

와이브로(WiBro) 단말 기술

ETRI 이승규, 박남훈

차례

I. 서론

II. 단말 서브 시스템의 형상

III. 단말 서브시스템의 논리 구조

IV. QoS를 고려한 단말의 처리 구조[7]

V. 결론

I. 서론

WiBro란 인터넷 서비스가 무선랜(Wi-Fi)과 같이 무선 환경에서 제공되고, 초고속인터넷서비스처럼 광대역 인터넷 접속을 가능하게 한다는 의미에서 “Wireless”와 “Broadband”의 합성어인 Wireless Broadband Internet의 줄임말이다. WiBro 서비스는 현재 유선으로 제공되고 있는 초고속 인터넷 서비스에 이동성을 부여한 서비스이다. 쉽게 말해서 가정의 초고속 인터넷을 집 안에서 뿐 아니라 집 밖에서 사용할 수 있게 하는 서비스라 할 수 있다.

WiBro 서비스의 등장은 무선 인터넷의 도래 및 사용과 밀접한 관계가 있다. 휴대폰의 대중화와 함께 이를 이용한 무선 인터넷의 보급이 활성화 되었지만, 무선 인터넷은 음성 서비스를 기반으로 하는 시스템에 데이터 서비스를 추가 한 형태로 개발이 되었기 때문에 데이터의 처리에 비용이 많이 드는 구조를 가지고 있다. 때문에 사용자에게 높은 사용료를 부과

할 수 밖에 없게 되었다. 또한 사용자의 데이터 서비스 사용 행태는 고속의 이동 사용 보다는 어느 한곳 주변에서 머물러서 사용하거나 그곳 주위를 중속으로 이동하는 행태를 많이 띤다고 볼 수 있어 이동성 지원 차원에서 비효율적이라 볼 수 있다.

WiBro 서비스는 무선인터넷의 높은 접속료, 고속의 이동속도 등의 특성과 초고속 인터넷의 정액의 접속료와 고정통신 등의 특성의 장단점을 적절히 혼합하여 저렴한 접속료, 중속의 이동속도를 갖도록 개발되었다. 여기에 OFDMA라는 신기술을 더해 시스템의 효율을 높일 수 있게 되었다. 따라서 전송 속도는 한층 높아지고 이에 따른 사용료는 저렴해지는 효과를 가지게 되었다.

본 고에서는 WiBro 서비스를 실현하는데 있어서 중요한 축을 담당하고 있는 서브시스템인 단말 서브 시스템에 대하여 살펴보고자 한다. II장에서는 시스템 형상 적인 측면에서, III장에서는 시스템의 구조적인 측면에서 소개를 하였다. 또한 IV장에서는 QoS를

만족하기 위한 S/W와 H/W의 분할 처리 구조에 대하여도 소개를 하였다.

II. 단말 서브 시스템의 형상

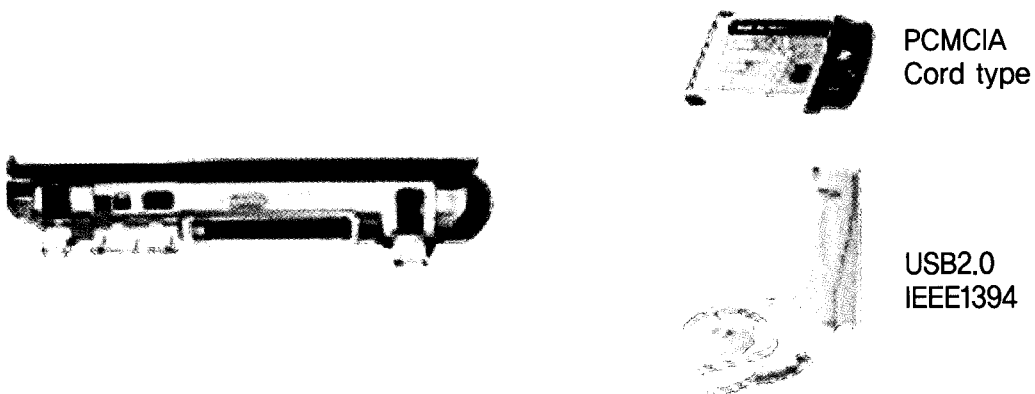
단말 서브시스템은 WiBro 시스템의 서브시스템 중 사용자와 최전방에서 인터페이스를 담당하는 서브시스템이다. 사용자에게 친근한 인터페이스를 제공하면서 사용자를 기지국 및 인터넷 망에 연결함으로써 장소에 구애받지 않는 이동 인터넷 서비스를 제공한다. 단말 서브시스템은 인터넷 응용 프로그램, 이동성 및 인증 관련 프로토콜, 무선 접속을 위한 매체접근제어(MAC) 프로토콜, 그리고 무선 모뎀 등을 포함하고 있다.

WiBro 서비스의 초기에는 (그림 1)과 (그림 2) 등의 두 가지 형상의 단말기가 주종을 이룰 것으로 예상된다. (그림 1)은 노트북에 WiBro 무선 접속 모듈을 결합한 형태이다. 무선 접속 모듈은 노트북과의 인터페이스에 따라 PCMCIA, USB, IEEE1394 등의 다양한 형태로 존재할 수 있다. 이는 현재 서비스되

고 있는 IEEE 802.11 무선랜의 사용형태와 같다. 향후 WiBro 서비스의 Killer 애플리케이션을 아직 예측하기 힘든 상황에서 기존의 인터넷 응용프로그램들을 모두 변환 없이 사용할 수 있는 이 형태는 가장 쉽게 선택 가능한 형상이라 할 수 있다.

(그림 2)는 PDA에 무선 접속모듈을 결합한 형태이다. 무선 접속 모듈은 노트북의 경우와 비슷하게 인터페이스 형태에 따라 CF 타입, SD 타입, 메모리스틱 타입 등 다양한 형태가 존재할 수 있으며, 집적 기술의 발전정도에 따라 내장형 형태도 존재할 수 있다. PDA는 노트북보다 휴대가 편리한 점이 있어 이동하면서 인터넷을 사용한다는 점에서 유리한 점이 있다. 그러나 메인 프로세서의 성능이 열악하고 인터넷 응용 프로그램이 풍부하지 못한 점이 단점으로 작용할 것으로 예상된다. 따라서 WiBro 서비스 전용 응용프로그램이 개발되어 함께 제공 될 것으로 예상된다.

WiBro의 통신시장이 활성화 된 후의 최종적인 형태의 단말은 (그림 3)과 같은 형태가 될 것으로 보인다. 단독 단말의 형태는 기존에 존재하는 여러 디지털 기기(휴대폰, 카메라, 각종 멀티미디어 플레이어



(그림 1) 단말서브시스템의 형상 - 노트북 타입

등)들을 통합 수용하는 형태가 될 것 이며, DMB 단말과 같이 상호 결합에 의한 시너지 효과를 높이는 기기동도 대상이 될 것이다.[1]

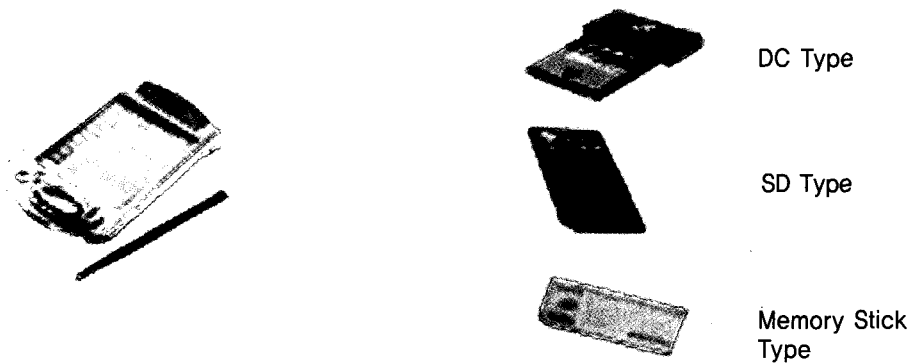
시간에 덜 민감한 부분을 처리하는 상위 MAC 부, MAC의 시간에 민감한 부분을 처리하는 하위 MAC 부, 그리고 무선 변복조 기능과 RF기능을 담당하는 모뎀&RF 부로 나누어진대[2][3][4][5][6].

III. 단말 서브시스템의 논리 구조

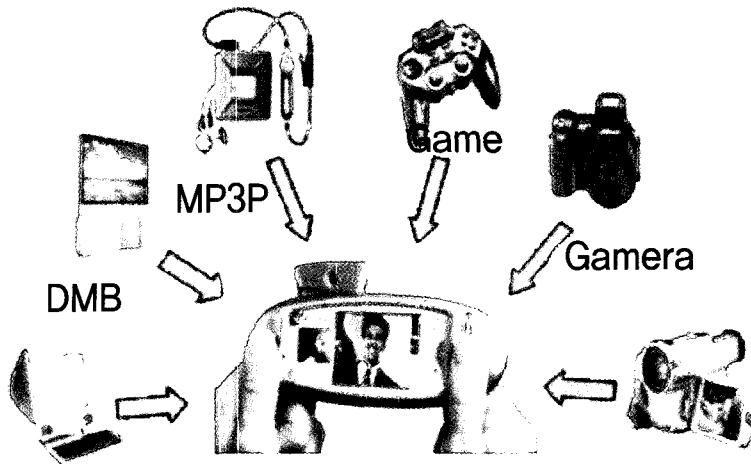
WiBro 단말 서브시스템은 (그림 4)와 같은 논리적인 구조를 가진다. 단말 서브시스템은 크게 MAC상부 프로토콜을 담당하는 상위 프로토콜 부, MAC의

1. 상위 프로토콜 부

상위 프로토콜부는 노트북 컴퓨터나 PDA 장치에서 구현되는 기능으로써 이동성 및 핸드오버를 위한 Mobile IP 기능, 적법한 사용을 위한 사용자 인증 기



(그림 2) 단말서브시스템의 형상 - PDA 타입



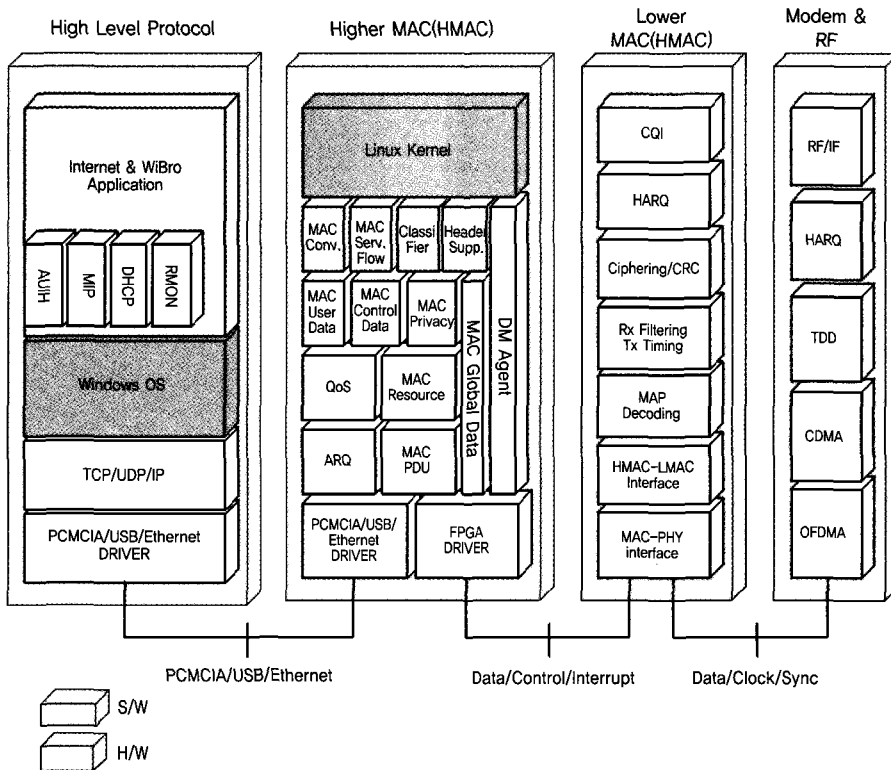
(그림 3) 단말 서브시스템의 형상 - 단독형

능, DHCP기능인 IP 형상 설정 기능, 무선 링크 상태 출력이나 NIC 형상 정보 출력을 위한 무선 상태 출력 기능, 상위 MAC 과의 PCMCIA/USB/Ethernet을 이용한 통신을 위한 카드 정합 기능으로 구성된다.

2. 상위MAC 부

MAC 프로토콜의 시간에 덜 민감한 부분을 처리하는 부분이다. 이 부분은 일반적으로 범용 프로세서(CPU)에 실시간 운영체제를 올려서 그 운영체제의 제어 하에 동작된다. 프로토콜이라는 특성 상 운영체제의 사용자 프로세스로 운영되기 보다는 디바이스 드라이버 형태로 구현된다.

상위 MAC 프로토콜 부는 MAC-CS 부 계층 기능인 MAC 컨버전스 기능, 서비스 플로우(Service Flow)제어 기능, 패킷분류 기능, 헤더 압축 기능 등과 MAC-CPS 부 계층 기능인 MAC 사용자 데이터 기능, MAC 제어 데이터 기능, MAC 자원 기능, MAC 보안 기능, QoS기능, MAC PDU 생성/해석, 오류제어(ARQ) 기능 등으로 구성되어 있다. 또한 각 기능들의 수행을 원활히 하기 위한 보조 기능들로 MAC 공용 데이터 기능, 다른 수행 장치들과의 통신을 위해 PCMCIA/USB/Ethernet 드라이버, FPGA 드라이버 등의 기능들을 포함하고 있으며, 각 기능들과 DM(Diagnostic Monitor)과의 통신을 위한DM Agent 기능도 포함하고 있다.



(그림 4) 단말 서비스시스템의 논리적 구조

3. 하위MAC 부

MAC 프로토콜의 시간에 민감한 부분을 처리하는 부분이다. 이 부분은 일반적으로 프로그램 가능한 하드웨어인 이른바 FPGA로 구성되고, FPGA하에서 VHDL 코딩을 통하여 실현되고 수행된다. 상용화 진행 시 이 부분은 ASIC화 되어 칩으로 구성된다.

하위 MAC 프로토콜 부는 CQI 보고기능, HARQ 기능, Cipherring기능, CRC 생성/체크기능, Rx Filtering기능, Tx Timing 기능, MAP Decoding 기능 등을 포함하고 있으며 상위 MAC(HMAC)과의 인터페이스 기능, 모뎀과 인터페이스 기능 들을 포함하고 있다.

4. 모뎀&RF 부

무선 변/복조 기능과 RF 기능을 처리하는 부분이다. OFDMA의 변/복조를 수행하는 기능과 CDMA-based 랜덤 액세스를 위한 비트 스프레드 기능, 송/수신 듀플렉스를 위한 TDD 기능, 빠른 오류제어를 위한 HARQ 등의 기능들 포함하고 있고, 무선 송출을 위한 I/F, A/D컨버터, AGC, AFC, 안테나 등의 기능들을 포함한다.

IV. QoS를 고려한 단말의 처리 구조[7]

WiBro 시스템에서 단말이 상향 데이터에 대하여 QoS에 기반한 전송을 수행하기 위해서 이를 S/W로 처리하는 경우, 단말에게 주어진 짧은 시간 내에 패킷의 전송을 행하기 힘들어 전송 지연이 발생하고, H/W로 처리하는 경우, 구현의 복잡도가 증가하고 다양하고 세밀한 QoS 특성을 반영하지 못하는 문제가 있는데 이러한 사항에 대한 해결방안을 제시한다.

1. WiBro 시스템의 프레임 구조와 처리 시간

WiBro 시스템은 변복조에 있어서는 OFDMA를, 사용자 다중화에 있어서는 TDMA를 사용하는 시스템이다. OFDMA-TDMA 시스템은 중앙에 대역폭을 관리하고 스케줄링 해 주는 조정자(Coordinator)가 있어서 데이터의 전송이 필요한 단말이 대역폭(Bandwidth)을 요구하면, 이를 접수한 조정자가 대역폭을 할당해 주고, 이후 단말은 할당된 대역폭에 데이터를 보내는 절차를 따르게 되어 있다.

(그림 5)는 WiBro 시스템의 프레임 구조를 나타내었다. MAP은 이후에 이어질 하향 버스트(DL-BURST)와 상향 버스트(UL-BURST)내의 각 요소들을 지정하는 인덱스와 같은 역할을 한다. 단말이 이전에 대역폭을 요구했다면, 조정자에 의하여 이후 프레임에는 대역폭 할당이 이루어지게 되는데, 단말은 MAP을 해석하여 자신에게 할당된 대역폭이 있음을 확인한 후, MAP이 지시하고 있는 대역폭 할당구간에 데이터를 전송하게 된다.

MAC은 RF와 모뎀의 상부에 위치하는 프로토콜이다. MAC에게 MAP 데이터가 도착 하려면, RF와 모뎀의 수신에 필요한 처리를 거쳐야 하므로 일정기간의 지연시간이 지난 후 수신이 가능하다. 또한 MAC이 지정된 구간에 맞추어 데이터를 전송하면, RF와 모뎀의 송신에 필요한 처리가 전파로 나갈 수 있으므로 일정기간의 지연시간 만큼 사전에 전송되어야 한다. 따라서 단말의 MAC이 필요한 데이터를 준비하는 시간은 실제 프레임이 시작하는 시간보다 RF/모뎀 수신지연 시간 만큼 뒤에 시작하게 되며, 실제 프레임 상에서 단말이 대역폭을 할당 받은 시간 영역보다 RF/모뎀 송신 지연 시간만큼 앞서서 끝나야 한다.

통상 상향 버스트(DL-BURST)대 하향 버스트(UL-

BURST)의 비율이 7 : 3정도 이고, 모뎀/RF수신 지연시간과 송신 지연시간이 DL-BURST의 1/3정도 차지한다고 볼 때, 단말이 PDU를 준비하는데 주어지는 시간은 DL-BURST의 1/3정도가 된다. 이를 프레임 전체의 비율로 따지면 $7/10 * 1/3$ 이 되어 계산하면 한 프레임 시간의 약 1/4정도가 된다. 이는 매우 짧은 시간으로 한 프레임 길이를 5 msec으로 잡았을 때, 1.35 msec 정도가 된다.

한편, 단말이 데이터를 전송할 때, 데이터의 특성에 따른 차별 송신, 즉 QoS에 기반한 송신이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 전송할 데이터를 분류하고, 데이터의 중요도나 시급성 등의 특성을 감안하여 우선순위를 결정하여 순위가 높은 순으로 전송을 하여야 한다. 이때 QoS 특성을 담고 있는 프로화일을 참조하여 내부의 알고리즘을 수행 시키게 된다. 이러한 작업은 일반적으로 복잡도(Complexity)가 높은 작업 이므로 S/W로 처리하는 것이 일반적이다.

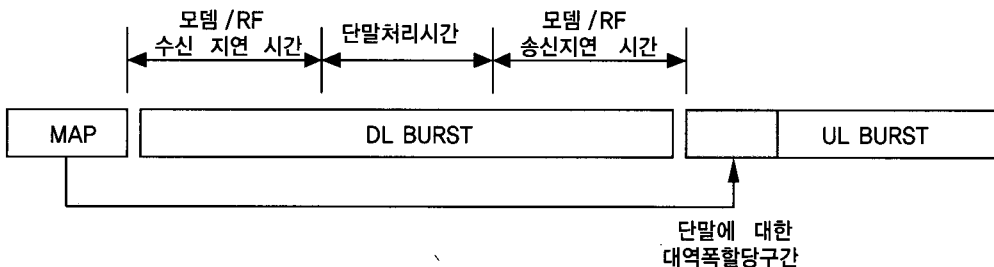
그러나, 위에서 언급 했듯이 단말이 대역폭 할당을 인지한 후부터 그 곳에 데이터를 내보내기까지의 시간이 매우 짧은 시간이므로 S/W로 그 시간 안에 QoS 기반의 전송을 수행하기는 힘들다. 만약 이를 모두 H/W로 처리 한다면 시간은 맞출 수 있겠지만, H/W의 특성상 다양하고 세밀한 제어를 기대하기 힘들다. 또한 조정자가 대역폭 요청에 대한 대역폭 할

당을 현재 프레임 내가 아닌 다음 프레임에 이루어지도록 정책을 수행한다면, 단말에게 주어지는 시간은 한 프레임 연장되게 되어 S/W로 처리가 가능할 수도 있겠지만, 반면 데이터의 전송이 그 만큼 지연되는 단점이 생기게 된다. 이는 상위 응용 프로그램의 품질을 떨어뜨리는 요인이 되며, 실시간 응용의 경우에는 심각한 문제를 유발 할 수도 있다.

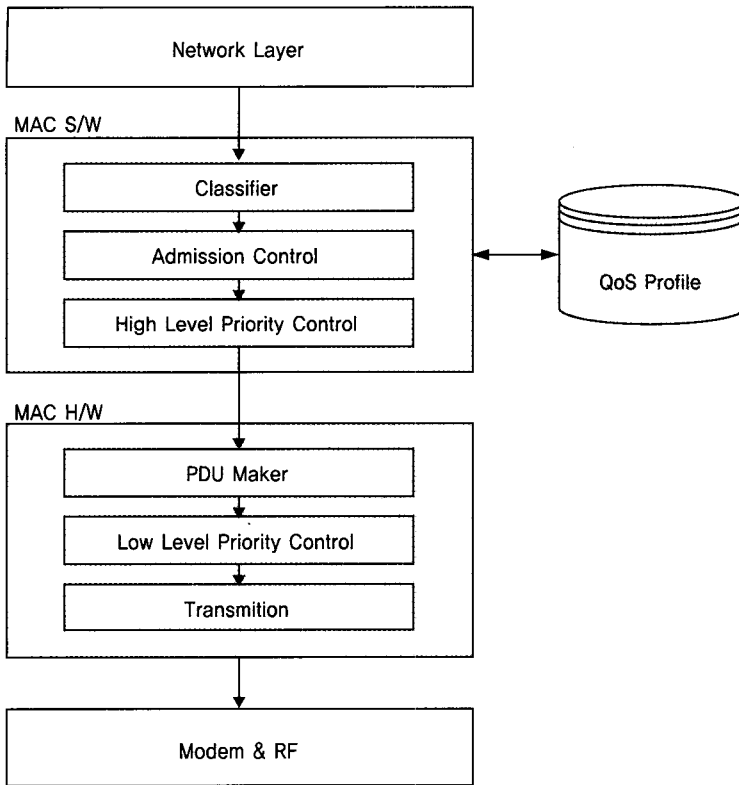
이상에서와 같이, OFDM-TDMA 시스템에서 단말이 상향 데이터에 대하여 QoS에 기반한 전송을 수행하기 위해서 이를 S/W로 처리하는 경우, H/W로 처리하는 경우 모두 문제를 갖고 있다.

2. QoS를 고려한 단말의 처리 구조

(그림 6)은 위에서 제시한 문제점을 해결하기 위해 제안하는 단말 MAC의 구현 구조를 나타낸 것이다. 여기서의 구조는 MAC의 제어 평면(Control Plane)의 부분은 생략하고, 사용자 평면(User Plane)의 부분만 나타낸 것이다. 상향 데이터의 흐름은 기본적으로 네트워크 계층에서 시작하여 MAC을 거쳐 모뎀/RF를 통하여 전송 되게 된다. 본 구조의 기본은 MAC의 QoS 기능을 S/W와 H/W로 분담하여 처리하는 것이다. 고려할 요소가 다양하고 세밀하여 복잡도가 높은 부분은 MAC S/W가 처리하도록 하고 기



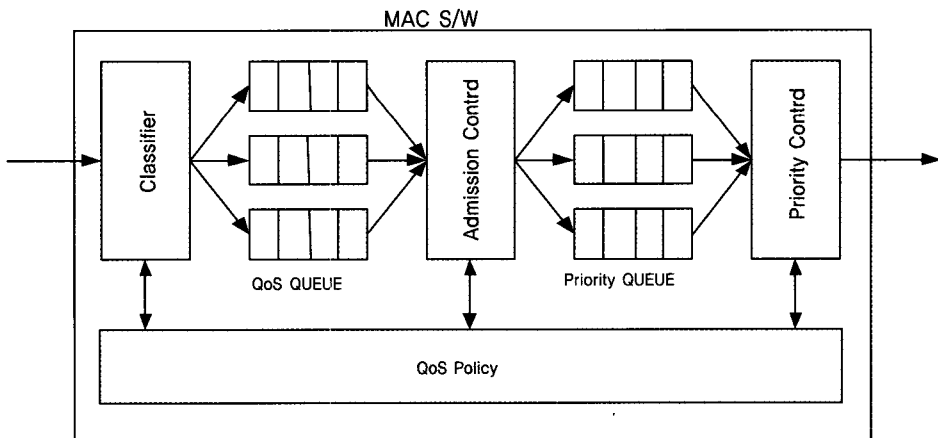
(그림 5) WiBro 시스템의 프레임 구조



(그림 6) WiBro 단말의 MAC 구조

계적이고 단순하여 상대적으로 복잡도가 낮은 부분은 MAC H/W으로 처리하게 한다. 그리하여 MAC S/W는 위에서 언급하였던 제약 시간과 무관하게 동작하면서 긴 관점(Long-Term)에서의 QoS 기반 우선순위를 결정하게 되고, MAC H/W는 주어진 제약 시간에 민감하게 동작 하면서, 짧은 관점(Short-Term)에서의 QoS 기반 우선순위를 결정하게 된다.

MAC S/W는 도착한 데이터를 QoS별로 분류하는 기능을 담고 있는 분류기(Classifier)와 네트워크 상황에 따라 중요도가 낮은 데이터를 폐기하는 기능을 담고 있는 수락 제어(Admission Control), 수락 제어를 통과한 패킷들을 대상으로 QoS 정책에 따르는 우선순위를 결정



(그림 7) MAC S/W의 처리 구조

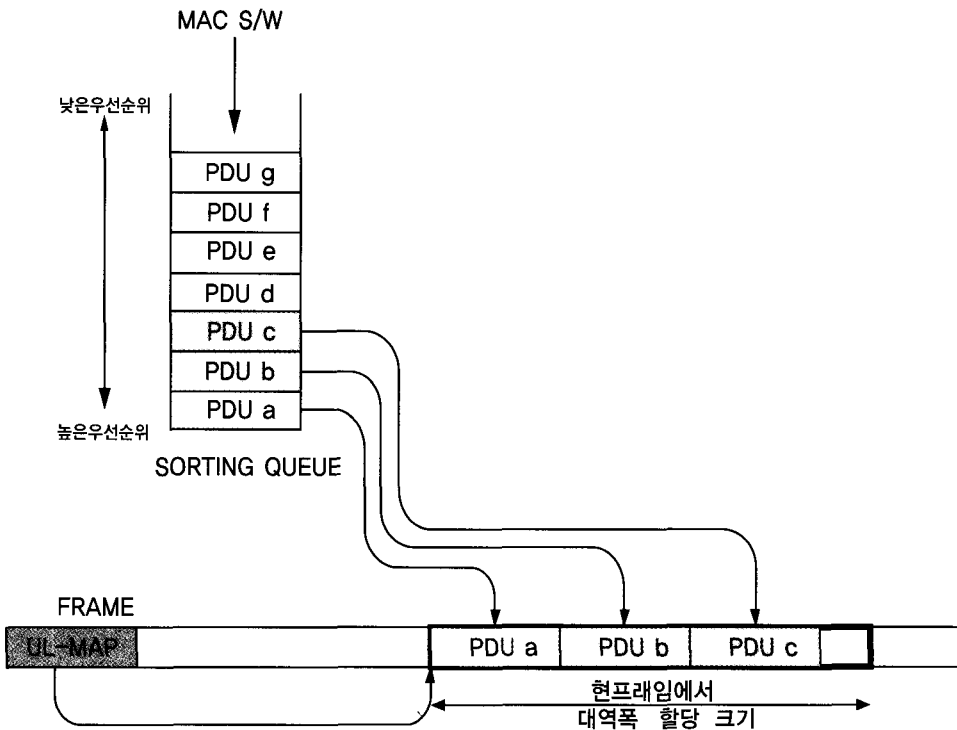
하여 순위별로 차등송출을 하는 기능을 가진 고 수준 우선순위 제어(High Level Priority Control) 등의 요소들로 구성된다. 이들 요소들은 기능 수행을 위하여 QoS 특성에 따르는 정보를 담고 있는 QoS 프로 화일을 참조하게 된다.

MAC H/W는 MAC PDU를 구성하는 PDU 생성기 (PDU Maker) 생성된 PDU들을 대상으로 고정된 정책에 따르는 우선순위를 결정하여 순위별로 차등 송출을 하는 기능을 가진 저 수준 우선순위 제어(Low Level Priority Control), 그리고 하부 모뎀/RF와 인터페이스를 하면서 실제적인 전송을 담당하는 전송 (Transmission) 등의 요소들로 구성된다.

(그림 7)은 MAC S/W의 내부 구조를 자세히 도시한 것으로 위에서 설명한 분류기, 수락제어, 우선순

위제어들을 포함하고 있고, 이들은 QoS 정책에 기반하여 의사결정을 하는 구조로 되어 있다. 내부적으로 두가지 종류의 큐를 운영하는데, 하나는 QoS별로 구분하여 패킷들을 저장해 두는 QoS 큐와 또 하나는 수락제어를 통과한 패킷들을 대상으로 우선순위별로 구분하여 패킷들을 저장해 두는 우선순위 큐를 운영한다. MAC S/W는 시간에 덜 민감하면서 QoS 특성이 잘 반영하는 세밀하고 다양한 결정을 내리는 기능을 수행한다.

(그림 8)은 MAC H/W가 저 수준 우선순위 제어를 하는 방법을 도시한 것이다. MAC S/W에서 고 수준 우선순위 제어가 끝난 패킷들은 순위에 따라 MAC H/W로 보내어 진다. MAC H/W는 정렬 큐(Sorting Queue)를 가지고 있어서 상부에서 내려온 패킷 들



(그림 8) MAC H/W의 우선순위 처리 구조

을 고정된 우선순위 정책에 의거하여 정렬하여 유지한다. 고정된 우선 순위 정책은 1-ACK용 패킷, 2-관리 메시지용 패킷과 3-사용자 데이터 패킷 등과 같이 QoS 프로파일을 참조하지 않고도 우선순위 제어가 가능한 기계적이고 저 수준의 정책을 의미한다. 정렬 큐 상에서 가장 우선 순위가 높은 패킷은 아래에 위치하고 우선순위가 낮은 패킷은 위에 위치한다.

MAC H/W는 대역폭이 할당되면 정렬 큐의 아래 쪽으로부터 순차적으로 추출하여 할당된 대역폭에 채운다. 예를 들어 한 프레임상에서 상향 MAP(UL-MAP)상에서 단말에 대한 대역폭 할당이 감지 되었다면, MAC H/W는 할당된 대역폭의 길이를 초과하지 않는 범위 내에서 정렬 큐에 대기하고 있는 PDU 들을 우선순위에 높은 순으로 추출하여(PDUa, PDUb, PDUc), 할당된 대역폭에 위치하여 송신 한다.

이상과 같이 MAC S/W와 MAC H/W의 2단계에 걸친 우선순위 제어에 의하여 QoS에 기반한 다양한 우선순위 제어도 가능하면서도 동시에 UL-MAP이후 MAC에 주어진 시간적인 제약조건을 극복할 수 있어 지연 없는 패킷의 전송이 이루어 질 수 있다.

V. 결 론

본 고에서는 WiBro 서비스에서 사용자와의 인터페이스를 담당하는 서브시스템인 WiBro 단말에 대하여 기술 하였다. WiBro 단말은 서비스의 초기 진입 단계에서는 기존의 노트북이나 PDA 등을 활용하여 서비스 되겠지만 성숙단계로 접어들면서 점차 WiBro 전용 단말의 형태로 발전할 것으로 예상된다. 단말의 논리적인 구조는 상위 프로토콜, 상위 MAC, 하위 MAC, 모뎀&RF등의 부분으로 구성되며 시간의 제약성을 고려하여 S/W 및 H/W로 나누어 처리함을

기술하였다. 또한 QoS의 지원을 빠르고 세밀하게 하기 위하여 QoS 제어 부분을 상위와 하위로 나누어 각각 S/W와 H/W로 분담하여 처리하는 구조도 소개 하였다.

WiBro 서비스는 무선랜의 적은 커버리지, 낮은 이동성 그리고 무선 인터넷이 지니고 있는 고가의 접속료 등의 단점을 보완하여 탄생한 서비스이다. WiBro 서비스의 상용화는 사용자에게 살내의 초고속 인터넷과 비슷한 정도의 접속료 부담으로 전국 어디에서나 이동하며 인터넷을 자유롭게 사용할 수 있는 시대를 열게 될 것으로 예상된다. 따라서 기존의 오락 영역 정도의 소규모 사용에서 벗어나, 정치, 경제, 사회, 문화, 교육 등 전 분야에 걸쳐서 이동 인터넷의 사용이 활성화 될 것으로 예상된다. 이는 이전에 경험 했던 초고속 인터넷의 보급에 따른 삶의 변화 보다 훨씬 더 큰 정도로 우리 사회에 커다란 변화를 가져 올 것으로 예상된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박남훈, "융합으로 가고 있는 차세대 이동통신 단말", ETRI CEO Information, 2005.7
- [2] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 매체접근제어 계층", 2004.6.7
- [3] TTA, "2.3GHz 휴대인터넷 표준 물리 계층", 2004.6.4
- [4] IEEE, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks; Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", May, 2004
- [5] IEEE, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks; Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless

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

- [6] 이승규, 박남훈, “WiBro 단말의 소개”, 해양정보통신 제6권 1호, 한국해양정보통신 학회지, 2005.6
- [7] 이승규, “큐오에스를 향상시키기 위한 무선 인터넷 단말 장치 및 패킷 전송 방법”, 국내특허 출원번호 10-2003-0095011, 2003



이승규

1988년 중앙대학교 전자계산학과 졸업 (이학사)
 1990년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업
 (시스템소프트웨어전공, 이학석사)
 1990년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구
 구단 근무 (책임연구원)
 2002년 ~ 현재 고려대학교 대학원 전자계산학과

박사과정

관심분야 : WiBro, QoS, Wireless MAC, OFDMA



박남훈

1983년 전남대학교 계산통계학과 졸업 (이학사)
 1987년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 졸업
 (시스템소프트웨어전공, 이학석사)
 1999년 충남대학교 컴퓨터과학과 졸업 (이학박사)
 1995년 정보처리기술사 (P.E)
 1988년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구

구단 무선시스템연구그룹 휴대단말연구팀장 (책임연구원)

2002년 ~ 2003년 한국무선인터넷포럼 모바일표준플랫폼 분과위원장

관심분야 : 유무선 통신망, 컴퓨터 네트워크, 광대역 통신망/신호망, 이동통신망, 차세대무선인터넷, 모바일컴퓨팅기술, 이동통신 단말 기술