

광대역 이동통신 시스템 소개

정 회 장

한국전자통신연구원 무선통신표준연구실 책임연구원

1. 개요

광대역(밀리미터파)이동통신시스템(BMS : Broadband Mobile System)은 적외선 대역과 UHF 대역인 20-60GHz대역에서 동작한다. UHF대역은 라디오나 TV방송에서 이용되고 있는 것이 문제점으로 대두되고 있으나, 확산대역 스펙트럼기술(spread spectrum)을 이용하여 무선 통신에 적용토록 하고 있다. 경제성을 고려하여 1Mbps이상의 고속 데이터는 UHF대에서 확산대역 스펙트럼방식을 이용하며, 무선통신시스템의 전파는 장애물을 통과함으로써, LOS(Line of Sights) 제한이 감소된다. 적외선대역은 LOS환경에서 빛과 같이 파형이 전파되어 항상 송수신기 간에 직접 파형으로 구성되는 것이 주요한 결점이 되고 있다. 적외선 대역의 장점은 콘크리트 벽이나 철 같은 재료로 구성된 건물을 통과하여 전파되지 않으며, 이것은 건물내에서 차단 효과가 있다.

20-60GHz에서 동작하는 시스템은 UHF와 적외선 대역을 결합함으로써 신호는 사람이나 가구 같은 실내 장애물 주위를 통과할 수 있으며, 콘크리트나 철로 구성된 건물벽은 통과되지 않는 것이 장점이 된다. 또 다른 장점으로 이 주파수대역은 다른 통신 매체에서 사용되지 않아, 1GHz 이상의 충분한 대역을 제공할 수 있다. 밀

리미터파의 세번째 장점은 안테나 크기가 작아서 장비 구성이 용이하다. 네 번째 장점은 BMS(Broadband Mobile System) 이동 가입자가 광대역 망을 접속할 수 있는 것이다. 이 주파수 대역의 단점은 송수신기의 기술이 아직까지 개발 초기 단계에 있는 미개척 분야로 대부분의 부품을 직접 개발하거나 부품 가격이 고가인 것이다. 또 다른 결점은 고주파수이기 때문에 인체에 해가될 수 있는 가능성이 있다. 그러나 최소의 저전력 송수신기를 개발하여 안테나 위치로부터 사용자가 보호될 수 있도록 하여 위험요소를 최소화하여야 한다.

2. 시스템 요구조건

BMS는 100Mbps이상 각종 정보를 처리하여 B-ISDN와 동일한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다. 다만 고정통신망과 동일한 서비스 품질을 유지할 수는 없다.

주파수 대역으로 60GHz(62-63GHz, 65-66GHz) 또는 40GHz(39.5-40.5GHz, 42.5-43.5GHz)에서 2기가 대역폭 할당을 고려하고 있다.

BMS시스템의 무선인터페이스 설계를 위하여 이동국(MS : Mobile Station)의 이동 속도, 다중경로(Multipath Propagation)와 전파 반사에 따른 감쇄, 도플러 주파수 천이 등에 따른 전파환

경을 고려하여야 한다.

또한 실내와 외부(Indoor and outdoor)채널에 대한 측정, 경로 손실, 건물 재료 등에 따른 전송특성과 반사계수를 이용하여, 시스템 모델과 시뮬레이션 툴을 구축하여 전파특성에 대한 정량적 해석을 통하여 무선인터페이스에 대한 계층구조를 정립하여야 한다.

물리계층에서는 변조, 등화기(equalisation), 채널 코딩 및 채널 구조가 연구되어야 한다.

logical channels에서는 MAC(Medium Access Control)과 LLC(Logical Link Control)에 대한 기능 규격, MAC에 대한 성능 평가 및 가변 속도 비디오 패킷 전송 등이 연구되어야 한다.

안테나 분야에서는 dielectrical lens antennas와 안테나 빔에 대한 설계 기술을 연구한다.

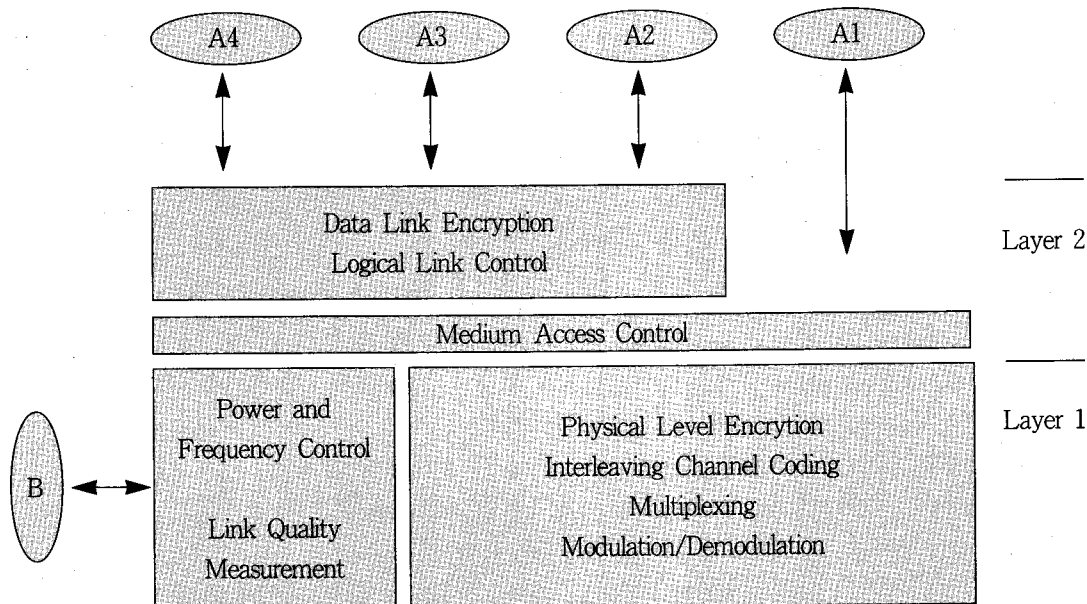
시스템 구성을 위하여 저전력 선형 증폭기, 고속 신호처리, down converter, up converter, local oscillator 및 synthesizer등의 부품개발이 요구된다.

3. 무선인터페이스 계층구조

무선 인터페이스는 OSI 모델에 따라서 계층 1,2(layer 1,2) 기능을 정립하며, 주요내용은 다음과 같으며, 무선인터페이스 프로토콜 구조는 (그림.1)과 같다.

- 기지국(BS:Base Station)과 이동국(MS:Mobile Station)간에 정보 송수신채널의 품질 평가 및 출력 파워를 조정한다.
- 관리기능을 정의하여 무선 링크의 연결을 위한 사용자 정보와 부가적인 제어 정보를 전달토록 한다.

BMS무선 인터페이스는 실시간데이터와 컴퓨터 데이터를 포함한 여러 형태의 다른 속성의 정보(일정 속도 혹은 가변 속도 데이터, BER, 지연 등)을 전송할 수 있어야 한다. 또한 기존 망은 물론 B-ISDN망(ATM Cell 전송)과의 접속을 위한 오류제어(Error control)기능이 요구된다. 다른 형태의 통신 채널을 접속하기 위하여 무



<그림 1> BMS 무선인터페이스 프로토콜 구조

선 인터페이스는 다음과 같은 SAP(Service Access Points)가 요구된다.

- A1 : Connectionless, Unreliable unsequenced transfer(예, location management)
- A2 : Connectionless, reliable sequenced transfer(예, handover/radio resource control)
- A3 : Connection-oriented, reliable sequenced transfer(예, integrity-critical user data)
- A4 : Connection-oriented, unreliable(transparent)(예,time-critical user data)
- B : Management and quality control

SAP에 관련된 각종 서비스 프리미티브와 변수를 정의하여 데이터 링크를 만들 수 있도록 한다. 계층1에 관리기능은 통신 링크의 모든 변수를 총괄 처리한다.

3.1 물리계층

채널은 캐리어 주파수, time slot(프레임 구조)과 안테나 빔 스루에 따라서 정의되며, 선택된 무선주파수채널의 타임스루에 정보를 실어서 순차적으로 전송된다. 이 정보는 변조된 심볼 블록 형태로 전송되며, 이때 변조된 신호는 주기적인 파형으로 구성된다.

3.1.1 변조 특성

낮은 심볼 속도를 갖는 변조, 다이버시티(diversity) 및 안테나빔구성(Beamforming) 기술을 이용하여 간섭에 대한 방지책을 강구하고 있다. 또한 잡음(disturbances)에 대한 방지 대책으로는 등화기와 오류 제어(채널 코딩, forward error correction, interleaving, 재전송)기술을 이용한다.

변조 방식으로는 멀티 캐리어 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 single carrier QAM(Quardrature Amplitude Modulation)

기술을 대상으로 하고 있다.

OFDM은 적절한 코딩 기법을 이용함으로써 등화기가 필요치 않으며, QAM에서는 등화기가 요구되고 있다. OFDM은 비선형 전력 증폭기(Non-Linear Amplifier)가 요구되며, 등화기 대신에 코딩/디코딩과 FFT 기술을 이용함으로써 대체적으로 실현이 용이하나, 대역폭 외곽(out of band)에서 전파가 발생하는 치명적인 문제점이 있다.

두 가지 형태의 호환성이 있는 OQAM(Offset QAM) 변조 방식으로, 4-OQAM과 16-OQAM을 이용한다. OQAM은 멀티레벨 기능과 선형전력증폭기를 이용하며, 프로그램할 수 있고, 단순한 4-OQAM모뎀은 비선형전력증폭기를 이용할 수도 있다. 또한 OQAM방식은 시리얼 변조 및 복조 기술을 이용함으로써 동일한 성능에 비하여 복잡성이 줄어들어 하드웨어 설계가 간단하여 진다.

E1과 E2 환경으로 구분하여 영역과 시간 분산에 따라서 심볼 속도를 E1에서는 20 Msymbol rate/s로 하고, E2에서는 40Msymbol rate/s 로 고려하여 시스템 변수를 분석 하였다.

E1은 높은 전파 지연과 평균지연확산(Root Mean Square delay Spread)값을 가진 야외(out-door)환경에 적용된다.

E2는 실내 환경에 적용되며, 전파 지연과 평균지연확산(Root Mean Square delay Spread)값이 낮게 유지된다.

성능을 개선하기 위한 부가적인 수단으로 적응형 DEF(decision feedback equalizer)와 안테나 다이버시티를 고려한다. antennas beamforming을 이용한 높은 이득 안테나를 이용하여 좀더 성능 개선이 가능하다.

3.1.2 전송 채널 구조

전송 채널은 타임스루안에 블록으로 구성되며, 블록은 프레임으로 구성된다. 블록은 세 부분으

로 구성되어 tail, training sequence와 payload(제어 데이터와 서비스 데이터)로 구성된다.

전체적인 블록의 설계는 변조, 채널 특성과 페이로드(payload) 요구 조건을 포함한 최적 조건을 고려한다. 관련된 속성과 변수는 채널 편차, 전송 효율과 지연, 페이로드 특성(비트 속도, 메시지 길이, 전송 모드, 특별히 ATM Cell)으로 정의된다. 타임스롯 주기는 블록 주기에 의하여 결정되며, 이때 지연 편차와 소자의 스위칭타임을 보상할 수 있도록 적당한 보호 간격을 두도록 한다.

E1에서 표준 프레임 주기는 $T_{frame} = 0.768\text{ms}$ 이며, $T_{slot} = 21.33\mu\text{s}$ 로 한다. 표준 스롯은 10.67과 5.33 μs 주기로 구성된 두개의 스롯이나 4개의 스롯으로 구분할 수 있다.

모든 경우에 $T_{guard} = 1.33\mu\text{s}$ 로 한다. E2에서는 T_{frame} , T_{slot} , T_{guard} 는 반으로 감소되며, 심볼레이트는 두배가 된다. 400,186과 80 심볼로 구성된 3개의 전송 블록 형태가 정의되고 있다. training을 위하여 15 심볼이 요구되며, 8개의 심볼은 tail을 위하여 고려된다. 나머지 심볼은 114(short block, 4-OQAM)과 1508(standard block, 16-OQAM) 페이로드비트로 구성된다. 이것은 E1에 대한 것이고 E2에 대해서 블록 크기는 같으나, 트레이닝 심볼을 축소하여 이용할 수 있다. 그러므로 페이로드비트는 적어도 2배가 될 수 있다.

표준 블록은 적어도 하나의 ATM cell 혹은 두개의 ATM cell(424 bits per cell)을 운반할 수 있으며, 중간 블록이나 짧은 블록은 짧은 메시지, 제어 채널과 액세스 신호를 위하여 사용될 수 있다.

3.1.3 양방향 전송(duplexing)

두개의 대역폭을 구분하여, 하나는 uplink로 이용하고(예, 65-66MHz), 다른 대역은 down link로 이용(예, 62-63MHz)토록한다. 이것은 이동국의 전송전력을 최소로 할 수 있기 때문이다.

동시에 전송하고 수신하는 경우에 기술적인 문제점은 없기 때문에, FDD(Frequency Division Duplexing)방식 채택을 고려할 수 있다.

저속이동국(Low bit rate mobile stations)에서는 두개의 FTDD(Frequency Time Division Duplexing)방식을 이용하면, duplexer가 필요치 않다. 또한 두개의 대역에서 하나의 FTDD를 적용하여 캐리어당 1/2의 용량으로 하나의 캐리어에 uplink나 down link 할당을 용이하게 할 수 있다. 앞으로 BMS 서비스는 대부분 비대칭형(asymmetrical)이 될 것으로 예상되며, 최적의 방식 검토가 요망되고 있다.

3.1.4 논리 채널(Logical Channel)

데이터 링크는 다른 속성과 다른 품질에 따른 여러 형태의 논리 채널을 제공하여야 한다. B-ISDN의 가상 채널(VC : Virtual Channel)과 동일한 형태의 용도의 논리트래픽채널이 필요할 것이다. 이 채널은 VC의 전송 용량을 여러 형태로 변경할 수 있어야 하며, 평균비트속도와 최고 비트속도에서 서비스 품질(QOS : Quality of Services)에 따라서 데이터링크연결기능이 있어야 한다.

BMS 무선 인터페이스에서 여러 종류의 논리 채널이 제공되어야 할 것이다.

특수한 논리 채널은 기지국과 이동국간에 중간매체액세스제어(MAC : Medium Access Control), 링크제어, 채널자원관리와 핸드오버관리에 대한 정보교환에 이용된다.

○ 통화채널(Traffic Channel)

통화채널은 ATM cell을 운반하기 위하여 ATM Network의 VC를 관리하며, 특히 VC에서 할당된 용량에 따라서 QOS 변수를 결정할 수 있어야 한다. 채널자원관리는 VC의 QOS를 고려한 적당한 액세스 방식과 여러 제어방식을 선택할 수 있도록 한다.

중간매체액세스(Medium Access)방식은 폭주시에 셀의 전송 여부를 결정하기 위한 ATM cell의 우선순위를 검사할 수 있어야 한다.

MAC 프로토콜은 패킷 예약 다중액세스프로토콜(packet reservation multiple access protocol)을 근간으로 랜덤 액세스와 예약 모드 프로토콜에 대한 기능을 갖는다. 충돌 확률을 최소화하기 위하여 이동국은 스롯 예약을 요구할 수 있어야 한다. 예약 신청은 기지국에서 수집하고, 시스템 부하에 따라서 다음 프레임 스롯에서 논리 채널을 할당하게 된다. 랜덤액세스에서는 예약 스롯기능이 없다. 이것은 요청에 의하여 전송 용량을 동적으로 할당하므로서 높은 채널효율을 갖을 수 있다.

○ 제어 채널

제어채널기능은 다음 3가지 형태로 정의되고 있다.

- Associated Control Channels는 레이어 1과 MAC간에 메시지를 전달하는 기능으로, 이 메시지에는 트래픽채널의 모든 전송 블록 특정 비트에 관련 정보를 가지고 있다.
- Global Control Channels은 공동으로 이용하며, down link에서 방송이나 안내(beacon) 채널로 이용되며, uplink에서는 모든 이동국을 액세스할 수 있다.
- Individual Control Channels은 기지국간 이동국간에 일대일 통신을 하는 것으로, 전송 지연과 전송 용량 등에 따른 다른요구조건을 갖는 신호 메시지를 이용하여 우선순위가 다른 두개의 individual control channels로 FCC(Fast Control Channels, 핸드오버등 최우선메시지)와 SCC(Slow Control Channel, 논리 채널의 설정 등 낮은 우선순위)등이 있다.

3.1.5 중간매체 액세스(Medium Access)

MAC는 논리 채널을 물리계층채널로 할당하

는 기능을 수행하며, BMS의 특수 채널(traffic channel,control channel)과 B-ISDN channel (ATM cell, VC)로 구성된다. 모든 채널의 속성은 평균데이터속도와 최고데이터속도에 따라서 가변비트속도를 갖는다. MAC방식은 충분한 전송용량을 갖고 있어 각종 서비스의 품질을 보장할 수 있어야 한다. 특히 전송 지연을 낮게 유지될 수 있도록 하여 공용 큐채널(queue channel)을 만들어서 알맞은 큐 관리(traffic and control channel)를 할 수 있도록 한다. 이 관리는 기지국의 SAM(Slot Allocation Management)에 의하여 수행되는 중앙 제어방식을 이용하고 있다.

기본적인 두가지 스롯 할당 방식으로 CSR(Cyclic Slot Reservation Algorithm)과 DSA(Dynamic Slot Allocation)이 있다.

CSR는 프레임 안에 스롯 위치를 할당하여, 모든 새로운 프레임에서 Cyclic slot은 큐 채널로 이용할 수 있으며, 일정한 전송 용량을 논리 채널에 할당할 수 있다. 고정스롯위치의 예약은 신호 메시지의 양을 최소화 할 수 있다. 이 경우에 전송스롯의 여유가 없을 때에는 스롯할당에 오류가 발생하는 단점이 있다고, 또한ATM과 같이 높은 가변 용량인 경우에 처리하기가 어렵다.

DSA방식은 짧은 지연 특성에서 높은 채널 효율을 갖는다.

SAM은 짧은 기간에 전송 용량을 처리할 수 있도록 우선순위 큐 채널을 동적으로 결정하고 스롯을 할당토록 한다. 그러나 이방식은 전송 에러 발생시에 기능 보안이 요구되고 있다. 따라서 DSA와 CSR 방식을 이용하여 두 방식의 단점을 보완하는 연구가 요구되고 있다.


4. 결론

시간과 장소에 관계없이 통신이 가능한 이동통신서비스의 수요가 폭발적으로 증가되어, 현재 2GHz 주파수 자원이 곧 포화상태에 이를 것

으로 예측되고 있다. 또한 광대역 종합정보통신망과 연계한 멀티미디어 이동통신 서비스를 통하여 미래 정보화사회 구축에 중요한 사안으로 대두되고 있으며, 60GHz 대역에서 동작하는 광대역 이동통신에 대한 연구의 필요성이 제기되고 있다.

BMS의 주요 연구 대상으로는 광대역망과의 연동, 망관리, 무선접속 및 시스템 특성에 대한 기능구조, 이동통신가입자망 (WCPN : Wireless Customers Network)과 광대역 이동통신가입자장치에 대한 기반기술 확보가 요구되고 있으며, 주요 분야는 다음과 같다.

- 60GHz대역의 성능 측정을 위한 시험 기술
 - 표준실험실 확보를 위한 전파차단기술 (60Hz shield Room)
 - 155Mbps급 멀티미디어 서비스 및 품질 평가 기술 연구
 - 60 GHz 대역용 전자부품(1 Km이내의 레디오전송 기술, 안테나, 터미널 등)기술
- 본고에서는 BMS 구축을 위한 제반 요구사항

을 분석하고 앞으로 필요한 연구대상을 파악하고 이에 대한 기반연구를 신속히 추진하여 관련 기술력을 확보함으로써 21세기 정보통신산업의 선두 주자로 발돋움 할 수 있는 절호의 기회로 판단되고 있다. 

[참고문헌]

- IBC Common Functional Specification RACE 732, 1993.12
- Wideband channel model for indoor penetration, RACE workshop 1994.6
- A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environments, IEEE, Vehicular conference 1992
- ETR-50401/50402 draft report of UMTS Radio interfaces
- European Official Documents Telecommunications Policy 1995
- Green paper of PCS in Europe, 1994