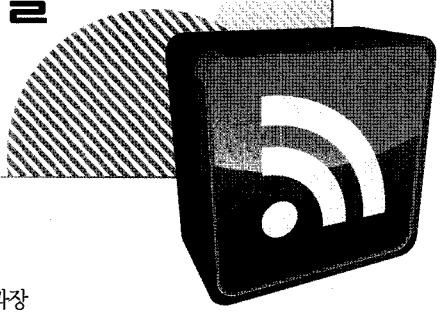
휴대인터넷(와이브로) 펨토셀 네트워크 구조 및 프로토콜



차용주 | TTA IMT WiBro PG702 서비스 및 네트워크 WG 의장,
KT 중앙연구소 차세대무선담당 부장, FMC 포럼IEEE/WiMAX 분과장

1. 머리말

지난 2009년 12월에 TTA 단체표준으로 새롭게 제정된 '휴대인터넷(와이브로) 펨토셀 네트워크 구조 및 프로토콜(TTAK.KO-06.0228)' 표준[1]은 옥내 환경에서 와이브로 서비스를 제공하는데 요구되는 옥내용 와이브로 시스템의 기능과 펨토셀을 통해 와이브로 서비스를 제공하기 위해 기본적으로 요구되는 절차에 대하여 정의하고 있다. 펨토셀은 유무선 컨버전스 서비스 시대를 맞이하여 그 활용도가 매우 높아질 것으로 예상되는데 주로 댁내, 중소형 사무실, 빌딩 등에서 폭발적으로 증가하고 있는 무선 데이터 트래픽의 수요를 충족시키고 와이브로 서비스에 접속 편리성을 증진시킴으로써, 와이브로 시장을 자연스럽게 활성화시켜 나가는 데 도움이 될 것으로 예상한다.

TTA PG702에서는 2007년부터 와이브로 펨토셀에 대한 표준화를 시작했으며, 2008년 2월에 펨토셀 요구사항을 반영해 기존 기술보고서인 휴대인터넷 서비스 및 네트워크 요구사항을 개정하였다[2]. 또한, 이를 바탕으로 국제 표준화를 위해 2008년 1월 WiMAX 포럼에 펨토셀 표준화 과제를 신규 제안해 펨토셀 시스템에 대한 요구사항 표준화를 2009년 4월에 완료했다[3].

한편, 와이브로 펨토셀 네트워크에 대한 표준화는 요구사항 기술보고서 개정을 완료한 후 바로 추진했으나, 국내 표준과 국제 표준과의 일치를 통한 상호 연동성을 보장하기 위해 WiMAX 포럼 표준화 일정과 보조를 맞추어 진행하게 되었다. 따라서 본 표준에서는 2009년 9월 WiMAX 포럼 NWG에서 확정한 내용만을 포함하고 있으며, 펨토셀 네트워크 구성을 위한 가장 기초적인 규격이라고 하겠다.

본 표준의 구성은 크게 두 부분으로 이루어져 있는데, 와이브로 펨토셀 네트워크 참조 모델을 정의하는 부분과, 와이브로 펨토셀 기지국에 대한 초기화/권한 부여 절차, 단말의 접속/해제 절차를 규정한 제어 평면 프로토콜 및 접속절차 부분이다. 와이브로 펨토셀 네트워크 구조 및 프로토콜 표준의 세부 사항은 발간된 표준 본문을 참조하기 바라며 주요 내용을 중심으로 소개하면 다음과 같다.

2. 정의

이 표준 문서는 다른 표준과 마찬가지로 본 문서에서

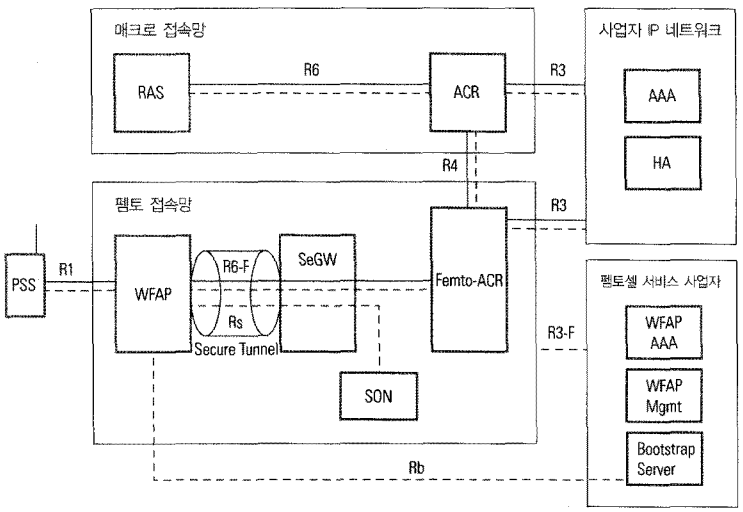
사용하고 있는 용어들에 대한 설명으로 시작한다. 이 표준에서 정의한 용어들에 대한 설명은 〈표 1〉과 같다.

3. 네트워크 참조 모델

와이브로 펨토셀의 전반적인 구조는 [그림 1]과 같다. 그림 상단에 있는 RAS(Radio Access Station)와 ACR(Access Control Router)은 기존 옥외형 와이브로 시스템의 구성 요소이고, 우측 상단에 있는 사업자 IP 네트워크는 기존 매크로 서비스 사업자를 위한 코어망의 구성요소를 나타낸 것이다. 즉, 펨토셀은 기존 와이브로 네트워크 구성에 펨토 접속망과 펨토셀 서비스 사업자를 추가 구성한 것으로, 펨토셀 서비스 사업자는 WFAP의 운용, 인증, 관리 등을 제공하고 가입자를 관리한다.

〈표 1〉 용어 정의

용어	설명
IP 접속망	DSL, 케이블 모뎀, 광케이블, 이더넷 등 가입자 영역과 인터넷 서비스 제공자의 네트워크 간에 IP 트래픽을 전달하는 역할을 수행
와이브로 펨토셀 기지국 (WFAP : WiBro Femto Access point)	허가 대역에서 운용되는 저전력의 와이브로 기지국으로 댁내 및 SOHO(small office, home office)와 같은 소규모의 영역에 적합하고,사용자가 간단히 기존의 IP 접속망에 연결하여 직접 설치할 수 있는 plug & play 기능이 지원됨
와이브로 펨토셀	WFAP와 펨토셀 서비스를 제공하는 데 필요한 부가적인 네트워크 구성요소
CSG(Closed Subscriber Group)	WFAP 가입자 또는 펨토셀 서비스 사업자에 의하여 특정 WFAP에 대한 사용권한을 부여 받은 사용자 그룹
펨토셀 서비스 가입자	WFAP에서 제공하는 펨토셀 서비스에 가입한 개인, 기업 또는 공공기관
SON(Self-Organizing Networks)	WFAP와 SON 서버가 연계하여 WFAP에 속한 PSS에게 최적의 무선 환경을 제공하기 위한 기능
로브-인(Rove-in)	매크로셀에 접속한 PSS가 IDLE 모드 상태에서 펨토셀로 이동한 것
로브-아웃(Rove-out)	펨토셀에 접속한 PSS가 IDLE 모드 상태에서 매크로셀로 이동한 것
CSG white list	CSG white list는 PSS가 접속 가능한 WFAP의 ID(Preamble 또는 BS ID) 목록으로 PSS에 저장됨



[그림 1] 펨토셀 네트워크 참조모델

펨토 접속망에 위치하는 WFAP는 가입자에 따라 댁내, 중소형 사무실 또는 빌딩 내에 위치하며, IP 접속망에 연결되어 동작한다. WFAP는 SeGW(Security Gateway)를 거쳐 Femto-ACR 및 기타 관리서버들과 통신한다. SeGW는 WFAP에 대한 인증 및 권한부여 기능을 수행하는데, WFAP가 자신의 펨토셀 서비스 사업자가 아닌 다른 사업자의 IP 접속망(Unsecured network)을 통해 연결될 수도 있기에 Secure Tunnel의 종단점 기능을 제공한다. 이때, SeGW는 개별로 존재하거나 Femto-ACR에 탑재될 수 있다.

Femto-ACR은 자신에 속한 WFAP를 제어하며 가입자 트래픽을 코어 네트워크로 전달하는 기능을 제공한다. 펨토셀은 운용자가 수동으로 입력하던 기존의 네트워크 관리 방식과는 달리 자동으로 WFAP의 RF, 송출전력, 네이버 리스트 등의 자동 설정 기능을 제공하는데, 이러한 기능을 제공하는 구성요소가 SON이다.

각 네트워크 구성 요소별 주요 기능을 요약하면 〈표 2〉와 같다.

또한 펨토셀을 위해 R3-F, R6-F, Rs, Rb 등 새로운 참조점을 정의했다. R3-F 인터페이스는 펨토셀 접속망와 펨토셀 서비스 사업자망 내 구성요소(펨토셀 AAA, 관리서버 등) 간에 정의된 참조점으로, WFAP의 인증/권한부여/과금을 지원하기 위한 제어 평면 프로토콜 및 WFAP의 운용관리를 위한 관리 평면 프로토

〈표 2〉 네트워크 구성요소별 주요 기능

구성 요소	주요 기능
WFAP	– PSS에 인터넷 서비스 제공 – CSG 그룹 관리 – 무선 자원 관리 – Femto-ACR 및 SeGW와 연동 – WFAP 간 이동성 지원 – 자동 설정
Femto-ACR	– 기존 Macro ACR 기능 제공 – 펨토셀 추가 기능 지원
SeGW	– WFAP을 위한 보안(IPSec) 터널 기능 제공 – SeGW와 WFAP 간 링크로 유입되는 불법 패킷 차단 – WFAP의 액세스 Network 접속 제어 – R6-F를 통해 WFAP에서 유입되는 데이터 패킷의 유효성 보장(WFAP ID 변조방지) – WFAP와 SeGW 간 데이터 암호화(optional) – 무결성 검사 – NAT 지원
SON	– MAC, PHY 등 무선 인터페이스 설정 관리 기능 · 초기 설정: WFAP의 위치 및 무선상황(이웃 WFAP 및 Macro BS)을 기반으로 함 · 주기적인 재설정: 간섭 또는 주위 WFAP의 접속 시도 등이 발생한 경우에 수행 – 무선 파라미터 성능 관리: 실시간 측정치를 수집하여 변동사항 발생 시 조치 – 간섭 제어: 성능 관리에 의해 수집된 측정치를 기반으로 간섭을 주기적으로 검출하고 이를 기반으로 간섭을 조절(송출 출력 제어 등) – 무선 링크에 대한 장애 관리 · 장애 검출 · 장애 복구
WFAP 관리 시스템	– SNMP, TR069 또는 DOCSIS 기반으로 운용 관리 제어
부트스트랩 서버	– WFAP의 초기설정에 필요한 SeGW의 IP 주소 전달
Femto AAA 서버	– WFAP 가입 정보를 관리하며, 인증/권한부여/과금 기능 지원

콜을 정의한다. R6-F 인터페이스는 WFAP와 Femto-ACR 간의 통신을 위한 제어 평면과 베어러 평면 프로토콜을 정의하고 있으며, 기존의 R6 기능 이외에 펨토셀을 위한 기능을 추가한 형태를 가진다. R6-F를 통과하는 제어 및 베어러 평면 트래픽은 WFAP와 SeGW 간의 IPSec 터널을 통해 전달된다. Rs 인터페이스는 펨토셀 접속망에서 SON 기능을 제공하기 위해 필요한 프로토콜과 메시지를 정의하며 보안을 위해 SeGW를 경유한다. Rb 인터페이스는 WFAP와 부트스트랩 서버 간의 프로토콜을 정의한다.

4. 제어 평면 프로토콜 및 접속 절차

4.1 WFAP 초기화 및 권한부여

WFAP 초기화를 위해 TTA에서 정의한 규격을 만족하는 WFAP-인증서를 WFAP에 내장해야 하며, 선택사항으로는 펨토셀 서비스 사업자가 부트스트랩 서버의 도메인 주소를 사전에 WFAP에 설정할 수도 있다. WFAP의 초기화 절차를 간략히 설명하면 다음과 같다.

먼저, WFAP의 전원이 인가되면, WFAP는 DHCP 절차를 통해 IP 접속망으로부터 IP 주소를 획득하게 되는데 이 때, WFAP가 부트스트랩 서버의 도메인 주소를 가지고 있으면 DNS 서버에 질의하여 부트스트랩 서버의 IP 주소를 획득하고, 그렇지 않으면, DHCP 단계에서 옵션 필드를 이용하여 IP 주소를 획득한다. WFAP가 부트스트랩 서버의 IP 주소를 획득한 후 ID/PW 방식 또는 내장된 인증서로 부트스트랩 서버와 보안 연결을 설정하고 부트스트랩 서버로부터 초기 설정 정보를 수신한 후, 자신의 위치 정보(GPS, 펨토셀 서비스 가입시 주소)를 송신해 적합한 SeGW IP 주소 및 관리 서버의 도메인 주소를 획득한다.

WFAP의 인증이 성공한 후에는 SeGW와 WFAP 간의 IPSec 터널이 형성하는데, 이때 SeGW는 EAP 메시지를 Femto AAA로 릴레이하여 WFAP에게 IPSec 통신을 위한 IP 주소를 할당한다.

WFAP는 DNS로부터 관리서버의 IP 주소를 획득하여 관리서버와 연결을 설정한 후 자신의 local 정보(IP 주소, HW S/N, SW 버전, 위치정보 등)를 관리서버에게 전달한다. 관리서버는 WFAP로부터 수신한 정보를 관리하고, SON 서버의 도메인 또는 IP 주소를 WFAP에게 제공한다.

WFAP는 SON 서버에 접속한 후, 주변의 무선 정보(주변 매크로 셀/펨토셀의 Preamble, 주파수, RSSI 등)를 SON 서버에 전달하고 SON 서버는 전달받은 정보를 기반으로 해당 WFAP에 적합한 PHY/MAC 설정 파라미터를 전달한다. 이때 SON 서버는 해당 WFAP가 합법적인 위치에 있는지 검증해 RF 송출이 가능한지 판단해야 한다. 끝으로 WFAP는 R6-F 참조점을 통해 Femto-ACR에 등록한다.

4.2 PSS 초기접속

PSS와 WFAP 간의 연결 설정은 매크로와 동일한 초기 접속 절차를 수행한다. 다만, CSG-closed WFAP의 경우, 초기 레인징 단계에서 CSG 접속 제어 과정을 추가로 거치게 되는데, PSS의 MAC ID를 WFAP의 CSG 리스트와 비교하여, PSS의 MAC ID가 CSG 리스트와 일치하지 않으면 즉시 초기접속 절차를 종료하고 해당 PSS의 접속을 제한한다. CSG-Open WFAP의 경우에는 CSG 접속제어 절차를 수행하지 않는다. 다만 CSG 리스트에 있는 PSS는 그렇지 않은 PSS에 대해접속 우선순위를 갖는다.

4.3 PSS 접속 해제

PSS는 매크로와 동일한 접속 해제 절차를 수행한다.

5. 맺음말

본 고에서는 지난 2009년 12월에 TTA 단체표준으로 제정된 '휴대인터넷(와이브로) 펨토셀 네트워크 구조 및 프로토콜(TTAK.KO-06.0228)' 표준에서 기술하고 있는 네트워크 참조모델과 제어평면 프로토콜 및 접속 절차에 대해 소개하였다. 현재 제정되어 있는 와이브로 펨토셀 표준은 펨토셀 네트워크 구성을 위한 가장 기초적인 규격으로 TTA PG 702에서는 국제 표준과 일관성을 유지하면서 이동성 관리, 아이들 모드/페이징 등의 추가적인 기능과 메시지를 정의하기 위해 현재 개정 작업을 진행하고 있다.

본 표준에 따라 구현되는 와이브로 펨토셀은 스마트폰 사용자가 늘어나고 무선 데이터 트래픽이 폭발적으로 증대되는 통신 시장 상황을 고려할 때, 매크로 셀과 트래픽을 나눠가지면서 옥내 환경에 모바일 브로드밴드 액세스를 제공하는 가장 용이한 솔루션으로 시장에서의 역할 및 활용 가치는 증가할 것으로 예상된다.

[참고문헌]

[1] TTA(http://www.tta.or.kr), 정보통신단체표준(국문표준) TTAK.KO-06.0228, '휴대인터넷(와이브로) 펨토셀 네트워크 구조 및 프로토콜', 2009.12. 22.

[2] TTA(http://www.tta.or.kr), 정보통신단체표준(기술보고서) TTAR-0017/R3, '2.3GHz 휴대인터넷(WiBro™) 서비스 및 네트워크 요구사항', 2008.2.22.

[3] WiMAX Forum(http://www.wimaxforum.org), WiMAX SPWG, 'Requirements for WiMAXFemtocell Systems, ver. 1.0.0,' 2009.4.16. TTA

정보통신용어해설

Heterogeneous Network

Heterogeneous Network, HetNet [통신망]

여러 종류의 셀들이 혼재되어 운영되는 네트워크.
증가하는 데이터 서비스에 대한 요구를 충족시키기 위하여 기존의 매크로셀이나 마이크로셀에 저출력의 피코셀, 펨토셀, 무선중계기 등을 추가하여 구성한 네트워크이다. 소형셀들의 용도는 정해져 있지는 않지만 피코셀은 데이터 서비스 요구가 많은 핫존(hot zone)에 펨토셀은 실내 사무실이나 가정에, 무선중계기는 매크로셀이나 마이크로셀의 커버리지(coverage)를 보완하는 용도로 운영할 수 있다.