

《特別寄稿》

초고속 무선 가입자 액세스망의 구성

정해원, 조성준, 김재근

□ 차 례 □

| | |
|----------------------|------------------------------|
| I. 서 언 | IV. ATM 기반의 유무선 액세스 통합 : HFR |
| II. 디지털 무선CATV | V. 결 언 |
| III. 고속 무선 전송고 무선ATM | |

I. 서 언

21세기 사회의 최대 간접 자본으로 인식되고 있는 초고속 정보 통신망은 관공서, 산업체, 일반 가정 등을 초고속 통신로로 연결하여, 기존의 전기통신 서비스는 물론이고, 미래의 멀티미디어 서비스를 제공할 목적으로 정부와 민간이 공동으로 45조원을 투자하여 구축되는 망이다. 이는 국가 정보 통신망과 공중 정보 통신망으로 나누어 이들을 상호 연계하여 3단계로 추진될 예정이며[1], 이때 나타날 가장 큰 변화 중 하나가 교환기와 단말기 간에 단순히 점 대 점간 선로를 연결하여 구성되던 기존 가입자 액세스망 분야이다. 즉, 지금까지는 동선으로 고정된 local loop를 구성하던 선(線)의 통신에서 단말기에 이동성을 부여하는 면(面)의 통신으로 바뀌고 있으며, 앞으로는 멀티미디어 통신을 기반으로 하는 입체(立體) 통신 시대로 진화될 것이다. 이를 뒷받침하는 요소로 바로 액세스 망 구성을 가입자 망 특성에 따라 다양하게 전개 시킬 수 있는 다기능을 기반으로 하는 액세스 시스템 개념을 도입하여, 통신서비스와 방송 서비스의 융합, 유선통신과 무선통신의 통합이라는 목표 지향의 전개를 들 수 있다.[2] 단말기는 종래의 통신 단말의 개념을 뛰어 넘어, TV,전축,컴퓨터 등과 같은 Consumer기자들이 지속적으로 통합해 나가고, 통신로는 ATM을 기반으로 하는 전달의 투명성을 확보해 갈 것이며, 급증하는 이용자 정보 대역의 수용을 위

해서 궁극적으로 이용자의 댁내까지 광 화이버를 연결하는 형태로 발전될 전망이다. 전화와 같은 통신 서비스와 CATV와 같은 방송 서비스가 현재는 각각 서로 다른 망을 이용하여 독립적으로 제공되고 있지만 궁극적으로 두 서비스는 ATM 기반 통신망에 통합되어, 이용자에게는 하나의 액세스 링크를 통하여 연결될 것이다.

이와 같이 광케이블 망 위주의 초고속 정보 통신망은 이동, 위성 통신 기술이 급속도로 발전함에 따라, 이를 수용하는 형태로 추가, 보완되어 갈 것으로 보인다. 특히, 무선에 의한 서비스에는 유선에서 제공할 수 없는 단말기의 이동성(Mobility)이라는 커다란 장점을 지니고 있다. 한편, 댁내에서의 광 화이버 배선에는 현실적으로 여러 가지 문제점을 갖고 있으며, 경우에 따라서는 해결이 불가능한 경우도 존재한다. 이런 경우를 대비하여 대안이 마련되어야 하며, 그 중에 하나가 무선에 의한 광대역 서비스의 제공이다.

무선 가입자 망(WLL : Wireless Local Loop)은 전화국의 유선 가입자 회선을 무선으로 대체하는 것으로서, 농어촌 같이 인구밀도가 희박한 지역에 전화를 가설할 경우에 가설비를 줄이기 위한 것이었다. 그러나 도입 초기에는 관련 무선 장비의 가격 경쟁력이 취약하여 활성화 되지 못하였으나, 최근에는 디지털 이동 통신 기술의 발전으로 가격 경쟁력을 확보함에 따라 새롭게 주목받는 분야가 되었다. 특히 이 방식은 단 기간 안에 전화 서비스를 제공할 수 있는 장점

으로 인하여 통신시설의 보급이 저조한 개발 도상국을 중심으로 한 관련 시장의 활성화가 예상된다.

현재 검토, 개발 중에 있는 WLL은 음성 서비스의 제공을 목표로 하는 것으로 초고속 망이 제공하는 멀티미디어 서비스의 수용과는 상당한 차이가 있다. 무선에 의하여 광대역 서비스를 제공하기 위해서는 극복하여야 할 여러 가지 문제점이 있으며, 앞으로의 기술개발은 이러한 장애를 해소하는데 초점이 맞춰질 것이다. 예를 들면, 무선 채널의 광대역화, 제한된 주파수 자원의 효율적인 이용, 주파수 재이용에 따른 간섭과 페이딩 대책, 초기 설치 비용의 절감, 서비스 제공 지역의 제한, 통신 보안 문제 등이 있다.

본 고에서는 향후 무선 액세스망의 구성 시, 개인 휴대 통신 서비스(PCS) 및 발신 전용 휴대통신(CT2) 기반의 음성 서비스 이외에 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하는데 가장 유력한 응용 대안이 되고 있는 무선 CATV 기술, 무선 ATM 기술에 대하여 살펴보고, 나아가 통신망의 획기적인 발전에 기여할 수 있는 액세스망에서의 유선과 무선통신의 통합이라는 궁극적인 목표를 실현하기 위한 방안으로서 ATM 기반의 HFR(Hybrid Fiber Radio) 구성을 제시하고자 한다.

II. 디지털 무선CATV

무선 CATV는 케이블 TV망에서 액세스계로 사용되는 유선 전송로를 무선으로 대체한 것으로 1983년 FCC에서 교육용 ITFS(Instructional Television Fixed

Service) TV채널 중에서 8채널을 MMDS(Microwave Multipoint Distribution Services)용으로 배정하면서 시작된 서비스이다. 현재 70개국의 500만 이상의 가입자를 확보하고 있는 신규 서비스로써[4], 유선 CATV에 비하여 상대적으로 저렴한 시설 비용(Head End : 3만\$ - 5만\$, 가입자 수신 장비 : 450\$), 유지 보수의 용이성, 서비스의 신속한 제공 및 빠른 시설 투자 회수가 가능함 등의 장점을 갖고 있다.

이러한 무선CATV방식이 초고속 무선 가입자 액세스 망의 하부구조로 사용되기 위해서는 RF기술(무선 변복조 기술, 전력 증폭기, 주파수 발생기, 저 잡음 증폭기, 주파수 변환 Mixer 등의 소자 기술, 신호 간섭 분석 등), 역 방향 액세스 및 제어기술, 고속 실시간 에러 정정 기술, 준 밀리파 대 이용 기술, 무선 망 설계 기술, 대내에서의 배선 기술, 가입자 관리 기술, 표준화 기술 등과 같은 핵심 기술의 개발이 필요하다. 이의 요구 조건을 정리하면 다음과 같다.

- 유선 CATV에서 요구되는 S/N비(40dB)와 동등한 수준의 전송 품질
- 넓은 전송 채널 용량, 시스템 용량과 경제성
- 양방향의 디지털 전송

DAVIC에서는 MMDS, LMDS(Low power Multipoint Distribution Services) 링크상의 디지털 양방향 무선 CATV에 대하여 표준화를 추진하여 '96년 9월에 Version 1.1을 작성하였다.[5] 데이터 전송방식은 ATM 셀 전달 방식과 MPEG2 Transport Streams 방식을 사용한다. DAVIC에서는 MMDS와 LMDS의 구

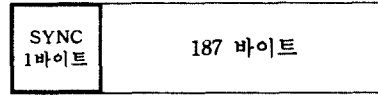
〈표 1〉 아날로그 MMDS와 LMDS 비교

| | MMDS | LMDS |
|-----------------|--|--|
| 주파수 대 | 2.5-2.7GHz | 28GHz, 유럽은40GHz |
| 대역폭, 채널수, 채널 간격 | 하 향 : 200MHz/33채널/6MHz (유럽은 8MHz) | 하 향 : 1-3GHz/100채널/20MHz 상 향 : 200 MHz |
| 서비스 반경 | 최대 50 Km | 최대 5 Km |
| 전송 모드 | 단 방향 | 양방향 |
| 주요 특징 | 교육용 방송 채널이 발전한 소규모 지역 방송 | - 셀 구조 형태에 적합 - 양방향 무선 멀티미디어 서비스를 지향 |
| 전송 방식 | 하향:16/64/256 QAM, TCM 사용 RS/콘볼루션 코드 | 하향 : 16/64/256QAM/TCM 또는 QPSK 상향 : DQPSK, TDMA RS/콘볼루션 코드 |

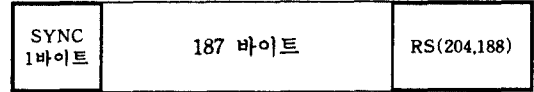
분을 10GHz 전송 주파수를 경계로 하여 분리하고 있다. 즉, 10GHz 이하인 경우를 MMDS라 부르고 10GHz 이상인 경우를 LMDS라 부른다.

DAVIC에서 정의한 디지털 MMDS, LMDS의 하향 데이터 전송 패킷은 기존 디지털 방송 시스템과의 호환을 위하여 (그림 1) 및 (그림2)과 같이 1개의 동기 바이트와 187 개의 데이터 바이트로 구성된다. 이러한 패킷은 RS(Reed Solomon) 순방향 에러 정정 코드가 첨가되어 204바이트로 재구성된다. 이때 RS코드는 8비트의 오류를 정정할 수 있다.

응용 서비스가 MPEG2 비디오 전송인 경우에는 서



a) MPEG 2 Transport Stream 다중 패킷



b) RS(204, 188, t=8) 에러 정정 패킷

그림 1. MMDS, LMDS의 MPEG2 전송 패킷 구조

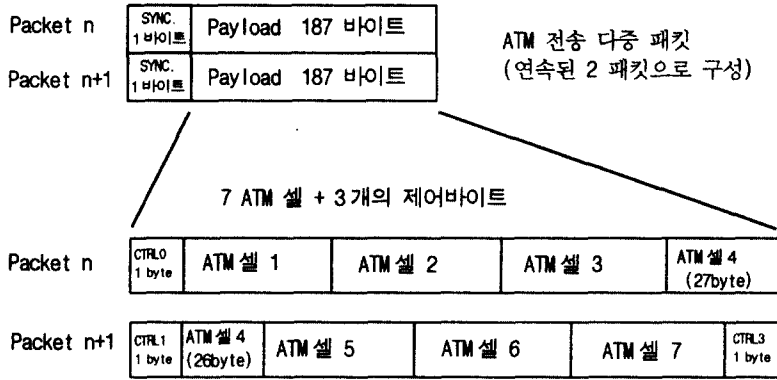


그림 2. MMDS, LMDS의 ATM 셀 전송 구조

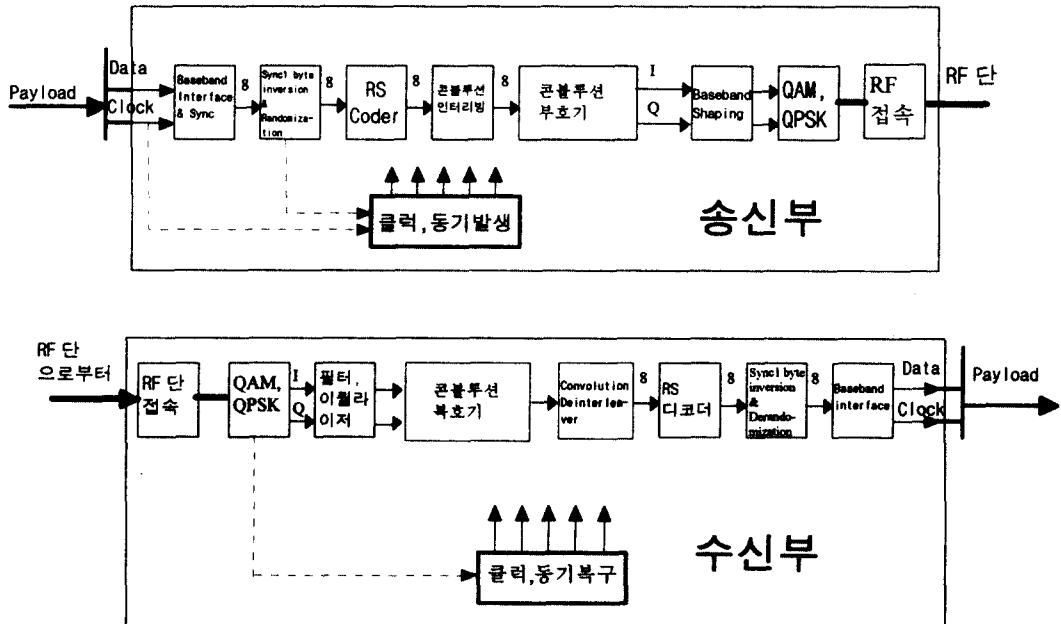


그림 3. 디지털 LMDS 변복조기의 블록 다이어그램

비스 식별, 스크램블링과 제어 정보를 갖는 3바이트의 헤더와 184개의 MPEG2 데이터 비트로 구성된다. ATM 전송인 경우에는 187바이트가 53바이트의 배수로 나누어 지지 않기 때문에 (그림 2)와 같이 7개의 ATM셀과 3개의 제어 바이트(셀 안에 에러가 포함되었는지의 여부, 전송 우선순위 등의 정보)로 구성하여 (그림 3)과 같은 변복조를 통하여 전송 된다.

DAVIC의 무선 전송방식은 TDM/TDMA방식으로, Up stream은 ATM 전송만을 사용한다. 전송 패킷의 구성은 (그림 4)와 같이 53바이트의 셀과 RS 에러 정정 부호 및 1 바이트의 Guard time으로 구성된다. 이렇게 구성된 패킷은 (그림 5)와 같이 DQPSK 변조에 의해 액세스 노드로 무선으로 전송된다. 액세스 노드에서는 각 슬롯에 있는 여러 가입자로부터 보내 온 패킷에 대하여, 에러 정정 등을 수행한 뒤 ATM 교환 및 전송 등을 수행한다.

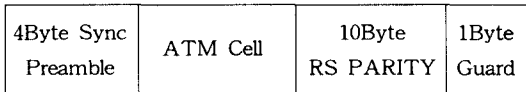


그림 4. Up stream 의 전송 패킷의 구성

DAVIC의 MAC은 현재 세부 내용이 보완 작성 중에 있으며, '96년 9월 제네바 회의에서 최종 세부 규격이 확정될 것으로 보인다. DAVICI 제안하고 있는 MAC은 IEEE 802.11 무선 LAN의 DFWMAC (Distribution Foundation Wireless MAC)과 유사한 슈퍼 프레임 구조가 될 것으로 보인다.(그림 6) 슈퍼 프레임 구조는 무선 공유 채널을 확보하는 방법에 따라, 경쟁이 없이 사전 예약에 의한 contention free 및 예약 구간과 경쟁에 의한 contention 구간으로 나눌 수 있다.

음성과 같이 시간 의존적(time bounded) 서비스는 사전 예약을 하는 contention free 구간을 이용하고, 데이터 전송같이 비실시간 서비스는 contention 구간을 이용한다.[6]

우리나라에서는 아날로그 MMDS, LMDS 모두를 개발하고 있다. 즉, 전자 부품 연구소를 주축으로 한 MMDS 연구 개발과 한국 이동 통신에서의 국책 과제에 의한 LMDS 개발이다. KMTC는 28GHz LMDS 에 대한 연구 개발을 '96년부터 수행 중에 있으며, 28GHz대 1GHz대역폭을 실험용으로 할당받아 현재 대전 지역과 과천 지역에서 시험 운영 중에 있다.

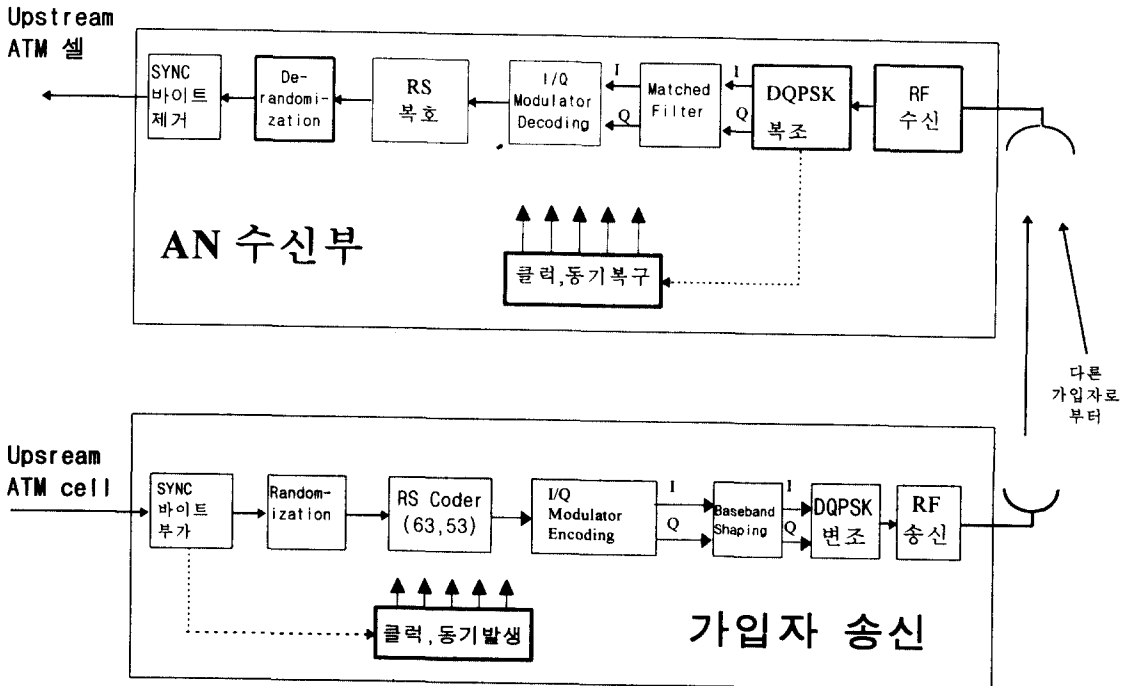


그림 5. 디지털 LMDS의 Up stream 블록 다이어그램

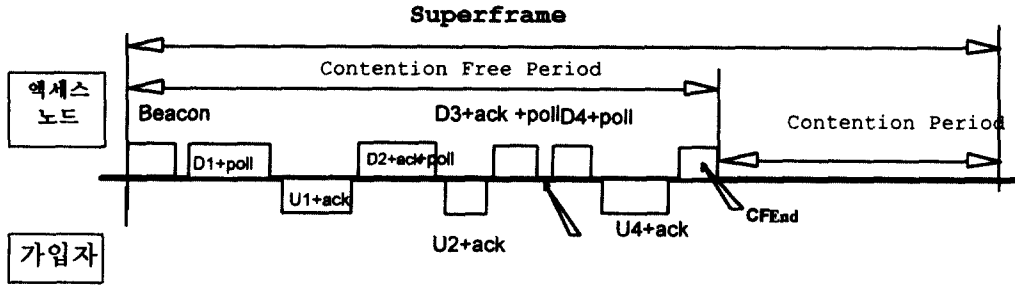


그림 6. 슈퍼 프레임의 구성

KETI는 아날로그 MMDS에 대하여 산업체와 공동 연구 개발을 수행하고 있다. 한국 무선 CATV, 태평양 시스템도 각각 서울과 기흥 지역을 대상으로 하여 MMDS 무선 전송 시험을 완료한바 있다. 특히 우리나라는 MMDS, LMDS 단말기를 OEM으로 수출하는 등 무선 CATV와 관련 산업인 위성방송 수신기, 마이크로파 전송장 비에 대한 노하우가 산업체에 축적되어 있다고 판단된다.

LMDS는 28GHz대인 밀리파 대에서 운용되는 것으로 대기중의 습도, 강우에 대하여 민감하게 영향을 받는다. 일단 생각해볼 수 있는 것이 비가 오는 것(즉, 통신로의 열악함)을 검출하여 이를 송신처로 feedback하여 송신 출력을 높이는 방법을 생각해 볼 수 있으나, 동일 주파수를 반복하여 사용하는 셀 구조 형태일 때는 인근 채널에 심각한 간섭을 야기시킬 수가 있다. 일반적으로 설명을 할 때, MMDS와 LMDS를 대비하여 설명을 함으로, 자칫 두 방식이 서로 상반되는 개념으로 비추어 질 가능성이 있다. LMDS는 MMDS의 단점인 주파수 대역폭을 보완하기 위하여 상위의 대역인 28GHz대로 이동하여 운용하는, MMDS에서 진화한 것으로 양방향의 서비스 제공 등으로 많은 장점을 LMDS가 갖고 있으나, 이에 못지 않게 실용화, 대기의 영향, 가시거리 통신 등과 같은 많은 실용화의 난제를 갖고 있다. 한편, 초기의 아날로그 MMDS에서는 단 방향을 취하였으나, 디지털 MMDS에서는 양방향의 Interactive서비스의 개발이 보편화 되어 가고 있는 것으로 분석되며, 미국 NDN 사,아일랜드 등에서는 Interactive MMDS을 이용하여 인터넷 서비스에 이용하고 있다. 따라서 통신사업자는 주변 환경, 관련 산업의 현황, 주파수 정책 등에 따라 적절한 방식을 채택한 무선 가입자 망 구성이 필요하다.

III. 고속 무선 전송과 무선ATM

일반적으로 무선 시스템은 (그림7)와 같이 전개되어 갈 것이다. 횡축은 전송속도이고, 종축은 이동성(Mobility) 지표이다. 현재는 CDMA 디지털 셀룰라 서비스가 상용 서비스 중에 있으며, CT2 도 상용 서비스가 개시될 예정이다. 현재, 음성 통화 위주로 제공되고 있는 이동 통신 시스템은 크게 셀룰라 계열의 차량전화와 코드리스폰 계열의 무선전화로 분류할 수 있다. 셀룰라 시스템은 고속으로 이동하는 차량을 대상으로 한 시스템이며, 코드리스폰은 기존의 유선 단말을 무선화 한 것으로 이용 가격이 저렴하고 휴대가 편리한 반면에, 통화 영역이나 제공 서비스가 제한되는 단점을 갖고 있다. 휴대가 간편하고, 기존의 코드리스폰보다 활동 범위가 넓으며, 셀룰라 차량전화보다 가격이 저렴하여 누구나 이용할 수 있는 보편적 서비스를 제공하자는 목적하에서 등장한 것이 개인 통신 서비스(PCS : Personal Communication Service)이다. 이들이 제공하는 주 서비스 목표는 음성급이며, 데이터 전송속도는 최대 32 Kbps 정도로 예상된다.

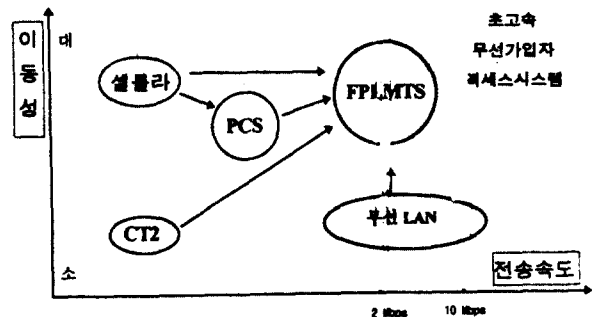


그림 7. 무선 통신 기술의 발전 방향

이러한 무선 시스템은 차세대 이동 통신 망인 FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunications Systems)로 진화되어 갈 예정이다. 초기의 FPLMTS의 전송속도는 최대 2 Mbps 급으로 광대역 무선 전송 서비스를 제공하기에는 부족한 속도이다.

무선 데이터 통신 서비스를 제공하기 위한 공중망으로, 무선 전용 패킷 망과 셀룰라 이동 전화망을 이용한 무선 데이터 망이 있다. 무선 전용 패킷 망의 대표적인 예가 MOBITEX, ARDIS로서, 디지털 셀룰라 망과는 다른 별도의 주파수 대역을 사용한다. 이에 반하여 기 설치된 아날로그 셀룰라 망을 이용하는 CDPD(Cellular Digital Packet Data)시스템은 주파수 대역과 기 설치된 셀룰라 시스템의 많은 부분을 공유하여 사용한다. 셀룰라 망에서 데이터 통신을 제공하기 위한 방법으로 셀룰라 모델을 이용하는 방법, CDPD방식, 정보 채널에 직접 데이터를 전송하는 방법 등이 있다. 그러나 제공 속도가 음성급 정도인 19.2 Kbps이하로서, 비동기 데이터 및 팩시밀리 서비스, 단축 메시지 서비스, 패킷 데이터 서비스 정도가 가능하다.

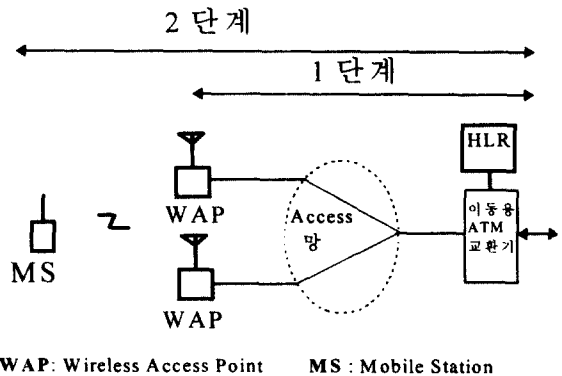
전송속도는 공중 통신망 보다는 사설망에서 보다 높은 대역을 얻을 수 있다. 이들 중에 대표주자가 무선 LAN으로, IEEE 802.11 표준과 HiperLAN 표준이 있다. IEEE 801.11은 ISM 밴드(Industrial Scientific Medical Band, 산업,과학,의료기기)가 면허 없이 사용할 수 있게끔 국제적으로 할당된 주파수 대 : 902-928 MHz, 2.4-2.4835 GHz, 5.725-5.825 GHz)에서 최대 2 Mbps 속도를 제공하는 무선 LAN을 목표로 하고 있는데 반하여, ETSI에서 표준화 한 HiperLAN은 5.2 GHz 대역에서 이용자에게 최대 20 Mbps의 전송속도를 제공할 수 있다. 한편 18 GHz 대역에서 10 Mbps Ethernet과 완전 호환이 가능한 무선 LAN도 있다.

주목하여야 할 분야가 이미 2장에서 설명한 바가 있는 무선 CATV이다. 무선 CATV 전송방식은 제공 속도에 의해 MMDS와 LMDS방식으로 나누어 진다. 단방향의 트래픽을 제공하는 아날로그 MMDS는 2.5 - 2.7 GHz 주파수 대에서 6MHz 대역을 갖는 33개의 채널을 동시에 전송한다. 이에 반하여 LMDS는 28 GHz 주파수 대에서 전체 대역폭이 1 GHz이상으로 20 MHz 대역을 갖는50개의 채널을 동시에 제공하고, 비록 Up-Down 대역은 다르지만 양방향의 Interactive 서비스를 지향하고 있다.

현재 이들 방식은 아날로그 방식으로 상용되고 있지만, 필요 시에 ATM을 수용하는 디지털 방식으로

전환될 것으로 예측된다.

이와 같은 무선 통신망은 유선 통신망과 결합되어 FPLMTS/UPT의 통합된 구조로 발전되어 갈 것이다. 이용자에게 각종 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 ATM을 기반으로 하여, 단말 기능, 액세스 망, 기반 통신망이 상호 유기적인 관계를 갖을 것이다. 무선 통신망에서의 ATM 기술도입은 (그림 8)와 같이 2 단계로 이루어지리라 예측된다. 1단계에서는 무선 접속점(Wireless Access Point)부터 ATM 기술이 적용되는 것으로, Air 접면에서는 기존의 무선 프로토콜을 그대로 사용하는 것이다. 2단계는 단말부터 ATM 화하여 셀 전송을 하는 것으로 이미 일부 연구기관에서는 시작품을 개발 운용하면서, 탐색 연구를 수행하고 있다. 표준화 기관에서도 무선 ATM 표준화를 추진하고 있다.



WAP: Wireless Access Point MS: Mobile Station

그림 8. 무선 ATM의 단계별 전개

무선 ATM(이하 WATM이라 함)의 표준화 작업을 제일 먼저 시작한 곳은 유럽의 전기통신 표준화 기구인 ETSI STC RES 10 그룹이다. 이들의 목표는 5.2 GHz대역을 이용하여, '95년에 표준화한 HiperLAN규격을 토대로 하여 WATM응용 시나리오 및 기능 규격 등을 '98년 8월까지 작성하고, Conformance test 규격을 '99년 11월까지 작성하는 것이다.

ATM 포럼에서도 '96년 8월 볼티모어 회의에서 정식 작업반이 결성되어 통신사업자, 제조업체 등이 참여하여 WATM 및 ATM based Cellular fixed infrastructure표준화 작업을 진행하고 있다.

작업반 결성을 위하여 '95년 12월 회의부터 4번의 비정기 회의에서 NEC, 모토롤라, NTT, NOKIA, 캄브리지 대, 스웨덴의 TELIA 연구소 등이 모여

WATM 표준화 항목, 프로토콜 구조, 작업의 방향 등에 대하여 1차 합의를 얻은바 있다. 이외에도 DAVIC에서는 디지털 방식의 양방향 무선CATV를 토대로 한 ATM 셀 전달 방식을 표준화하고 있다.

WATM의 표준화 방향은 이미 작성된 무선 LAN 규격에 ATM을 수용하는 형태로 진전되고 있다. 무선 LAN 규격에는 IEEE 802.11 위원회에서 작성한 것과 유럽의 ETSI RES10에서 작성한 HiperLAN 규격이 있다. 이들 규격은 현재 최종 draft 상태에 있으며, 모두 LAN 트래픽에 적합하도록 설계되어 있으며 특히 무선 채널 사용권을 획득하기 위한 충돌 방지 등의 채널 액세스 구조가 복잡하게 설계되어 있다.[6]

IEEE 801.11의 규격은 ISM 밴드에서 최대 2 Mbps 속도를 제공하는 것으로 이 규격이 ATM 트래픽을 제공할 때 문제점을 살펴 보면, 1) 지연 요구 조건, 효율(Throughput)을 보장하는 기능이 없으며, 매 패킷마다 48 비트의 IEEE 어드레스가 필요, 2) 무선 채널 사용권을 획득하기 위한 충돌로 인하여 대기자가 많을수록 지연 시간이 지수적으로 증가, 3) 비교적 패킷의 길이가 긴 비동기의 데이터 전송에 적합, 4) 물리 계층이 제공하는 전송속도로 ATM 정보를 수용하기에는 너무 낮다는 것 등이다.

이에 반하여 HiperLAN은 WATM에 근접한 규격으로, 5.2 GHz 대역에서 150 MHz의 주파수를 할당 받았으며, 이용자에게 최대 20 Mbps의 전송속도를 제공할 수가 있다. 또한 일정 시간 이내의 지연을 보장하는 데이터그램 전송방식 구조를 취하고 있으므로 WATM 규격의 기반으로 활용될 여지가 많다.

유럽의 RACE, ACTS(RACE의 후속 사업)사업에는 여러 개의 WATM 개발 프로젝트가 있다. 대표적인 것이 MBS(Mobile Broadband System)로 3세대 이동 통신 시스템에 대하여 UMTS(Universal Mobile Telecommunications Service)와 함께 연구되어온 WATM의 개념적인 연구로서, 60 GHz 대역에서 155M bps의 광대역 서비스 제공을 목표로 하고 있다. 주로 차세대 광대역 서비스의 개념 설정 및 무선 인터페이스 모델링과 시뮬레이션을 수행하며 62-63 GHz대를 이용하여 100 m 가시거리에서 16 Mbps의 비디오 전송을 시연한 바 있다. 이외에도 WATM 시연을 목표로 한 Magic WAND 프로젝트와 사설 망에서의 사용을 목표로 한 MEDIAN 프로젝트가 있다. 이들은 각각 17GHz 대역에서 20Mbps 대역과 60GHz 대역에서 155Mbps대역의 제공을 목표로 하고 있다.

일본 NTT의 AWA(ATM Wireless Access)는 FTTH의 보조 수단으로, 10GHz 대 이상에서 10 Mbps 정도의 고속 전송 능력을 개발 중에 있다. 제한된 이동성을 가지면서 사설망과 공중망 액세스가 모두 가능하도록 하고 있다. 즉, 사설망 영역에서는 WATM LAN에 접속되어 운용되다가, 공중망의 영역(호텔, 레스토랑, 공항 등)으로 이동하는 경우, 공중망에 핸드오프 접속되어 서비스 되는 것이다. 일본 우정성은 2002년에 전국적으로 시범 서비스를 제공할 계획이다. NEC에서도 '95년 7월에 WATMnet이라는 WATM prototype을 제작, 시연하였다. 이 시스템은 2.4 GHz대의 ISM 주파수 대역에서 TDM/TDMA 방식을 이용하여 8 Mbps 대역을 제공하고, ATM의 CBR, VBR, ABR 트래픽의 수용, ATM 망 내에서의 IS.41 및 핸드오프 기능의 지원 내용, MAC 프로토콜 등을 연구하고 있다.

현재 WATM의 선행 연구 및 ATM 포럼의 WATM 표준화 작업반 그룹 결성 등에 많은 기여를 하고 있다.

AT&T Bell Lab.에는 BAHAMA(Broadband Ad-Hoc ATM Anywhere)와 SWAN(Seamless, Wireless ATM Network) 프로젝트가 있다. BAHAMA는 WATM LAN 형태로서 peer-to-peer 통신 방식으로 20 Mbps 전송 대역 확보를 목표로 하고 있다. 현재는 실험실 차원에서 900MHz 대역에서 2Mbps 무선 전송과 기지국간에는 Infrared로 1 Gbps 전송을 실험하고 있으며, 이동성 제어, VP/VC 제어, QoS 등에 대한 검토를 수행하고 있다. SWAN은 ISM주파수 대역에서 주파수 호핑 방식의 스펙트럼 확산 통신 방식을 이용하여 10 - 20m 반경의 피코 셀에서 Mobile computing 용도이다.

이외에도, 동경대, 오오사카대, 캠브리지대, 콜롬비아대, 독일의 Aachen 대, 네덜란드의 Eindhoven대학 등에서의 이론적인 연구와 통신사업자인 Bell Core, Alcatel Bell, Ericson 등에서 ATM 기반의 전달망에 대한 검토 및 이탈리아의 Telcom Italia Mobile, Northern Telecom, NTT Mobile Commun, Network 등에서 이동망의 ATM으로 진화에 대하여 검토 중에 있다.

WATM 표준 규격을 작성하기 위해서는 프로토콜 구조, 공유 자원인 무선 채널을 액세스하는 매체 접근 제어 방식, 변복조 방식, 전송 비트 속도, 전송 에러 특성 등의 서비스 품질(QoS로 지연, 트래픽, 셀 손실율 등), 전체 효율, 장비 비용 등을 검토하여야

한다.

현재 ATM 포럼 등에서 검토되고 있는 WATM 프로토콜 구조는 (그림 9) 와 같다. 물리 계층에는 고속의 무선 전송, 변복조, 다이버시티, 등화, FEC 제어, 기타 페이딩과 간섭을 배제하는 기능 등이 포함된다.

MAC 계층은 CBR,VBR,ABR,UBR 트래픽 지원을 위한 다원 접속 구조, 일정한 QoS를 갖는 셀 지연 변이, 셀 손실율 등을 보장하는 기능으로 구성된다. 무선 데이터 링크 제어 계층에는 고속의 에러 제어를 하는 ARQ기능, ARQ와 QoS/AAL 서비스와의 연계 기능 등으로 구성된다. 무선 제어부는 무선 자원의 관리, 동적 무선 채널의 할당, QoS관리 등이 포함될 것으로 보인다.

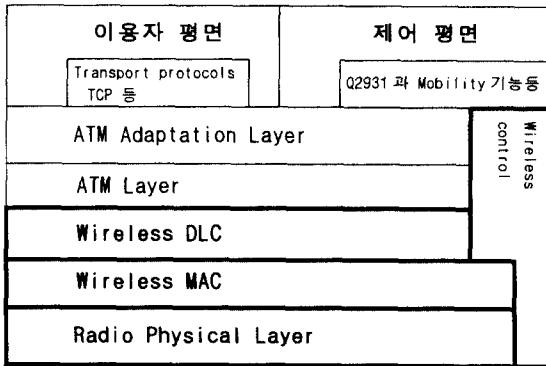


그림 9. Wireless ATM protocol stack

IV. ATM 기반의 유무선 액세스 통합 : HFR (Hybrid Fiber Radio)

초고속 무선 가입자 액세스망을 통해서 전달하고자 하는 서비스는 궁극적으로 BISDN에서 제공하고자 하

는 서비스에 목표를 두고 있다. 즉, 음성신호로부터 데이터, 화상 및 동영상 신호까지를 포함하는 통신 및 컴퓨팅 분야를 망라한 넓은 응용 서비스를 대상으로 한다. 이러한 초고속 무선 가입자를 수용하기 위한 방법으로 초고속 WLL 과 광통신의 결합 구성을 들수 있으며, 또한 단 대 단간 정보 전달의 투명성을 실현하기 위해서 PCS 나 CT2와 같은 협대역 기반의 이동 통신 서비스와 ATM 광통신 기반의 초고속 통신망간 융합을 고려할 수 있다.

정보 통신서비스를 각 서비스 속성에 따라 분류할 수 있으며, 여기에는 서비스 전달 형태(방송형, 대화형, 검색형 등), 연결 형태(연결형, 비연결형), 트래픽 형태(CBR, VBR, ABR 등), QoS(전송 에러, 지연 특성 등), 전송속도 등이 있다. 이와 같이 다양한 속성을 갖는 여러 가지 서비스의 요구 조건을 무선 채널에서 모두 일시에 만족시키는 것은 불가능할 것이며, 따라서 기술 발전과 조화를 가추면서 단계적으로 수용할 필요가 있다.

(표2)와 같은 서비스를 제공할 수 있는 무선 액세스 시스템을 설계하기 위해서는 변복조 방식, 셀의 구성, 안테나, 다이버시티, 전력 제어, 신호 동기 등의 무선 전송 기술과, 무선 채널 위에서 운용되는 상위 계층 프로토콜, 신호 방식, 응용 서비스의 요구 조건 등이 검토되어야 한다.

이와 같은 다양한 속도와 서비스 속성을 갖는 서비스 들을 융통성 있게 통합하여 제공할 수 있는 전달 방식으로는 BISDN의 기반이 되고 있는 ATM 방식의 채용이며, 나아가 고속화 된 무선 채널의 제한된 서비스 커버리지를 고려하여 광대역 전송 특성을 갖는 광섬유 기반 통신과의 융합은 필연적일 것으로 전망된다. 여기서 차세대 이동 무선 시스템의 기반으로 ATM사 용을 주장하는 이유를 살펴보면 다음과 같다.[8]

<표 2> 대표적인 서비스의 요구 조건

| 응용 서비스 | 서비스 형태 | Bit Rate 영역 |
|-------------------------|------------------------|--------------|
| Voice/Audio | CO, CBR, Low delay | 8-128Kbps |
| Digital Data | CL, ABR/UBR, Low error | 0.1-1 Mbps |
| Video Telephony (H,261) | CO, CBR, Low error | 64 -384 Kbps |
| Motion Video | CO, CBR, Low delay | 1.5 - 6 Mbps |
| File transfer | CL, ABR/UBR, Low error | 1-10 Mbps |

CO : Connection oriented
CBR : Constant Bit Rate
ABR : Available Bit Rate

CL : Connectionless oriented
VBR : Variable Bit Rate

- 주파수 대역 할당의 융통성
- 다양한 응용 서비스의 용이한 수용.
- 각종의 burst한 멀티미디어 트래픽을 통계 다중화 수용
- 유 무선망을 통한 단대단 광대역 서비스 제공 용이.
- 고속 패킷 스위칭 능력으로 개선된 서비스 신뢰도
- BISDN망과의 친화성(연동 용이)

무선 가입자 망의 구성은 기본적으로 기존 Local Loop를 무선화 하는 고정 무선 통신(Fixed Radio) 형태 이나 경우에 따라서는 서비스 영역 내에서 제한된 이동성 기능을 부여하기도 한다.

이동성을 갖는 경우에는 신호의 다 경로 전파로 인한 신호 간섭이 증가하게 되고, 이는 서비스 가능 거리를 줄어든다. 일반적으로 WLL은 지붕 위가 높은 곳에 수신 안테나를 세운 고정 형태를 취함으로써 Multi-path Fading 등의 영향을 감소시키고 있다. 이는, 송출 전력이 동일한 경우에 서비스 가능 거리를 넓힐 수 있게 한다.

WLL에 사용되고 있는 무선 접속 기술은 매우 다양하다. 이러한 기술은 크게 다음과 같이 4가지로 분류할 수 있다. 이러한 여러 가지 기술 중에 WLL기술로 최종 선택되는 것은, 각국이 갖추고 있는 무선 통신 기술과 전략, 통신 망 운용자의 요구 조건에 부합 정도, 트래픽 성장과 서비스의 확장 시의 지원 능력, 향후에 광 화이버 망, Full Service Network 등과의 정합성 등에 따라 결정된다.

- MPMP (Microwave Point to Multipoint) 방식
- Cellular 방식
- Cordless 방식
- 위성 전송 방식

개발 도상국이나 신규 통신 사업자가 WLL를 선호 하는 이유는 짧은 기간 안에 서비스를 제공할 수 있고, 유선으로 시공한 것과 비교하여 가격 경쟁력이 있으며 (표3 참조), 유지 보수가 용이하다는 장점 때문이다. 일반적으로 통신 사업자는 다음과 같은 단계 별 추진 전략을 취할 것으로 보인다. 도입 초기에는 자사 소유의 Local 교환기 근처에 기지국을 두고 매크로 셀 서비스 영역(Feeder 영역부터 무선화)을 대상으로 서비스를 제공하다가, 가입자가 증가함에 따라 매크로와 마이크로셀(Drop area)을 혼용 하는 방식을 취한다. 이때 원거리에 떨어져 있는 액세스 포인트까지의 Feeder area는 유선 트렁크 회선을 시설하는 것을 원칙으로 하나 경우에 따라서는 디

지탈 마이크로웨이브 단 대 단 전송방식을 취하기도 한다.

현재 보급되고 있는 WLL은 주로 아날로그 셀룰라 기술로써, 저렴한 가격으로 인하여 집중적으로 보급 되고 있지만, 디지털 셀룰라 방식의 WLL도 가격 경쟁력을 갖추에 따라 향후의 WLL 시장을 주도할 것으로 판단된다. 앞으로 WLL 시장을 주도할 기술을 정리하면 (표3)와 같다. 이러한 기술 중에 시장에서 승리하는 기술은 유선과 동등한 음성 품질, 유선에 비하여 저렴한 시설 비용, PSTN과 transparency 유지, 산업체로부터의 지원 등을 갖춘 기술이 될 것이다.

- IS-95 CDMA 기술
- 유럽에서의 DECT, 아시아-태평양 지역에서의 PHS
- 마이크로파 전송 기술
- Broadband-CDMA
- AMPS(향후 5년 정도 지속될 것으로 추정됨)

우리나라의 WLL기술은 정보 통신부를 주축으로 표준화 연구가 진행되고 있으며, 농어촌 지역과 같이 가입자 선로의 유지 보수비가 과다한 지역, 신설 공단 등과 같은 신규 선로 설치 지역, 관공서 등과 같은 중요 가입자에 대한 통신 선로의 이원화, 시내 전화 사업의 진출 등을 목적으로 한 신규 회선의 설치 등이다. 삼성, LG, 현대 등은 CDMA 디지털 셀룰라 기술의 노하우와 해외에서 도입하는 GSM, DECT기술 등을 토대로 외국 시장의 진출을 꾀하고 있다. 국내의 표준화 방향은 W-CDMA 셀룰라 방식으로 단일화 될 것으로 보인다.[9]

초고속 무선 가입자 액세스망은 이동통신의 진화와

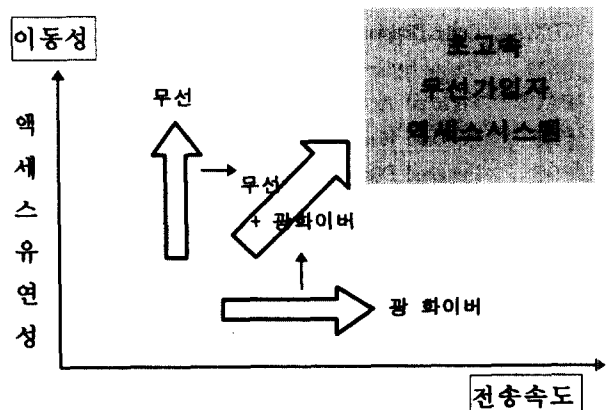


그림 10. 무선과 광통신의 결합에 의한 유,무선 통합화

<표 3> 주요 WLL 기술의 요약

| | 기술 | 주파수 대(MHz) | 액세스 방법 또는 duplexing | Number of Carrier | | Carrier Separation | Codec | 변복조 |
|-------------|-------------------------|--|------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|
| | | | | Number of Carrier | Number of bearer Carrier | | | |
| 셀룰라 기술 | AMPS | 824-849, 869-894 1820-1835, 1835-1865 | FDMA | 832 | | 30 | - | 아날로그 |
| | D-AMPS | 1850-1865, 1930-1945 | TDMA/TDD | 832 | | 30 | 7.25 Kbps | $\pi/4$ DQPSK |
| | CDMA IS-95 | 890-915, 935-960 1850-1910 | CDMA | 10 | | 1320 | 13 | QPSK DQPSK |
| | GSM | 810-826, 940-956 1429-1513 | TDMA/TDD | 124 | | 200 | | GMSK |
| | PDC | | TDMA/TDD | 1600 | | 25 | | GMSK |
| 코드리스 기술 | PACS | 1850-1910, 1930-1990 | FDD | 16 pairs per 10Mbps | 8/pair | 300 | 32 | $\pi/4$ QPSK |
| | DECT | 1880-1900 | FDD | 10 | 12 | 1728 | 32 | GFSK |
| | PHS | 1895-1907 | TDD | 77 | 4 | 300 | 32 | |
| BCDMA | 3.6-4.0 GHz 또는 다른 주파수 대 | CDMA | 12 | 16 | 3.22 | 음성: 64 Kbps 데이터: 144Kbps | QPSK | |
| Proprietary | 3.4 GHz | TDMA | Omni sector : 6 Tri sector : 18 | 10 | 307.2 | 음성 32Kbps ADPCM 데이터 64Kbps | $\pi/4$ DQPSK | |

- DECT : Digital European Cordless Telecommunication
- CDMA : Code Division Multiple Access
- GSM : Global System for Mobile Communication
- PACS : Personal Access Communications Services
- PHS : Personal Handy Phone
- PDC : Personal Digital Cellular

정에서 발생하는 것이 아니라, 이미 앞서서도 언급한 바와 같이 FTTH(Fiber To The Home)의 마지막 가입자 회선 구간 (통상 last drop 구간이라 부름.)의 대안으로 고려되는 것이다. 즉, 초고속 무선 가입자 액세스망은 이동 무선 시스템의 최대 장점인 이동성과 광대역 전달 특성을 갖는 광 화이버에 의한 고속 전송 능력을 결합한 HFR(Hybrid Fiber-Radio)을 바탕

으로 이루어 질 것으로 보인다.

초고속 HFR을 통해서 제공할 수 있는 대표적인 서비스로서, VOD를 고려할 때 채널 당 전송속도는 적어도 6Mbps 정도가 되어야 한다. 이와 같은 광대역 무선 채널을 얻기 위해서는 200 미터 이내의 단구간의 가시거리에서 이동성이 제한된 고정 무선 통신 방식이 도입된 (그림 11)과 같은 구조를 필요로 한

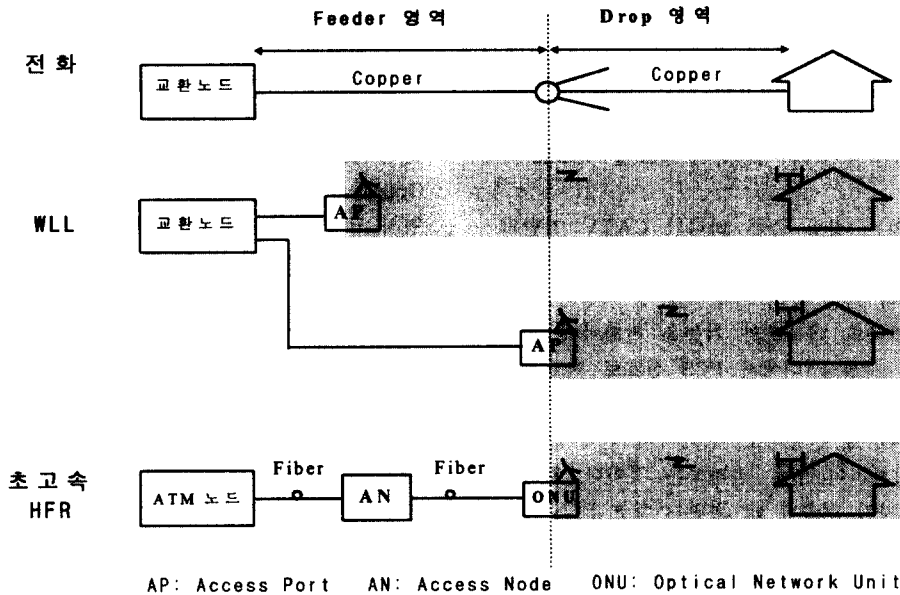


그림 11. WLL과 HFR

다. 즉, 유선으로 시설할 수 있는 곳(Feeder 영역)까지는 광 화이버를 시설하고 last drop 구간을 무선화한 구조이다. 이와 같은 초고속 HFR을 시설하기 위해서는 통신사업자의 가입자 전략, 통신 서비스의 요구 조건, 가입자 밀도, 장비 가격, 주파수 배정 등의 통신 규제 사항 등과 같은 제반 조건을 고려하여야 한다.

한편, 현재 DAVIC에서 검토되고 있는 기준 모델을 초고속 무선 가입자 액세스망에 적용해 보면 (그림 12)의 #1로 표시한 영역이다. 여기서 A1, A9등은

DAVIC에서 설정한 기준 인터페이스로서, 초고속 HFR은 A1 인터페이스를 적용하여야 한다. (그림 12)의 #2 영역은 가입자계의 feeder 부분에 디지털 무선 CATV를 사용하는 경우로서, 도서, 산간 지역의 경우가 이의 대표적인 예이다. 이때의 무선 전송로 구조는 단 대 단 디지털 마이크로파 구조가 될 것이다.

지금까지는 초고속 가입자 액세스 시스템에 대하여 검토를 하여 보았다. 이러한 시스템에 초고속 가입자 뿐만 아니라, 통신망의 통합 및 진화 측면에서 기존의 PCS 및 CT2 기지국을 수용하는 문제를 고려해볼

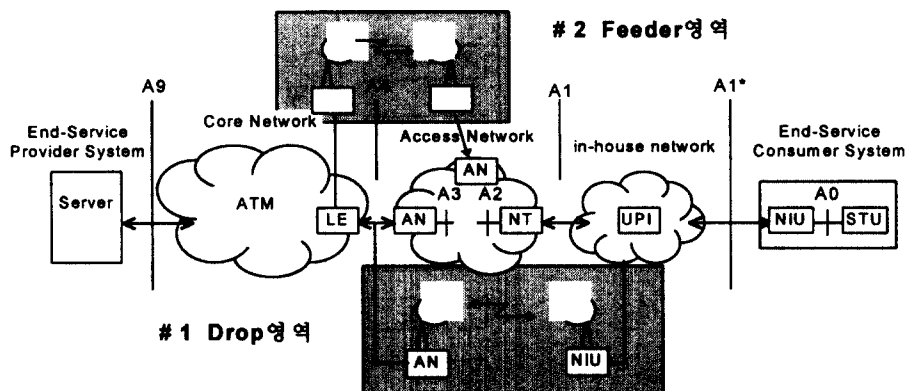


그림 12. 광대역 액세스 망 모델과 무선 통신

수 있다. 디지털 셀룰라 시스템에서와는 달리 PCS 및 CT2 기지국 설치에 많은 애로사항을 갖고 있다. PCS서비스가 어느 정도 보급이 되면 각각의 서비스의 영역은 마이크로셀, 피코셀이 될 것이며, 한 개의 대도시에서만 수천 개의 기지국이 필요할 것으로 예측이 된다.

이를 해결하는 방법 중에 하나가 CATV 기반의 PCS로서[11,12], 원격지에 위치한 기지국에는 주파수 변환 및 안테나 기능 등의 아주 단순한 기능만 갖추고, 기존 기지국의 대부분의 기능을 전화국에 두는 경우이다. 즉, 전화국 내에서 PCS 신호로 변조하여 이를 6 MHz대역폭을 갖는 아날로그 CATV 채널을 이용하여 원격지로 전송하고, 원격지의 안테나는 이를 주파수 변환하여 셀로 전파하는 것이다. 역으로 각 이동 가입자가 전송한 air 접면 신호는 PCS 복조 없이 이를 그대로 중앙의 전화국 내에 있는 PCS 기지국으로 보내는 것이다. 이때의 서비스 반경은 약 300 m 이내로서, 송출 전력은 100 mW 이내를 가정한다.

두 번째로 고려할 수 있는 방법이 기지국과 PCS 교환기간의 T1/E1 전송 연결을 ATM 화 된 기간 통신로를 이용하는 것이다. 이렇게 함으로 신규 PCS 망 구축에 따른 설비 투자가 적다는 점과 기존 망이 갖추고 있는 각종의 부가 기능을 충분히 이용할 수

있는 여지가 있다. 이러한 내용을 포함한 초고속 무선 가입자 액세스 시스템의 이미지는 (그림 13)과 같다. 앞으로 검토하여야 할 문제점으로, 밀리파 대의 음영 지역에 대한 대책, 다 경로 전송에 의한 왜곡 분석 및 대책, HFR-ONU(Hybrid Fiber Radio - Optical Network Unit)이 설치될 장소, 전원 문제, 외형의 크기 등이 있다. 액세스 노드와 HFR-ONU간에도 무선에 의한 단 대 단 전송로의 구성을 고려할 수가 있다.

V. 결 언

초고속 무선 가입자 액세스망을 통해서 전달하고자 하는 서비스는 궁극적으로 BISDN에서 제공하는 서비스를 무선 채널에 의하여 수용하는 것을 목표로 하고 있다. 즉, 음성신호로부터 데이터, 화상 및 동영상 신호까지를 포함하는 통신 및 방송 등의 폭넓은 응용 서비스를 대상으로 한다. 본 고에서는 이를 위하여 디지털 무선 CATV와 무선 ATM 기술의 최근 연구 동향을 소개하고, 나아가 ATM 광통신과 무선 액세스 방식을 결합한 ATM 기반의 유무선 통합 구조인 초고속 무선 가입자 액세스 망구조를 제시하였다. 또한 PCS 나 CT2와 같은 협대역 기반의 이동 통신 서비스와 ATM 광통신 기반의 초고속 통신망간 융합

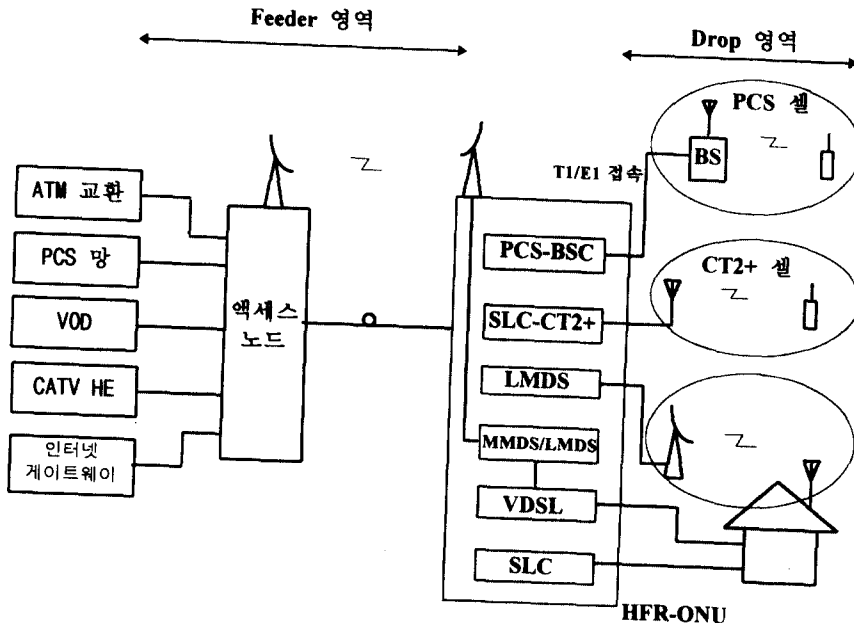


그림 13. WLL과 HFR

방안도 제시하였다.

이러한 초고속 무선 가입자 액세스 구성에 관해서는 선진국도 개념 설정을 하고 있는 단계로써, HAN BISDN 개발에서 축적된 ATM 액세스 기술, 디지털 셀룰라의 CDMA기술, 무선 CATV 및 위성방송 수신기에서 축적된 산업체 기술 등을 유기적으로 결합하는 초고속 HFR기술 개발에 대하여 집중투자를 한다면 관련 기술의 선진화를 달성할 수가 있으리라 판단된다. 무엇보다도 이러한 모습이 가시화 되기 위해서는 초고속 WLL의 구성이 급선무로써, 이는 디지털 무선 CATV 기술을 이용하거나 10 GHz 대의 광대역 WLL개발에 의해 가능할 것으로 판단된다. 동시에 이러한 초고속 무선 가입자 액세스를 위한 핵심 요소 기술로는, ATM 통신 기술, Multi-level, Multi-carrier 전송방식을 이용한 초고속 광대역 CDMA기술, 무선 채널의 Up stream 매체 접근 제어 기술 등을 포함하여 밀리파 대의 MMIC, 저 잡음 증폭기, 마이크로 스트립 안테나와 같은 부품 기술 등이 있다.

참 고 문 헌

- [1] 남택용, 최훈, 김재근, '초고속 정보 통신망을 위한 단계적 BISDN 구축', 한국 통신 학회지 제12권12호, pp152-pp165, 1995년12월
- [2] E.Auer, et al., 'A Generic Service Access Network Platform', ISS 95, Vol.1 B 41, 1995 Apr.
- [3] 정해원, 강 훈, 'Wireless ATM과 MMDS/LMDS' DAVIC 세미나, 1996년 7.10.
- [4] 장해성 외 2, '무선 CATV 기술 동향' 정보 통신 제13권 7호, 1996.7
- [5] DAVIC 1.1 Part08, Lower Layer Protocols And Physical Interfaces, Geneva, 1996 Sep.
- [6] 정해원, 강 훈, 'IEEE 802.11 무선 LAN의 DFWMAC, ETRI 주간 기술 동향' 760호, 1996.8.21.
- [7] 정해원, 조성준, 강 훈, 'Wireless ATM 의 연구 개발 동향', '96년도 한국 통신 학회 하계 종합 학술 발표회', 1996.7.
- [8] D.Raychaudhuri, 'ATM-Based Transport Architecture for Multiservices Wireless Personal Communication Networks', IEEE JSAC, Vol.12, No.8, 1992 Oct.
- [9] 이문호 외 2, 'CDMA를 이용한 무선 가입자 망(WLL)' 정보 통신 제13권 7호, 1996년 7월
- [10] F.G.Pedraja, 'Wireless Solutions for the Access Network in High Density Urban Areas: Technology Analysis and Experimental Results', ISSLS 96, pp187-199, 1996 Feb.
- [11] N.K. Shankaranarayanan, et al., 'Multiport Wireless Access System using fiber/coax networks for Personal Communications Services(PCS) and Subscriber loop Application', GLOBECOM 95, pp 977-981, 1995
- [12] C.Bodnarek, 'CATV Distribution Technology for PCS', Wireless 96, Canada, Vol.2, 1996 July
- [13] T.Ihara, et al., 'Research Activities on Millimeter-wave Indoor Wireless Communication Systems at CRL', ICUPC 95, pp 197-200, 1995
- [14] N.Morinaga, 'Advanced Wireless Communication Technologies for Achieving High-Speed Mobile Radios', IEICE trans. on Comm.s, Vol.E78-B No.8, 1995 Aug.
- [15] R.J.Nowak, Wireless: Part of the Broadband Future, ISSLS 96, 1996 Feb.
- [16] Minoru Kuramoto, 'Advanced Mobile Communication Technologies and Systems Directed towards FPLMTS', 7th World Telecommunication Forum, Geneva, 1995 Oct.
- [17] 예충일 외 2, '이동 멀티미디어 서비스 발전 방향' 정보 통신 제13권 7호, 1996.7
- [18] 이문호 외 1, '멀티미디어 서비스를 위한 무선 ATM망' 텔레콤 제12권 1호, 1996.6
- [19] M.J.MacTiffin, et al., 'Mobile Access to an ATM Network Using a CDMA Air Interface', IEEE JSAC, Vol.12, No.5, 1994 June
- [20] L. Dellaverson, 'Wireless ATM Networking and Selected Service Aspects', ATM Forum 95-1569, 1995 Dec.
- [21] M. Umehira et al., 'An ATM Wireless Access System for Tetherless Multimedia Services', ICUPC, Japan, 1995.
- [22] M.Naghshineh et al., 'Issues in Wireless Access Broadband Networks', 5th WINLAB Workshop Record, pp5-pp22, 1995 Apr.
- [23] Bora A.Akyol, et al., 'Handling Mobility in a Wireless ATM Network', INFOCOM 96, 1996 Feb.
- [24] J.Mikkonen, 'The Background and the Scope of the Future Work on Wireless ATM', ATM

- Forum 96-252, 1996 Feb.
- [25] Tim Phipps, 'Wireless ATM', ATM Forum 96-0109, 1996 Feb.
- [26] 박순, '한국에서의 LMDS 기술 활용 방안', 무선 케이블TV 국제 세미나, 1996.5
- [27] 박종철 외2명, 'MMDS 단말기의 설계 및 분석', '96년도 한국 통신 학회 하계 종합 학술 발표 대회, 1996.7.
- [28] 장세탁, '무선 케이블 TV 관련 국내 기술 현황 및 개발 방향', 무선 케이블TV 국제 세미나, 1996.5
- [29] B.Cornaglia, et.al., 'Radio Systems Architectures for Wireless CATV, ISSLS96, 1996.2.
- [30] G.de Passoz, et.al., 'Can Digital Techniques Give a New Boost to MMDS?', ISSLS96, 1996.2.
- [31] Kenneth Craft, 'Integrated Cable Telephony Solutions', 7th World Telecommunication Forum, Vol.1, pp657-pp661, 1995 OCT.
- [32] IEEE 802.11., "Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", 1995 Dec.
- [33] 우 병훈 외 3, '2.4 GHz 무선 LAN 시스템의 성능 해석', ADVANCE , 1995.1.
- [34] K.C. Chen, 'Medium Access Control of Wireless LANs for Mobile Computing', IEEE Network, 1994 Sep./Oct
- [35] Torben Rune, 'Wireless Local Area Networks', 7th World Telecommunication Forum, pp383-pp386, 1995 Oct.
- [36] A.M.Rolls, 'One per Customer Radio Systems', ISSLS 96, pp157-162, Feb, 1996.
- [37] William C.Y.Lee, 'The Wireless Local Loop in the Future', Telephony, pp36-39, 1995.Oct.23
- [38] William C.Y.Lee, 'CDMA Solution For Wireless Local Loop', 1st CDMA World Congress, Singapore, 1996 May
- [39] R.Sellinger, 'Designing a Wireless Local Loop Network - Why CDMA is The Solution?', 1st CDMA World Congress, Singapore, 1996 May
- [40] C.Simpson, 'The Growing Role of Wireless Local Loop(WLL) : Comparing the Competing Technologies', 1st CDMA World Congress, Singapore, 1996 May
- [41] Muthuswamy, 'CDMA Solution For Wireless Local Loop : Experience and Network Deployment Plans in India', 1st CDMA World Congress, Singapore, 1996 May
- [42] M.Dziatkiewicz, 'Wireless Fiber offer carriers bypass, competition', America's Network, pp42-43, 1996 Apr. 15
- [43] A.Javed, 'Wireless Local Loops : Status and Evolution', Wireless 96, Canada , Vol.2, 1996 July
- [44] N. Palmer, 'The Wireless Local Loop : A Matter of Simple Economics', Telephony, pp60-66, 1996 June 3
- [45] 瀬川 純 외 1, 'PHS 와이레스 로칼 루프(WLL)의 動向, NTT 技術ジャーナル, pp 18-20 1996.6.
- [46] 田中和則 외 3, '小規模需要 無線アクセス方式の開發, 導入について', NTT 技術ジャーナル, pp 66-67, 1996.4



정 해 원

조 성 준

- 1980년 2월 : 한국항공대학원 항공통신정보공학과 (학사)
- 1982년 2월 : 한국항공대학원 항공전자공학과(석사)
- 1982년 3월~현재 : 한국전자통신연구소 근무, 통신망기술 연구실(책임연구원)

- 1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (학사)
- 1969년 4월~1972년 7월 : 해군 기술 장교
- 1975년 2월 : 한양대학교 대학원(석사)
- 1981년 3월 : 일본 오사카 대학교 통신공학과(박사)
- 1989년 2월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 교수

김 재 근

- 1980년 2월 : 고려대학교 전자공학과(학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1990년 9월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)
- 1979년 2월~현재 : 한국전자통신연구소 근무, 광대역통신망연구부 부장(책임연구원)