

와이브로에서의 IPv6 기술*

(TTAS.KO-10.0210)

한 연 희 | 한국기술교육대학교 교수, TTA PG210 WiBro6 WG 공동의장
백 은 경 | KT 수석연구원, TTA PG210 WiBro6 WG 공동의장

1. 기술표준 개요

최근 IEEE 802.16d/e 표준화가 마무리되고 이에 기반을 둔 WiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access) 및 WiBro(Wireless Broadband) 표준에 대한 상업적 서비스가 시작되었다. 특히 국내 WiBro 서비스는 국제적으로 휴대인터넷을 표방하는 최초의 무선 브로드밴드 인터넷 서비스이다. WiBro의 PHY 계층 및 MAC 계층은 국제 표준인 IEEE 802.16d/e를 활용하고 있으며, IEEE 802.16e는 기존 IEEE 802.16d 표준을 바탕으로 이동성을 보완한 기술이다.

WiBro는 현재 IPv4를 이용하여 광대역 무선인터넷 서비스를 시작하지만 차후에는 IPv6까지 지원되도록 할 예정이다. IPv6는 무한개에 가까운 주소를 단말이나 장비에 할당할 수 있도록 설계된 차세대 인터넷 프로토콜로서 WiBro가 차세대 휴대인터넷의 대표 기술을 표방하는 만큼 IPv6를 도입하게 되면 명실상부한 차세대 인터넷을 견인하는 훌륭한 플랫폼이 될 수 있을 것이다.

이와 같은 취지하에 IPv6의 국내 표준을 주도하는 TTA의 PG210(IPv6)는 2005년 11월 'IPv6 over WiBro' 실무반(이하 'WiBro6 실무반')을 개설하고 관련 기술의 국내 표준화를 시작하였다. WiBro6 실무반의 주 활동위원들은 그동안 국내외의 IPv6 관련 표준화

를 전담해온 전문가들로 구성되어 있다. 한편, WiBro의 표준을 그동안 전담해온 TTA의 PG302 (2.3GHz 휴대인터넷 PG)의 '네트워크 및 서비스' 실무반에서는 WiBro6 실무반과의 긴밀한 협동 체제를 갖추어 WiBro6 실무반에서 만들어낸 표준을 검토하고 의견을 제시하는 역할을 담당하고 있다.

WiBro6 실무반은 약 1년 간의 활동을 통하여 '와이브로에서의 IPv6 기술(영문 제목: IPv6 over WiBro)'의 제목으로 첫 국내고유 표준안을 만들었다. 이 표준안은 2006년 10월 PG302의 검토 작업을 거쳐서 2006년 11월 말에 TTA의 기술위원회 회의에서 국내 고유 표준으로 인증을 받았다. 본고는 이와 같이 국내 고유 표준인 '와이브로에서의 IPv6 기술'에 대한 작업 배경 및 기술 요약을 소개한다.

2. 국제 표준과의 관계

IEEE802.16 링크에서 IPv6 기술에 관한 표준 제정은 IETF 및 WiMAX에서 2006년 한 해 동안 매우 활발하게 그 표준화가 진행되었다. 특히, 국내의 여러 WiBro 및 IPv6 전문가들이 이 기술 분야만큼은 다른 기술들과는 달리 적극적으로 활동을 하고 있으며, 그 활약이 매우 두드러진다. 이러한 국제 표준화 단체의 활동은 국내 TTA의 PG210 및 PG302의 활동 중에 지속적

* 본 고의 내용은 TTA PG210 산하 WiBro6 실무반에서 작성한 기술보고서를 토대로 한 것이며, 본 실무반의 작업에 참여하신 모든 분들에게 감사드립니다.

인 모니터링이 필요하며, 더 나아가 상호 참조 형태의 협조가 필요하다고 볼 수 있다.

16ng는 IEEE 802.16 Next Generation의 약어로써 2005년 11월에 개최된 64차 IETF 회의에서 처음 사용된 BoF(Birds of the Feathers) 명칭이다. BoF는 IETF 산하에서 공식 WG(Working Group)을 만들기 위해 거치는 중간 단계로서 IETF에서 국제 표준 제정을 위하여 새로운 WG이 필요하다고 생각되는 이슈를 선정하고 이에 대한 타당성을 검증하는 모임이다. 16ng는 IEEE 802.16 링크에서 IPv6 기술을 운영하기 위한 기술표준을 만드는 목적을 가지고 있으며, 두 번의 BoF 모임을 거쳐서 2006년 7월에 열린 66차 회의에서 공식 WG으로 승격되어 첫 WG 회의를 진행하였다. 특히, BoF 회의 및 7월에 열린 WG 회의에서 국내 WiBro에 대한 소개를 2번에 걸쳐 KT에서 진행했으며, TTA의 PG210 산하의 WiBro6 실무반 활동도 보고하는 등 국내 서비스 및 활동을 소개하는 유익한 자리가 되었다. 한편, 2006년 한 해 동안 WiMAX에서도 NWG(Network Working Group) 산하에 IPv6 서브그룹이 만들어져서 관련 내용을 심도 있게 토론하여 NWG 문서의 주요 섹션으로 구성하는 작업이 이루어졌다.

국내 TTA 산하 WiBro 6 실무반에서 ‘와이브로에서의 IPv6 기술’에 대한 표준화 작업을 하는 동안 위와 같은 IETF 및 WiMAX 국제 표준들과의 호환성 유지를 위하여 많은 노력을 기울였다. 국내의 WiBro6 실무반의 많은 위원들이 직접 IETF 16ng나 WiMAX의 NWG에서 적극적으로 활동을 겸하고 있어서 그러한 호환성 유지 작업이 그리 어렵지는 않았다. 또한, WiBro6 실무반에서 먼저 기술회의를 하고 그 결과를 국제표준에 들

고나가 반영을 하는 사례도 있었다. 더욱이 IETF 및 WiMAX의 기술 표준과는 다르게 WiBro6 실무반의 ‘와이브로에서의 IPv6 기술’ 표준은 세계 최초로 휴대인터넷 사업을 시작한 WiBro 사업자들이 주 구성원으로서 활동하는 TTA PG302의 기술 검토를 거친 것이라는 점에서도 그 의의가 크다.

3. ‘와이브로에서의 IPv6 기술’ 표준 내용

WiBro6 실무반에서 본 표준을 토론하기 시작할 때 가장 먼저 수행한 일은 표준의 범위(Scope)와 요구사항(Requirements)을 정하는 것이었다. 사실상 범위와 요구사항의 내용이 전체 표준내용의 가장 기본적인 뼈대를 이루는 만큼 많은 시간과 노력을 기울였다. 그러한 범위 및 요구사항에 기반을 둔 기술적 특징은 다음과 같이 정리된다.

우선 본 표준은 TTA PG302에서 정의한 그림 1의 네트워크 참조 모델을 변경없이 그대로 사용한다. 그림 1에서 참조 포인트 U, A, I, IR은 각각 PSS(Portable Subscriber Station)와 RAS(Radio Access Station) 사이, RAS와 ACR(Access Control Router) 사이, ACR과 코어 네트워크 사이, 두 개의 ACR 사이의 인터페이스를 지칭한다. IEEE 802.16 링크기술은 다른 IEEE 802 계열 기술과 차별되는 특성을 지닌다. 그 중 한 가지는 IEEE 802.16 MAC의 상위 계층에 존재하는 Convergence Sub-layer(CS)에서 IP 및 TCP/UDP

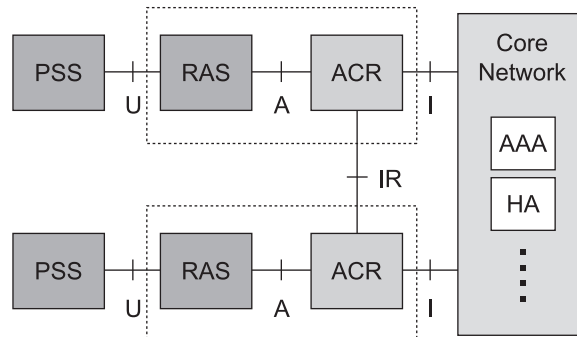


그림 1. WiBro의 네트워크 참조 모델

헤더 내의 필드들을 이용하여 Flow Classification 및 Connection ID(CID) Mapping을 한다는 점이다. 또한, 기지국과 단말사이의 무선 구간에서 Point-to-Multipoint 통신을 하며, 이 때 이미 주어진 48비트 MAC 주소를 사용하는 것이 아니라 16비트 CID를 사용하여 통신 연결 관리를 수행한다. 그래서, CS Layer는 기지국과 단말 사이 무선 구간에 IEEE 802.16d/e MAC 프레임을 전달하기 위한 일종의 터널링 효과를 제공하며, CID가 그러한 터널의 식별자 역할을 하게 된다. 현재 IEEE 802.16d/e 스펙에는 총 11 종류의 CS Layer가 소개되고 있다. 그 중 본 표준과 연관되어 논의된 것은 CS Layer는 IPv6 CS와 Ethernet CS이다. 이 중 WiBro를 위해서는 항상 IPv6 CS를 사용하는 것으로 결정되어 있다.

픽은 터널링 방법 등을 이용하여 항상 Point-to-Point 방식으로 처리된다. 따라서 근본적으로 IPv6 이웃 노드들 간의 직접 통신 및 IPv6 Neighbor Discovery 프로토콜 지원이 어렵거나 그 필요성이 사라지게 된다. 또한, 모든 데이터 트래픽은 항상 ACR을 거쳐서 지나가는 점도 주목해야 한다. 그림 2는 IPv6 CS를 활용하여 통신을 할 때 PSS와 RAS 사이 및 RAS와 ACR 사이의 패킷 구성모습을 보여준다.

링크 모델로는 그림 3에서 소개되어 있는 Shared Prefix 모델과 Per-PSS Prefix 모델이 둘 다 사용될 수 있다. Shared Prefix 모델에서는 임의의 서브넷이 하나의 ACR과 여러 개의 RAS 및 PSS로 구성된다. 그러므로 하나 또는 두 개 이상의 IPv6 Prefix를 같은 링크에 붙어 있는 여러 PSS가 공유하여 사용하는 방법이

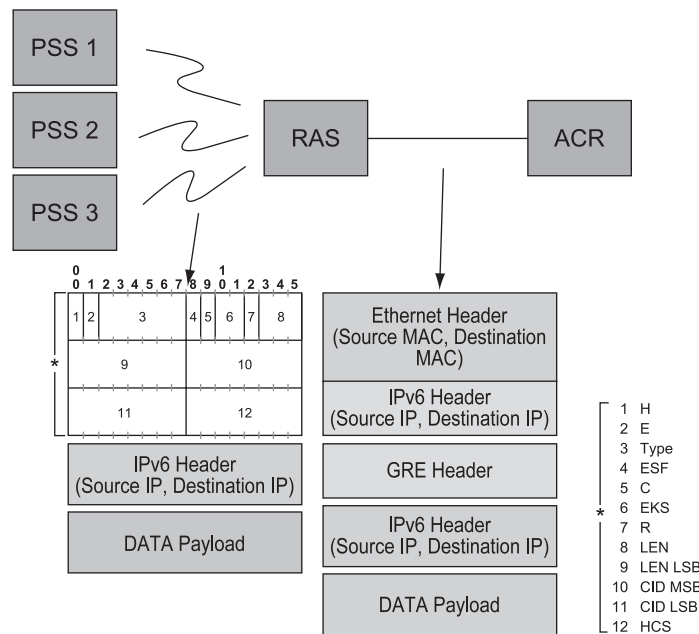
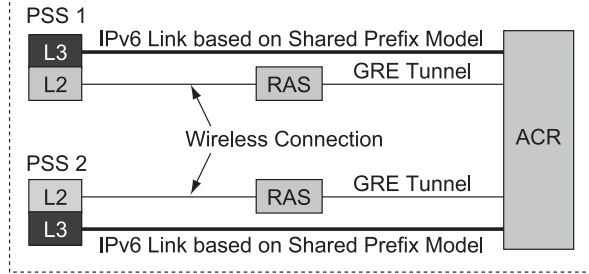


그림 2. IPv6 CS를 활용할 때의 패킷 구성모습

IPv6 CS를 사용하게 되면 기지국과 단말이 주고받는 IEEE 802.16d/e MAC 프레임에 대하여 곧바로 IPv6 헤더가 덧붙여지게 되며, PSS 관점에서 다음 홉(next hop)인 라우터와 통신할 때, 또는 라우터 관점에서 다음 홉인 PSS와 통신할 때, Layer 2 주소 정보는 활용하지 않는다. 대신 Connection Identifier(CID)를 활용하게 되며 PSS에서 RAS 및 ACR까지 주고받는 트래

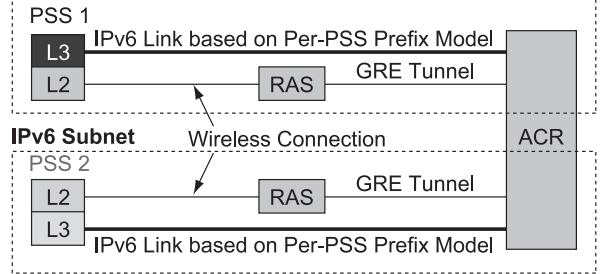
픽은 터널링 방법 등을 이용하여 항상 Point-to-Point 방식으로 처리된다. 따라서 근본적으로 IPv6 이웃 노드들 간의 직접 통신 및 IPv6 Neighbor Discovery 프로토콜 지원이 어렵거나 그 필요성이 사라지게 된다. 또한, 모든 데이터 트래픽은 항상 ACR을 거쳐서 지나가는 점도 주목해야 한다. 그림 2는 IPv6 CS를 활용하여 통신을 할 때 PSS와 RAS 사이 및 RAS와 ACR 사이의 패킷 구성모습을 보여준다.

IPv6 Subnet



(a) Shared Prefix 모델에 기반한 IPv6 링크

IPv6 Subnet



(b) Per-PSS Prefix 모델에 기반한 IPv6 링크

그림 3. WiBro 네트워크에서 IPv6 링크 모델

링크에는 항상 하나의 ACR과 하나의 PSS만이 IPv6 Neighbor로의 관계를 유지하게 된다. 그러므로 RFC 2461의 IPv6 Neighbor Discovery 프로토콜을 운영하기가 쉽다. 한편, 현재 본 표준에서 두 개 중 어느 하나를 더 추천하지는 않는다.

본 표준에서는 IPv6 Neighbor Discovery에 소개된 각각의 기능에 대한 지원여부 및 지원방법을 기술하고 있다. 일단 IPv6 Neighbor Discovery에 소개된 멀티캐스트 시그널링은 모두 유니캐스트 방식으로 바꾸어 보내는 점이 중요하다. WiBro가 활용하는 IEEE 802.16 링크의 고유 특성상 PSS 사이 또는 PSS와 ACR 및 RAS 사이의 원활한 브로드캐스트가 쉽지 않기 때문에 유니캐스트로 IPv6 시그널링을 처리하기로 결정하였다. 예를 들어, Router Discovery를 위한 Router Solicitation 및 Router Advertisement 메시지의 교환이 유니캐스트로 처리된다는 점이 특이할 만하다. 이러한 결정은 무선 자원의 효율적 활용이라는 측면에서도 중요한 의미를 지닌다. 한편, 기존 IPv6 Neighbor Discovery의 여러 기능 중 Address Resolution, Next-hop Determination, Neighbor Unreachability Detection(NUD), Redirect 기능은 WiBro 네트워크에서는 사용되지 않거나 그 구현을 최소화 한다.

주소 설정 방법으로는 Stateful 및 Stateless 방법 모두를 지원한다. 하지만, 두 방법 모두 Duplicate Address Detection(DAD) 기능을 통하여 중복되는 IPv6 주소를 검출해낼 수 있어야 한다. PG302에서 정의된 ACR은 자신이 관리하는 PSS에 대한 모든 정보,

특히 IPv6 Address를 관리한다. 그러므로 PSS가 DAD를 위하여 Neighbor Solicitation를 보내게 되면 ACR이 그것을 가로채어 중복검사를 수행하여 중복이 발생될 때에만 PSS에게 그 사실을 통보하는 방식을 사용하는 Proxy DAD가 활용될 수 있다. 하지만, 이는 ACR에 많은 오버헤드를 초래하는 단점이 있으며, Secure Neighbor Discovery(SEND)가 활용되는 네트워크에서는 이용이 불가능하다. 그래서 ACR은 자신이 받은 Neighbor Solicitation 메시지를 원래 지정된 수신 PSS에게 전달하여 그 PSS가 DAD에 관한 사항을 처리하는 Relay DAD를 수행할 수도 있다. 한편, Per-PSS Prefix 링크 모델을 활용하게 되면 ACR에서 각각의 PSS에게 유일한 IPv6 Prefix를 할당하게 되며 따라서 주소 중복이 발생할 수 없다는 점에도 주목해야 한다.

마지막으로, WiBro를 이용하는 단말은 세션의 끊김 없이 이동할 수 있는 특성을 가정하므로 IPv6 계층에서 이동성 지원 기술 또한 매우 중요한 사항이다. 이동성 관련 기술로 RFC 3775의 Mobile IPv6가 활용될 수 있으며, 지금까지 설명한 링크 모델 및 Neighbor Discovery와 주소 설정 관련 기술이 표준화가 잘 된다면 어렵지 않게 Mobile IPv6도 구축 및 활용하는 데에 큰 문제점은 없다고 판단된다. 하지만, 최근 IETF 및 여러 무선 사업자들의 표준 기구에서 호스트 기반 이동성 프로토콜인 Mobile IPv6가 아닌 네트워크 기반 이동성 프로토콜의 중요성을 매우 강조하고 있어서 조만간 WiBro에서도 네트워크 기반 IPv6 이동성 처리 기술에 대한 표준도 만들어질 필요가 있다.

4. 결론

최근 한국은 세계적 수준의 WiBro 서비스를 시작했으며, 향후 All-IP 및 IPv6로 대표되는 차세대 인터넷을 위하여 발걸음을 재촉하고 있다. IEEE 802.16 링크 기술을 활용하는 WiBro에서의 IPv6의 적용은 궁극적으로 IPv6 입장에서 killer 응용을 만들어 낼 수 있는 초석으로서 많은 관심을 불러일으키고 있는 주제이다. 2005년 말과 2006년 초에 국내외의 대표적 표준화 단체인 IETF 16ng, WiMAX NWG, TTA PG210 WiBro6 실무반이 거의 동시에 관련 표준 제정을 시작했다. 특히 IETF의 16ng는 한국인이 WG 의장을 담당

하고 있고 한국인 전문가들이 활발하게 참여하는 만큼 한국의 IT 표준화 위상을 한층 높여주는 계기가 되고 있다. TTA WBro6 실무반에서는 그러한 IETF 및 WiMAX의 관련 기술 표준화 활동에 적극적으로 참여하는 전문가들이 모여 국내의 WiBro에 적합한 IPv6 관련 기술에 관한 '와이브로에서의 IPv6 기술' 표준안을 최근 완성하고 TTA의 공식 표준으로 등록하였다.

2007년에는 2006년에 작성한 기본 동작에 대한 표준안을 확장하여 새로운 기능을 지원할 수 있도록 하는 한편 계속 발전하는 국제 표준들에 발맞추어 보다 향상된 방안을 제시할 계획이다. 이와 같은 활동은 국내 표준의 국제 표준화로의 기여 및 국내 WiBro에서의 IPv6 서비스 활성화에 많은 도움이 되리라 기대된다. **TTA**