

16ng: IP over IEEE 802.16 Networks

박수홍, 황철주, 김한성(삼성전자, 디지털미디어연구소)

요약

2006년 IEEE 802.16e 워킹그룹을 통해 완료된 Broadband Wireless 기술은 무선 통신시장에 큰 변화를 가져왔다. 기존에 WLAN의 Hot Spot 서비스를 통해 좁은 범위에서 사용하던 무선 인터넷이 이제는 값싸고 질 좋은 서비스를 언제 어디서나 사용할 수 있는 기술로 발전된 것이다. 이는 곧 국내 WiBro 서비스로 이어지면서 IEEE 802.16e 기술 기반의 광대역 무선 인터넷 서비스를 창출하고 있다. IEEE 802.16e 워킹그룹에서의 PHY/MAC 기술 개발과 함께 인터넷 표준을 연구하는 IETF에서도 IEEE 802.16 기술 상에서의 IP 및 Mobility 기술을 중심으로 한 새로운 표준연구 움직임이 2005년부터 시작되었고 이는 16ng 워킹그룹 신설이라는 결과로 이어졌다. 본 논문에서는 16ng 워킹그룹의 설립배경, 목적 및 관련된 최근 동향을 살펴보고자 한다.

1. 서론

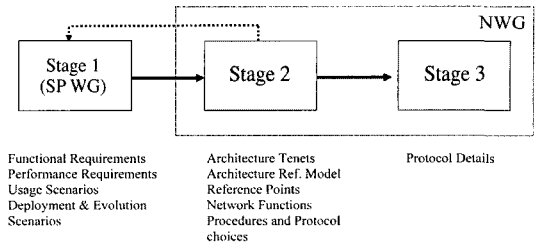
금년도 IT 관련 가장 큰 이슈중의 하나는 WiBro (Wireless Broadband) 다. 이는 기존 무선기술 대비하여 많은 기술적 장점을 가진 것뿐만이 아니라 국내의 노력과 기술적 우위를 바탕으로 IEEE 802.16e 국제표준을 주도한 점에서도 그 의미가 크다고 할 수 있다. 이를 위해 TTA를 중심으로 국내의 제조업체, 네트워크 사업자, 관련 기관 등에서 표준 개발에 적극적으로 참여해왔다. 이와 함께 WiBro 관련 또 하나의 이슈는 WiBro의 기반 기술인 IEEE 802.16 상에서의 IP 기술의 표준을 연구하는 새로운 16ng 워킹그룹이 IETF내에 신설되었다는 것이다. 16ng(IP over IEEE 802.16 Networks) 워킹그룹은 국내 관련 포럼들 및 전문가들이 협력하여 이루어낸 국내 최초의 IETF 워킹그룹이며 이와 함께 의장직도 한국인¹⁾이 최초로 수행하게 되었다. 본 기고문에서는 16ng 워킹그룹이 설립된 배경과 기술적 필요성 및 전반적인 표준 동향에 대해 WiBro를 중심으로 알아본다. 특히 IPv4 보다는 IPv6 적용 기술에 고려되어야 하는 이슈들이 많은 관계로 IPv6 적용방안을 집중적으로 살펴본

1) 박수홍, 삼성전자 디지털미디어연구소 선임연구원이 한국인 최초로 16ng 워킹그룹 의장으로 선임됨.

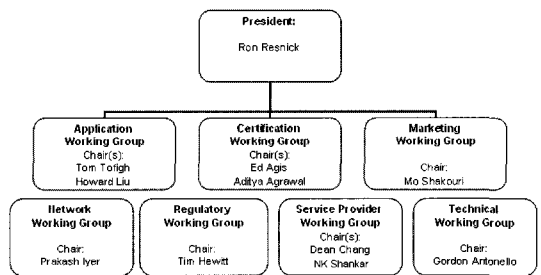
다. 또한 16ng와 관련하여 활동하고 있는 다른 표준그룹들의 최근 동향도 함께 살펴보고자 한다. 본 기고문은 기술적인 내용 보다는 16ng를 둘러싼 표준동향을 중심으로 작성되었다.

II. 16ng 워킹그룹의 설립배경

최근 WiBro의 기술적 근간이 되는 IEEE 802.16e^[1] 표준이 해당 국제표준기구를 통해 표준 완료되었다. IEEE 802.16e 표준은 기존 IEEE 802.16^[2] 표준을 바탕으로 이동성을 보완한 기술이라고 볼 수 있다. 이를 바탕으로 WiBro기술은 사용자로 하여금 빠른 이동 중에도 대용량의 무선인터넷을 사용할 수 있도록 고안되었고 지난 11월 부산 APEC 회의를 통해 성공적으로 시연을 마친 바 있다. 특히 IEEE 802.16e 기반의 기술은 한국이 세계 최고수준이라고 평가해도 전혀 손색이 없을 만큼 WiBro의 국제적 평가 및 위상은 높다. 이와 같은 국내 활동과 아울러 국제적인 활동들도 활발하게 진행되고 있는데 이 중 대표적인 활동이 WiMAX포럼이라고 할 수 있다. WiMAX포럼은 2005년도부터 본격적인 활동을 시작하여 현재는 7여개의 워킹그룹이 활동 중이며 국내에서도 WiBro관련 많은 기관들이 적극적으로 활동하고 있다. 이들 워킹그룹들 중 특히 Network 워킹그룹(이하 NWG)은 IEEE 802.16 기술상에서의 네트워크 기술에 대한 전반적인 내용을 연구 개발하고 있다. 현재 NWG는 IEEE 802.16의 Network Architecture & Reference Model 작업인 Stage2를 마무리 하였고 Detailed Protocols and Procedures 작업인 Stage3 작업에 한창이다. 아래 그림1과 2는 현재 WiMAX포럼에서의 NWG 표준진행절차와 워킹그룹 구조를 설명하고 있다.



〈그림 1〉 WiMAX포럼에서의 표준절차



〈그림 2〉 WiMAX포럼의 워킹그룹 구조도

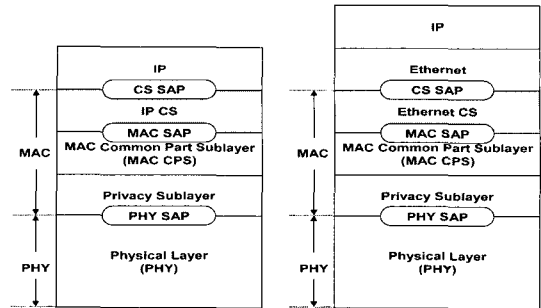
하지만 현재까지 NWG에서의 IP 연구는 미비한 수준이며 인터넷 국제표준을 담당하는 Internet Engineering Task Force(이하 IETF)와의 공조가 많지 않은 상태다. 특히 IPv6 전달기술에 대해 살펴보면 현재까지 IEEE 802 및 다양한 링크기술 상에서의 IPv6 전송기술의 표준작업은 IETF 에서 담당해 왔으며 그 결과로 많은 국제표준들이 이미 발행되어 있다. 그 예를 보면 IPv6 over Ethernet, IPv6 over ARCnet, IPv6 over 1394, IPv6 over FDDI, IPv6 over Token Ring등 많은 표준들이 있고 최근 IPv6 over IEEE 802.15.4 (IPv6 over Low Power WPAN 6LoWPAN)^[3] 기술을 위한 새로운 워킹그룹이 신설되어 활동 중에 있다. 이와 같은 IETF의 활동범위 연장에서 IPv6 over WiBro 및 IEEE 802.16 기술은 IETF 국제표준기구에서 전담하는 것이 보다 효과적이라고 판단되어서 관련 표

준화 활동을 지난 11월 64차 IETF 회의에서 시작하게 되었다.

처음 64차 IETF 회의에서의 1차 BOF²⁾에서는 IPv6 over IEEE 802.16(e) Networks⁴⁾라는 주제로 표준 연구를 시작하였다. 즉 IPv6 전달기술 및 관련기술들을 중심으로 표준작업을 시작하였다. 하지만 65차 IETF 회의를 거치면서 IPv4 기술항목이 추가되어 현재에 이르렀다.

III. 16ng 워킹그룹의 기술적 필요성

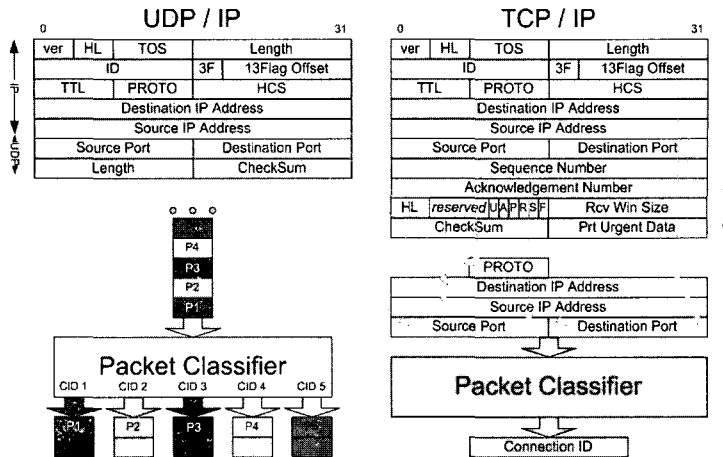
Internet Protocol(이하 IP) 기술의 가장 큰 장점은 서로 다른 매체들간에 통일된 연결성을 지원해 줄 수 있다는 점이다. 즉 사용자들은 서로 사용하는 링크기술이 달라도 동일한 IP기술을 통해 편리하게 연결하고 통신할 수 있는 것이다. 현재 WiBro에서도 IP기술은 적용되어 사용되고 있으며 이를 통해 인터넷과 연결되고 있다. 하지만 다른 IEEE 802 기술들과는 달리 WiBro에서 사용하는 IEEE 802.16e 기술은 다양한 특성을 가진다. 특히 시스템간 IP 통신을 위해 IP계층 하부에서 일반적으로 사용되는 48비트의 MAC 주소 대신 16비트의 Connection Identifier (이하 CID)를 이용한 통신을 하게 되고 이를 통해 WiBro는 Point To Multipoint 통신을 구현하며 다양한 연결정책 (Packet Classification)을 적용하게 되는데 이런 기능들을 담당하는 부분을 Convergence Sublayer (이하 CS)라고 한다. 그림 3에 표시된 것과 같이 현재 WiBro에서의 기



〈그림 3〉 IP CS와 Ethernet CS 계층적 구조

본 CS는 IPCS 이며 선택적으로 EthernetCS를 사용하도록 WiMAX포럼에서는 정의하고 있다. 아래 그림4은 TCP/IP, UDP/IP Packet 에 대한 Classification에 대한 예를 보여준다⁵⁾. CID는 WiBro 서비스를 제공하는 사업자 측면에서 다양한 이점을 가진다. 특히 사용자의 서비스 품질을 관리, 보장해줄 수 있으며 이를 통해 서비스의 다양화 및 효율적인 무선구간사용이 가능하다. WiBro 사용자는 통신을 시작하기 전 해당 Radio Access Station(이하 RAS) 또는 Access Control Router(이하 ACR)을 통해 자신이 사용할 CID들을 할당 받고 이를 통해 통신을 하게 된다. 통신을 수행하는 과정에서 IP주소가 사용되기는 하지만 주소를 사용자에게 할당하고 동작하는 과정은 인터넷 상에서의 일반적인 IP동작들과는 다소 상이하다. 즉 사용자는 RAS 또는 ACR을 통해 할당된 CID로 모든 연결이 관리되므로 사용자에게 할당되는 IP주소는 별도의 중복검사 및 MAC주소와 IP주소의 매핑 등에 필요한 동작들을 수행하지 않게 된다. 이와 같은 동작의 상이함과 CS기능의 특징은 IPv6 기술에 더욱 많은 영향을 미치게 된다. IPv6 기술은 기본적으로 주소자동설정⁶⁾ 기능을 지원한다. 특히 128비트나 되는 복잡한 IPv6 주소를 사용자가 자

2) BOF: Bird of the Feather의 약어로써 IETF내 정식 워킹그룹 설립을 위해 사전에 공식적으로 가지는 회의로써 총 2차 회의까지 진행할 수 있음. BOF 회의 후 결과에 따라 워킹그룹 설립에 대한 가부를 결정하게 됨.



〈그림 4〉 CS를 통한 Packet Classification 동작 예

동으로 설정할 수 있도록 개발되었고 이는 주소를 자동으로 설정하기 위해서는 수반되어야 하는 동작들이 있다.

즉 주소생성을 위해 필요한 네트워크정보의 획득, 자동으로 생성한 주소의 중복여부검사 등을 성공적으로 수행한 후 생성된 주소를 사용하게 된다. 이는 IPv6의 가장 큰 장점이 되고 있다. 물론 IPv6 이 모든 동작들은 IETF의 Neighbor Discovery Protocol (이하 NDP)⁶⁾ 표준을 근간으로 하며 또한 IEEE802 기술에서는 48비트의 MAC주소를 활용한 Multicasting/Broadcasting을 기본적으로 제공해야 한다. 하지만 현재의 WiBro 통신구성은 IP Multicasting/Broadcasting 동작이 어려우며(즉 하나의 RAS 내에서의 단말간에 통신이 불가능한 구성형태) 48비트의 MAC주소를 통한 통신을 하지 않으므로 IPv6가 필요로 하는 많은 동작들이 제약을 받게 된다. 이는 곧 All IP 환경으로의 WiBro 컨버전스에 많은 한계를 가져올 것으로 예상된다. 따라서 16ng 워킹그룹에서는 향후 WiBro 에서의 효과적인 IPv6 적용을 위한 IP계층의 표준기술이 필

요하다고 판단하여 결국 IETF내 새로운 워킹그룹을 신설하기에 이르렀다.

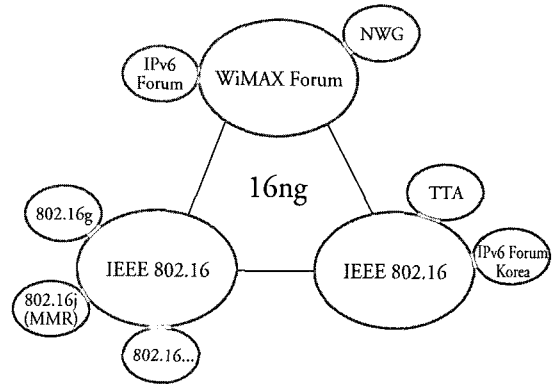
IV. 16ng의 현재와 향후 진행방향

앞에서 살펴본 바와 같이 64차 IETF 회의에서 1차 16ng BOF 회의를 개최할 당시는 IPv6 기술을 중심으로 표준작업을 수행하고자 추진하였다. 하지만 65차 IETF 회의에서의 2차 16ng BOF 회의를 거치면서 IPv4 기술이 추가되어 현재는 IPv4와 IPv6 기술을 모두 다루게 되었다. 현재 16ng 워킹그룹의 주요 표준기술을 살펴보면 다음과 같다.

- ▷ 16ng Problem Statement, Goal and Requirements: 본 문서는 현재의 IEEE 802.16 Networks 상에서의 IP 전달의 문제점 및 16ng 의 표준목표, 기술적 요구사항들을 정리한 표준문서(*Informational RFC*)
- ▷ IPv6 over IPCS: IP CS 상에서의 IPv6 기술 표준문서(*Proposed Standard RFC*)

- ▷ IPv4 over IPCS: IP CS 상에서의 IPv4 기술 표준문서(*Proposed Standard RFC*)
- ▷ IPv6 over Ethernet CS: Ethernet CS 상에서의 IPv6 기술표준문서(*Proposed Standard RFC*)
- ▷ IPv4 over Ethernet CS: Ethernet CS 상에서의 IPv4 기술표준문서(*Proposed Standard RFC*)
- ▷ 16ng Deployment Scenario and Consideration : IPv4/IPv6를 포함하여 IEEE 802.16 Networks 상에서 발생하는 고려사항들 및 적용 가능한 시나리오들을 정리한 표준문서(*Informational RFC*)

이와 함께 16ng 워킹그룹에서는 이동성지원 관련 Fast Handover 기술도 함께 연구하고 있다. 특히 Mobile IPv6 중심의 기술은 해당 워킹그룹인 MIPSHOP³⁾을 통해 공식적인 표준진행을 하게 되며 Mobile IPv4 중심의 기술은 MIP4 워킹그룹을 통해 진행하게 된다. 이와 같은 기술이 필요한 이유는 현재 IETF를 통해 개발된 Fast Handover 기술이 WiBro 무선 특성에서 수정 및 보안되어야 하는 사항들이 발생하고 있으므로 어떻게 Fast Handover 기술을 WiBro 상에서 적용할 것인지를 새롭게 연구하고 표준화해야 하는 필요성이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 MIP6를 위한 제안¹⁾과 MIP4를 위한 제안¹³⁾이 이미 이루어진 상태이다. 16ng에서의 표준화 진행과 함께 협력해야 할 다양한 단체들이 그림5에 표시되어 있다. 즉 IEEE 802.16 기술관련 단



〈그림 5〉 16ng와 관련된 다양한 단체들

체들과 IPv6 및 WiBro 관련 단체들로서 향후 16ng는 관련 단체들과 다양한 협력을 통해 표준 적용의 범위를 점차 확대해 나가게 된다. 특히 IPv6 관련해서는 현재 NWG 산하 IPv6 Subteam이 구성되어 금년 초부터 활발하게 활동 중이며 16ng 워킹그룹에서 다루는 기술을 포함하여 다양한 기술들을 표준작업 중에 있다. 또한 NWG에서의 모든 기술적인 작업은 Stage3를 통해 그림1에서 볼 수 있듯이 금년 말까지 완료될 예정이며 최종 문서에 16ng 표준기술을 포함하기로 상호 협력하였다. 따라서 16ng 워킹그룹은 아래 그림6과 같은 Milestone으로 표준을 진행할 계획이다.

또한 WiBro 시스템을 포함하여 IEEE 802.16 기술상에서의 IPv6 인증을 위해 현재 IPv6국제 포럼에서는 IPv6 Ready Logo Program 을 구성 중이며 이에 기반이 되는 기술을 16ng 워킹그룹의 결과물로 사용할 예정이어서 향후 IPv6국제 포럼과의 보다 긴밀한 협력 연구가 진행될 것으로 보인다. 또한 국내에서도 이미 IPv6포럼코리아를 중심으로 IPv6 over WiBro 에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으므로 다양한 표준 기고서가 16ng 워킹그룹으로 제안되고 논의될 것으

3) MIPSHOP: MIPv6 Signaling and Handoff Optimization의 약어로서 Mobile IPv6 중심의 이동성 지원을 표준화 하는 IETF의 워킹그룹이다.

Goals and Milestones

Jul 06	Submit Internet-Draft on 16ng Problem Statement, Goal and Requirement to the IESG for considerations of publication as Informational RFC
Sep 06	Submit Internet-Draft on IPv6 over IPv6 CS transmission over IEEE 802.16 networks to the IESG for consideration of publication as Proposed Standard RFC
Oct 06	Submit Internet-Draft on IPv4 over IPv4 CS transmission over IEEE 802.16 to the IESG for consideration of publication as Proposed Standard RFC
Nov 06	Submit Internet-Draft on IPv4 over Ethernet CS transmission over IEEE 802.16 networks to the IESG for consideration of publications as Proposed Standard RFC
Dec 06	Submit Internet-Draft on IPv6 over Ethernet CS transmission over IEEE 802.16 networks to the IESG for consideration of publication as Proposed Standard RFC
Feb 07	Submit Internet-Draft on IP deployment over IEEE 802.16 networks to the IESG for consideration of publication as Informational RFC

〈그림 6〉 16ng 워킹그룹의 표준안건 Milestone

로 예상하고 있고 이미 다수의 IPv6 관련 기고서가 국내에서 제안되어 있다.

V. 결 언

위에서 살펴본 바와 같이 국내의 WiBro 기술력은 이미 IEEE 802.16 표준단체에서의 주도적인 역할을 넘어서 이젠 IETF에서의 16ng 워킹그룹으로 이어지고 있다. WiBro의 기술 또한 점차 진화할 것으로 예상되며 이는 곧 All-IP 컨버전스로 연결될 것이다. 이와 같은 환경에서 IP 기술에 대한 표준화 및 연구개발은 그 의미가 크다고 할 수 있다. 더욱이 국내 기술력을 바탕으로 워킹그룹을 신설하고 의장직을 수행한다는 점에서 그 의미가 더 크다고 할 수 있겠다. 16ng 워킹그룹은 현재 WiBro 및 WiMAX 시장 확대에 발맞추어 WiMAX포럼에서의 표준작업과 함께 핵심적인 표준들을 금년 말까지 1차 완료할 계획이며 그 후에 추가적인 안건을 선정하여 2차 표준화 작업을 진행할 예정이다. 특히 IEEE

802.16 표준단체를 통해 최근 이슈가 되고 있는 16 Mesh 및 16 MAC Bridge 등과 같은 이슈들도 향후 16ng 워킹그룹에서 다루게 될 안건들이다. 16ng 워킹그룹은 향후 국내표준을 국제표준으로 이끄는 주요 견인차 역할을 하게 될 것이며 한국의 국제표준 위상을 한층 높이는 계기가 될 것으로 기대하고 있다. 16ng 워킹그룹의 1차 공식회의는 7월 캐나다에서 열리는 제 66차 IETF 회의에서 개최될 예정이다. 보다 자세한 사항은 아래 IETF 홈페이지를 참조하기 바란다.

<http://www.ietf.org/html.charters/16ng-charter.html>

참고문헌

- [1] IEEE Standard 802.16-2004, "Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," Sep. 2004.
- [2] IEEE P802.16e, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems

Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands,” December. 2005.

- [3] IETF, IPv6 over Low Power WPAN(6LoWPAN) Working Group, Working Group Charter: <http://www.ietf.org/html.charters/6lowpan-charter.html>
- [4] 16ng IPv6 over IEEE 802.16(e) Networks, BOF Charter: <http://www3.ietf.org/proceedings/05nov/16ng.html>
- [5] IETF, RFC 2462, “IPv6 Stateless Address Autoconfiguration”, December 1998.
- [6] IETF, RFC 2461, “Neighbor Discovery for IP Version 6(IPv6)”, December 1998.
- [7] IETF, draft-ietf-mipshop fh80216e-00.txt, “Mobile IPv6 Fast Handovers over IEEE 802.16e Networks”, April 2006.
- [8] IETF, draft-je-mip4-fh80216e-01.txt, “Mobile IPv4 Fast Handover for 802.16e Networks”, October 2005.
- [9] 윤철식, WiBro 표준 및 상용화 기술 워크샵, Page 17, September 2005.

저자소개



박수홍

1999년 단국대학교 전자공학과
 1999년-2002년 OPICOM IPv6기술개발총괄
 2004년-2005년 IPv6포럼코리아 Convergence WG 의장
 2005년-2006년 무선인터넷포럼 IETF Mobility WG 의장
 2002년-현 재 삼성전자 디지털미디어연구소 선임 연구원
 2005년-현 재 IETF 16ng Working Group 의장
 주관심분야 Internet Protocol, Mobility, Wireless Communication

저자소개



항철주

1991년 포항공과대학교 물리학과 학사
 1993년 포항공과대학교 대학원 물리학 석사
 1993년-1998년 대전자 산전연구소 연구원
 2000년-2001년 U.S. Wireless Corp. 연구원
 2003년-현 재 삼성전자 디지털미디어연구소 책임 연구원
 주관심분야 Mobile TV, 이동네트워크



김한성

1989년 연세대학교 전기공학과 학사
 1991년 연세대학교 대학원 전기공학 석사
 1991년-1994년 동해전장주식회사 연구소
 1994년-현 재 삼성전자 디지털미디어연구소 수석 연구원
 주관심분야 Mobile 단말, 이동네트워크