규격의 골격이라 할 수 있는 PAC framework 문서(PFD)의 초안 완성이 예정되어 있으며, 2014년 9월에 초안(draft 1.0)의 규격을 배포함을 목표로 하고 있다.

TG8 PAC에서 논의된 대표 use case는 근접성 인지 기반 단말기 간 통신을 사용한 지역 사용자간 소셜 네트워크이다. 소셜 네트워크 성격의 서비스 모델은 다수의 회사(LG, 삼성, ETRI, Hwawei, SCEM, NICT)가 제안을 하였다.

삼성과 LG는 지리적으로 근접하지만 커버리지(coverage)가 비교적 넓은 특징을 가지는 PAC use case model을 제시하였다. 삼성과 LG는 사업성을 고려한 사용자를 검색하는 서비스 모델을 중심으로, 위치 기반의 게이밍, 위치 기반 서비스, 사용자를 중심으로 지리적으로 근접한 사용자나 서비스를 발견하고, 이를 바탕으로 단문 메시지 전송, 광고, 게임, 단말 장치 간 직접 통신에 관심이 있다. NICT는 재난 시 응급 조난 신호 전송 등과 같은 공공 안전(public safety) 용도로 관심이 많아 관련 use case model 제시를 하였다.

화웨이(Hwawei)는 근접거리 (반경 1 km 내)에서 사용자의 위치를 추적하고 이와 관련한 서비스를 제공하는 서비스 모델을 제시하였다. ETRI의 경우, 시선통신 기술 접목을 통한 서비스 응용에 관심이 있

으며, 다수의 PAC 기기들이 존재할 경우 다수 기기들 사이에서 원하는 peer와의 통신을 위한 탐색과정의 부하를 줄이는 방법의 하나로 시선 통신 기술의 서비스 기술을 TG8 표준에 반영하려 하고 있다.

현재 TG8 PAC의 표준화 단계에서는 상기의 use case model 들의 협의 하에 종합한 서비스 분류(application matrix) 문서 작성이 완료된 상태다. 서비스 분류 문서는 TG8 PAC에서 참여 회사별 표준규격기술 제안이 발표되기 전에 기술의 속성, 일반 기대치 기술, 기능적 요구사항을 use case 서비스별로 정리한다. 이 문서에서 정의된 general use case category는 소셜 네트워킹, 광고, P2P 통신, home/office 환경 기반 직접 통신, 의료 서비스, 공공 안전, 교통 안내, 지리/위치 정보 서비스 시나리오 등으로 분류된다. 그리고 각 시나리오 분류 별로 데이터(data)의 평균적인 크기, 기기 탐색 지연(discovery latency), 전송률, 전송 반경, 적정 암호화 수준, 이동성, 그리고 전력 소비량 등을 low, medium, high의 단계로 요약한다.

TG8 PAC의 TGD(Technical Guidance Document) 문서는 참여회사의 규격 제안 시 만족해야 하는 MAC과 PHY의 기능 및 기술적인 요구사항을 정의해 놓은 문서이다.

TGD 문서에는 동작주파수, 다중 접속 기능, QoS 기능, 물리계층의 기본적 링크 마진(link margin) 성능 만족, 전송률, 채널 모델(channel model)과 같은 일반적인 요구사항 외에 PAC 특유의 peering 및 device discovery 기능 그리고 중앙 제어 장치 없이 분산적으로 협력하여 송수신 시의 충돌을 최소화 할 수 있는 MAC의 스케줄링 기능과 같은 요구사항에 대한 내용도 포함이 되어 있다. 특히 PAC가 추구하는 근접성을 인지하는 소셜 네트워크 서비스에 맞는 통신 방식은 단말들이 서로 협력을 통해 분산된 형태로 통신을 하는 방식이다. IEEE 802.15 TG8 표준화 작업에 참여하는 업체들은 이러한 기술들의 통신 방식 guideline 작업을 2013년 1월 IEEE 802 회의에서 완료

하였다.

현재까지 발표된 기고문을 바탕으로 참여 업체 간 협의된 PAC 규격은 탐색(device discovery), 분산 스케줄링(fully distributed scheduling & coordination), 그룹 멀티캐스트(group multicast), 주파수별 변조 방식, 그리고 상대측위(relative positioning) 기능을 포함할 것이다. 현재 TG8 PAC는 call for proposal(CFP)을 추진하였으며, 각 참여 회사별로 다양한 변조 및 채널 접속(channel access)에 관한 구체적인 PHY와 MAC의 기술적 제안은 2013년 상반기에 제시될 것이다.

3-3 3GPP Proximity Service

근접성 기반 서비스(Proximity-based application and service ProSe)은 3GPP의 Technical Specification Group (TSG) 중 Service & Systems Aspects(SA) 산하의 Working Group(WG) 1을 중심으로 논의가 진행되고 있다. ProSe는 Release 12 규격에서 지원을 목표로 퀄컴의 주도 하에 네트워크 제어 방식으로 무선 링크를 사용한 탐색(ProSe discovery), 직접 통신(ProSe communication)을 위한 use cases와 서비스에 대한 요구사항 및 시스템 구조에 대한 논의가 진행되고 있다^[11].

ProSe는 2011년 9월 SA WG1에서 Study Item(SI) 채택으로 시작되었고, stage 1 관련 규격(TR 22.803)을 2013년 3월(SA plenary #59) 완료 목표로 작성 중이며, 2012년 12월 95 % 완료 상태이다. 또한 다음 단계 규격 작성 진행을 위한 Work Item(WI)으로 SA WG1과 WG 2에서 채택된 상태이다.

3GPP SA의 ProSe SI 단계에서는 단말 간 직접 통신을 크게 탐색(ProSe discovery)과 데이터 전송을 위한 직접 통신(ProSe communication)으로 구분하고 있으며, 셀룰러 시스템을 이용한 공공 안전(public safety)에 대한 요구들을 반영하고 있다. 또한 셀룰러 시스템에 단말 간 직접 통신 기술의 적용이 제조자를 중심으로 시작되었으나, 사업자 중심적으로 네트워크

제어 기반의 직접 통신이 논의되고 있다. 이에 따라 주로 논의된 use cases는 크게 general use case와 public safety로 구분된다. General case는 소셜 네트워킹을 포함한 대부분의 어플리케이션들의 동작 시나리오들에 대한 것이며, 근접한 모든 단말에 대한 다른 단말들에 의한 탐색이 제한 없이 이루어지는 경우(open discovery)와 단말이 근접 시에 해당 단말에 대한 탐색이 허가된 단말들에게만 제한되어 이루어지는 경우(restricted discovery), 서로 근접한 단말들이 동일한 통신 서비스 사업자에 등록되어 있고, 서비스 받는 경우와 등록된 사업자가 서로 달라 서로 다른 사업자를 통해 서비스를 받고 있는 경우, 셀룰러 네트워크 대신 근거리 무선통신(WLAN)을 통한 트래픽 전송이 이루어지는 경우 등을 고려해 세부 use case들의 요구 조건들에 대해 정리하고 있다. Public safety의 경우 public safety service 전용 대역의 서비스만을 고려하며, 네트워크 영역 내부(within E-UTRAN coverage)에서의 동작, 네트워크 영역 외부(out of E-UTRAN coverage), 세 가지 전송 시나리오(one-to-one, group, broadcast), 릴레이(relay) 등의 세부 use case들의 요구사항들에 대해 정리한다.

2013년 3월 이후 진행될 3GPP SA WG들의 ProSe WI 단계에서는 ProSe SI에서의 논의된 사항을 바탕으로 탐색, 트래픽 전송을 위한 직접 통신, WLAN을 통한 직접 통신을 위한 EPC(Evolved Packet Core) 지원, public safety 지원을 위한 그룹 통신(group communication), 방송(broadcast) 지원 및 릴레이(relay)에 대한 요구사항 정리와 이에 따른 관련 규격 작업을 목표로 논의를 진행할 예정이다. 그리고 네트워크 지원 영역(network coverage) 밖에서의 탐색 및 직접 통신은 Public Safety로만 제한하고 있다.

3GPP TSG 중 Radio Access Network(RAN)에서의 관련 동향은 다음과 같다. RAN의 Release 12 이후의 표준화 방향 및 기술 방향 논의를 위한 2012년 7월 RAN Workshop에서 회원사들이 단말 간 직접 통신

에 대한 관심을 나타냈으나, 별도의 표준화 진행은 없었다. 그러나 SA의 stage 1 과정 완료에 따라 2012년 12월 RAN plenary 회의에서 LTE device-to-device proximity service 관련 내용을 SI로 채택하였다^[12]. 해당 SI의 목표는 주로 단말 간의 탐색 중심으로 하고, 직접 통신의 경우는 public safety만으로 범위를 한정하며, 진행 일정은 2013년 3월 회의에서 논의될 예정이다.

IV. 결 론

본고에서는 단말 간 직접 통신 기술 요소와 관련 기존 기술들, 그리고 여러 국제 표준화 단체에서의 표준기술 개발 동향에 대해 살펴보았다.

단말 간 직접 통신은 단말 간 근접성의 실시간 인지 기능 및 효율적인 데이터 전송을 활용한 근접성 기반 신규 서비스(소셜 네트워킹, 모바일 광고, 실시간 지역 정보 등의 응용 서비스)를 제공할 수 있을 것이다. 또한 인프라 통신의 한계를 극복하고 지구에 집중되는 트래픽의 부하 분산 및 무선 셀 용량 증대의 관점에서 단말 간 직접 통신은 셀룰러 시스템에 적용될 것이다. 따라서 단말 간 직접 통신은 향후 인프라 통신과 협력 전송 및 인프라 독립적인 분산형 직접 통신에 의한 무선 접속 능력 향상을 통해 인프라 통신을 보완하는 방향으로 발전할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 성선익, 홍종우, 김경수, 박승일, 박천우, 최성현, 이광복, "셀룰러 네트워크 기반의 D2D 통신 기술 현황", 한국통신학회지(정보와 통신), 29(7), pp. 97-105, 2012년 6월.

- [2] Wi-Fi Alliance, "Wi-Fi Peer-to-Peer (P2P) Technical Specification", version 1.1, 2010년 10월.
- [3] 장성철, "단말 간 직접 통신 동향 및 전망", PM Issue Report, 제1권 이슈 2, pp. 2-21, 2012년 8월.
- [4] Wi-Fi Alliance, "Wi-Fi Simple Configuration Technical Specification", version 2.0.0, 2010년 12월.
- [5] Wi-Fi Alliance, "WMM Specification", version 1.1, 2005년.
- [6] 강진환, 장 민, 김상호, "차세대 통신 시스템을 위한 D2D 통신: 기술 동향", 전자공학회지 39(3), pp. 47-55, 2012년 3월.
- [7] Wi-Fi Alliance, "IBSS with Wi-Fi Protected Setup Technical Specification v1.0.0", 2012년.
- [8] Wi-Fi Alliance, "Wi-Fi Display Technical Specification v1.0.0", 2012년 6월.
- [9] 한국정보통신기술협회, "Wi-Fi 응용 기술의 진화", TTA저널 144, pp. 72-76, 2012년 11월.
- [10] IEEE, "IEEE Std 802.11-2012", 2012년 3월.
- [11] 3GPP TR 22.803 v12.0.0, "Feasibility study for Proximity Services(ProSe)", 2012년 12월.
- [12] 3GPP TSG RAN #58 ,RP-122009, "Study on LTE Device to Device Proximity Services", 2012년 12월.

≡ 필자소개 ≡

정 수 정



1998년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
2001년 2월~현재: 한국전자통신연구원 [주 관심분야] 차세대 셀룰러 통신, 직접 통신

장 성 철



1992년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1999년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1999년 7월~현재: 한국전자통신연구원 [주 관심분야] 이동통신 무선접속 프로토콜 등

조 승 권



1999년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)
2001년 2월: 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
2001년 3월~현재: 한국전자통신연구원 [주 관심분야] 자원할당, 직접 통신

권 동 승



1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
2004년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1988년 현재: 한국전자통신연구원 [주 관심분야] 이동통신 시스템 및 무선전송기술

윤 찬 호



2003년 2월: 고려대학교 전기전자전파공학부 (공학사)
2005년 2월: 한국과학기술원 공학부 (공학석사)
2011년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
2005년 2월~현재: 한국전자통신연구원

[주 관심분야] 차세대 통신, Beam-Steering, Massive MIMO, Interference Management, Synchronization, LDPC 등