

광대역 CDMA WLL 무선 프로토콜 설계 및 액세스채널의 성능분석

김영태[†] · 박기식[†] · 조정호^{**} · 김광현^{**} · 이태훈^{**}

요 약

본 논문에서는 CDMA다원접속방식에 의한 광대역 무선가입자망의 무선접속프로토콜을 설계하고, 액세스 채널의 랜덤액세스 절차를 제안하며 채널의 성능을 분석한다. 무선접속프로토콜의 구조는 IMT-2000으로의 진화가 용이하도록 무선자원에 종속적인 무선자원제어부, 무선자원과는 독립적인 통신제어부, 무선 패킷데이터를 제어하는 패킷처리부, 그리고 각 처리부간 인터페이스를 지원하며 가입자 장치와 처리부간 인터페이스 역할을 담당하는 응용부로 분리하여 설계한다. 또한 무선접속프로토콜의 핵심인 액세스채널의 랜덤액세스 절차를 제안하고 성능을 분석한다. 성능분석에서 근원영향(near-far effect)과 페이딩은 개방루프 전력제어로 보상된다고 가정한다. 성능분석의 결과로서 액세스 횟수, 즉 지연은 단말국의 초기 전송전력과 전력 증가치에 따라 예민하게 변화하며, 초기의 송신 전력치가 부적절한 경우 평균 액세스 시도 횟수가 증가함을 알 수 있다.

Design of Radio Interface Protocols for Broadband CDMA Wireless Local Loop and Access Channel Performance Analysis

Young-Tae Kim[†], Ki-Shik Park[†], Chung-Ho Cho^{**},
Gwang-Hyun Kim^{**} and Chung-Ho Cho^{**}

ABSTRACT

In this paper, we design the radio interface protocols of wideband Wireless Local Loop(WLL) that uses wideband Code Division Multiple Access(CDMA), and propose the random access procedures on access channel and analyze the performance of the channel. The structure of radio interface protocols are designed by three modular parts to meet the requirements of IMT-2000 : radio resource controlling part that depends on the radio resources, connection controlling part that is independent of the radio resources, and application part that supports the interface between different parts and user terminals. In addition, we propose the random access procedures on access channel and analyze the performance of the channel. We assume that both near-far effect and shadow fading can be compensated by open loop power control. We observe that the number of access probes(delay) depend on the initial mobile transmission power and power increment, and the poor estimation of initial mobile transmission power might increase the average number of access probes.

1. 서 론

무선가입자-망(WLL:Wireless Local Loop)은 기존 전화망의 가입자-망 구간을 무선으로 접속하는 전

화시스템으로서, 인구가 그리 많지 않은 섬이나 외딴도외지와 같은 지역 뿐만아니라 인구가 밀집한 지역에 전화선을 새로 설치하는데 드는 비용을 줄이기 위한 방법으로 착안한 방식이다. 초기에는 안테나 및 기지국과 각 가정의 설치 장비에 대한 비용이 높고 통화 품질면에서 기존의 유선장비에 비해 경제적이

[†] 한국전자통신연구원 표준시스템연구원

^{**} 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부

지 못해 경쟁력을 갖지 못하였으나, 최근 무선통신 기술의 급속한 발전으로 이와 같은 문제가 해소됨으로써 실용화가 가능해졌다[1,2,3,4].

무선가입자-망은 크게 단말국측과 망측으로 구분한다. 단말국측은 기존의 전화망에 접속하여 사용하는 사용자단말(User Terminal: UT)과 이들 단말을 무선구간에 정합시켜주는 단말국 정합장치로(WTA: WLL Terminal Adaptor) 구성한다. 사용자단말이란 일반 전화망의 가입자단말, ISDN 가입자 단말 및 광대역 단말을 의미한다. 망측은 일반적인 WLL 기지국(WBS: WLL Base Station)과 교환국(WEX: WLL EXchange)을 통칭하는 것으로, 기지국은 무선구간을 망에 종단하며 교환국과 기지국간을 접속시켜주는 기능을 가지며, 교환국은 전화교환기 또는 ISDN 교환기의 기능뿐만 아니라 무선 접속과 관련한 신호 송수신 기능 및 기존 고정망과의 접속 기능을 처리한다[1][2]. 본 논문은 CDMA 방식의 광대역 WLL 무선구간의 무선 신호프로토콜을 설계하고, 액세스채널의 랜덤액세스 절차를 제안한 다음 채널의 성능을 분석하였다.

2. 광대역 WLL 무선프로토콜 설계

2.1 설계요구사항

WLL 무선접속프로토콜은 CDMA 다원접속방식을 사용하는 단말기 정합장치(WTA)와 기지국(WBS)간의 무선 구간에 적용하며, 사용자에게 전화, 팩스 및 고속데이터 서비스를 지원할 뿐만 아니라 기존 공중망을 이용하는 인터넷이나 PC 통신 사용자가 늘어남에 따라 이들에게 보다 효율적인 고속 데이터 서

비스도 지원할 수 있도록 한다.

이러한 서비스를 지원하기위해 무선구간상에서 요구되는 프로토콜이 원활히 동작될 수 있도록 무선 프로토콜의 스택 구조를 크게 3개의 기능평면 처리부로 분리함으로써 IMT-2000 프로토콜 구조로의 진화가 용이하도록 하였다[7].

2.2. 무선접속프로토콜의 구조 및 기능

무선접속프로토콜은 독립적으로 성격이 강한 3개의 처리부로 구성하여 이를 무선자원을 관리하는 무선자원제어처리부(WRRC-Plane: WLL Radio Resource Control Plane), 호 접속 제어 및 호 제어를 담당하는 통신제어신호처리부(WCC-Plane: WLL Connection Control Plane), 그리고 무선 패킷데이터를 지원하는 패킷신호처리부(WPC-Plane: WLL Packet Control Plane)로 구성한다. 이 구조는 설계한 프로토콜이 향후 IMT-2000 신호프로토콜 구조를 수용하여 진화해가는데 따른 비용을 최소화하였다. 각 처리부는 OSI 기준모델에 입각한 일반적인 계층구조를 갖는다.

WRRC-Plane의 프로토콜 스택은 물리계층, 데이터링크계층 및 네트워크계층으로 구성한다. 물리계층은 광대역 CDMA 방식을 이용하며, 주로 변복조, 채널부호화 및 복호화에 관한 제반기능을 처리하고 WRRC-Plane과 WCC-Plane에 공통으로 적용한다. 데이터링크 계층은 네트워크계층의 무선자원할당절차를 신속하게 전달하기위해 주요 비연결형 모드로 동작하도록 한다[5][6][9]. WRRC-Plane 경우 동기채널, 액세스채널 및 페이지채널 상에서 주로 초기에 자원을 설정하는 과정에서 동작하므로 이를 신속히 처리해야하며 이 과정에서 송수신되는 메시지의 수가 많지않으므로 비연결형 모드로 동작하도록하며, 자원 설정후의 동작에 대해서는 연결형 모드로 동작하도록한다. 네트워크계층은 단말측에 전원을 넣은 후 가입자 전용의 무선자원을 할당받기까지의 제어절차 및 통화중 어떤 원인에 의해 자원을 변경해야 할 경우 자원 변경 절차를 수행한다. 단말국정합장치(WTA)에 하나 이상의 고정단말이 접속될 경우 첫 번째 호를 발생시킨 고정단말은 액세스채널 및 페이지채널을 이용하여 무선자원을 할당받으며, 첫 번째 호가 유지되는 동안 발생되는 두 번째 이후의 호는 첫 번째 호에서 이미 설정된 무선자원을 공통으로 이

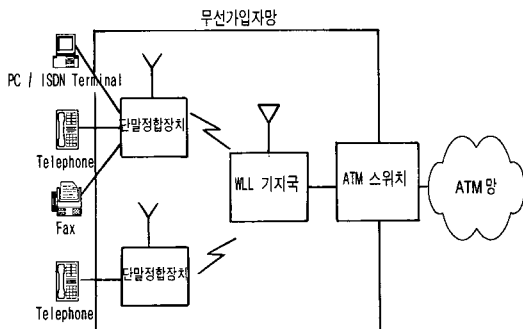


그림 1. WLL 시스템 구성도

용하도록함으로써 비용이 높은 무선자원을 효율적으로 이용하도록하였다.

WCC-Plane의 프로토콜 스택은 물리계층, 데이터링크계층 및 네트워크계층으로 구성한다. 물리계층은 WRRC-Plane의 물리계층 기능과 같다. 데이터링크계층은 신뢰성있는 신호절차를 처리하기 위해 확인형의연결형태로 동작하도록하며, 주요기능으로 데이터링크 접속 설정, 프레임 송수신, 발착신 단말간의 점대점간 프레임 오류 제어 및 순서제어기능을 수행한다. WRRC-Plane경우 신호채널상에서 연결형 모드로 동작하도록한다[5][6][9]. 네트워크계층은 사용자의 무선접속제어를 담당하는 사용자접속 관리부(UCP:User Access Control Part)와 단말측과 망측 교환기간 동등 호 접속 및 호를 제어하는 호 접속 제어부(CCP: Call Connection Control Part)로 구성한다. UCP는 가입자등록, 인증, 암호화, 단말장착 및 탈착 기능을 처리하며, CCP는 단말국정합장치와 기지국간 호 접속을 설정, 유지 및 해제하는 호 접속 기능과 설정한 호 접속을 이용하여 ISDN 및 전용선서비스를 이용하는 사용자 단말간에 통신이 원활히 이루어지도록 호 처리 기능을 담당한다 [10]. 호 제어는 무선 구간상에서는 별다른 신호정보를 처리하지 않고 가급적 기존 망의 가입자 신호체제를 따르도록 단말에서 교환국으로 직접 전달하는 투명모드를 가지므로 이 기능에 관해서는 별도로 언급하지 않는다. 운용관리부는 단말국정합장치와 기지국간 운용 관리에 관한 사항을 수행하며 주요 기능으로 실측, 통계 및 S/W 버전관리 등 다양한 운용서비스가 가능하도록한다[8].

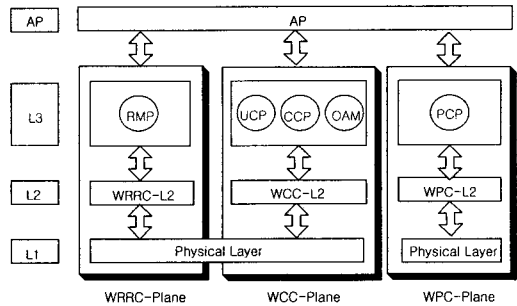
응용부는 개발자가 구현환경에 맞게 정의하도록하며, 주요 기능으로 WCC-Plane, WRRC-Plane에 포함되는 각 기능 처리부의 상태를 관리하며, 각 처리부간의 신호정보 교환 및 프로토콜 변환을 수행하고, WTA에 접속되는 각 단말장치의 종류, 상태 및 동작을 감지하는 기능을 갖도록한다. 무선프로토콜의 기본구조는 그림 2와 같다.

2.3. 신호제어 절차

2.3.1 WLL 무선자원 제어 처리부(WRRC-Plane)

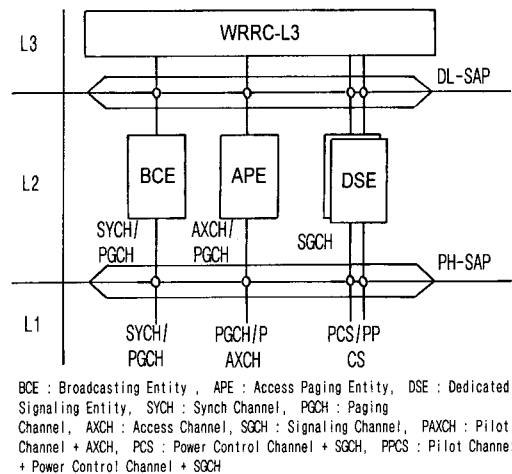
1) 데이터링크 계층

WRRC-Plane의 데이터링크 계층은 그림 3과 같



AP : Application Part, RMP : Radio Resource Management Part
 WRRC-L2 : WLL Radio Resource Control-Layer 2
 WCC-L2 : WLL Connection Control-Layer 2
 WPC-L2 : WLL Packet Control-Layer 2
 UCP : User Control Part, CCP : Call Connection Control Part
 OAM : Operation and Maintenance, PCP : Packet Control Part

그림 2. 무선접속 프로토콜의 기본구조



BCE : Broadcasting Entity, APE : Access Paging Entity, DSE : Dedicated Signaling Entity, SYCH : Synch Channel, PGCH : Paging Channel, AXCH : Access Channel, SGCH : Signaling Channel, PAXCH : Pilot Channel + AXCH, PCS : Power Control Channel + SGCH, PPCS : Pilot Channel + Power Control Channel + SGCH

그림 3. 데이터링크 접속 개념도

이 단말국과 기기국간 계층 3 RMP 정보를 신속하게 전달하기 위해 동기채널, 페이징채널, 액세스채널 및 신호채널상에서 비연결형의 비확인 모드 동작 절차를 수행한다. 이 계층은 CRC(Cyclic Redundancy Check)를 검사하고, 서비스 접속점(SAP:Service Access Point)을 이용하여 각 평면으로의 분기를 결정하며, 프레임 포맷상의 에러를 감지한다.

프레임 구조는 그림 4와 같이 프레임의 길이를 나타내는 길이 필드, 각 처리부를 구분하는 주소부 필드, 정보 필드 및 프레임 에러를 검사하는 CRC 필드로 구성한다.

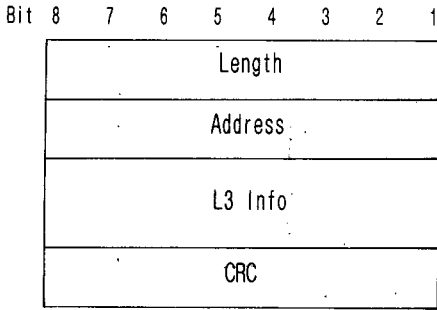


그림 4. WRR-Plane데이터 링크 프레임 구조

초기 무선자원 할당 절차의 신호량이 적고 이를 신속하게 처리하기 위해 비확인모드로 동작하도록 하며, 무선자원인 신호채널이 할당된 후 채널모드의 변경시 (예를들어 전호모드에서 팩스모드로 전환시) 혹은 무선자원 해제시 이를 신뢰성있게 처리하기 위해 확인모드로 동작토록한다. 데이터링크 해제는 상위계층과의 상호작용에 의해 로컬로 처리하도록 하여 해제절차를 단순화하고 신속하게 처리토록한다. 이에 관한 신호절차에는 그림 5와 같다.

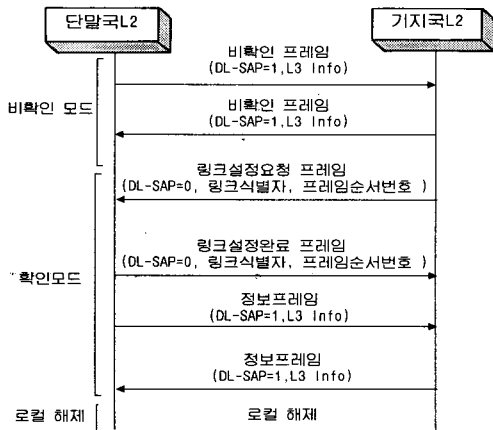


그림 5. WRR-Plane 데이터링크계층 신호절차

2) 무선자원관리부(RMP)

무선자원관리부는 무선자원을 할당, 해제 및 관리하는 기능 및 무선 자원의 변경 요청에 따른 무선자원의 모드를 변경(예를들어 전화모드에서 팩스모드로 변경) 하는 기능을 처리한다. 여기서 무선자원이란 단말측과 기지국간 통신을 위해 설정되는 무선채널을 의미하며, 각종 신호를 전달하는 전용신호채널

과 사용자정보를 전달하는 트래픽채널을 의미한다.

신호 절차에서 단말측의 경우 처음 전원이 인가되기 전의 상태에서 전원이 인가되면 동기정보를 수신받기 위한 상태로 천이한다. 이 상태에서 단말측은 복조를 위한 기지국 식별정보와 시작 정보를 얻는데, 이를 제대로 수신한 경우에는 대기 타이머를 중단한 후 페이징 채널을 통해 시스템 정보를 얻기 위한 시스템 정보 대기상태로 진입하며, 수신하지 못한 경우에는 원인을 응용부에 전달하고 처음 상태로 천이한다. 시스템 정보 대기상태에서 유효한 시스템 정보를 수신하면 시스템 유희상태로 진입하고, 대기 타이머가 만료 될때까지 수신하지 못하면 그 원인을 응용부에 전달하고 초기 상태로 천이한다. 유희상태에서 응용부로부터 무선자원 요구를 수신하거나 기지국으로부터 PAGE를 수신하면 이에 대한 응답으로 랜덤 액세스 절차를 이용하여 채널요구 메시지를 기지국으로 보내고 응답 대기타이머를 구동한 후 기지국으로부터 채널 할당을 기다리는 상태로 진입한다. 이때 단말 정합장치는 신호 채널이 이미 존재하면 그 신호채널을 이용하여 보내고, 존재하지 않으면 액세스채널을 통해 보낸다.

채널 할당을 기다리는 상태에서 단말측이 기지국으로부터 채널 할당 메시지를 받으면 대기 타이머를 중단시키고, 물리계층으로 하여금 할당 받은 무선자원을 활성화 시켜줄 것을 요청한 후 그에 대한 응답을 기다리는 상태로 진입한다. 무선자원활성화 대기 상태에서 물리계층으로부터 그 응답을 받으면 대기 타이머를 중단하고 응용부에 무선자원이 활성화 되었음을 알린 다음 비로소 무선자원이 할당된 상태로 진입한다.

2.3.2 WLL 통신제어 처리부(WCC-Plane)

1) 데이터링크 계층

WCC-Plane 데이터링크 계층은 단말측과 기지국간 계층 3 정보를 신뢰성있게 전달하기 위해 신호채널상에서 연결형의 확인모드로 동작한다. 프레임 구조는 프레임의 길이를 나타내는 길이 필드, 주소부 필드, 재 전송 및 에러 제어를 위한 제어 프레임, 계층 3 정보 및 프레임 에러를 검사하는 CRC 필드로 구성한다. 길이 필드는 프레임의 전체 바이트 수를 나타내고, 주소부 필드는 서비스 구분점(SAP), 링크 구분자, 링크 설정 여부를 나타내는 플래그 및 향후

필드 확장을 위한 확장자를 포함한다[9][11].

제어 필드는 순서 제어 및 에러제어를 위한 필드로서 프레임의 종류(정보 프레임(I:Information)과 응답/확인 프레임(RR:Receive Ready)를 규정하고 프레임의 에러를 제어하는 필드를 갖는다. 정보 프레임의 경우는 송신 프레임 번호(N(S)), 확인된 프레임 번(N(R)), 즉시 응답을 요구하는지 아닌지를 구분하는 플래그(Poll/Final)를 포함하며, 응답/확인 프레임의 경우는 확인된 프레임 번호(N(R)), 즉시 응답을 요구하는지 아닌지를 구분하는 플래그(Poll/Final)를 포함한다.

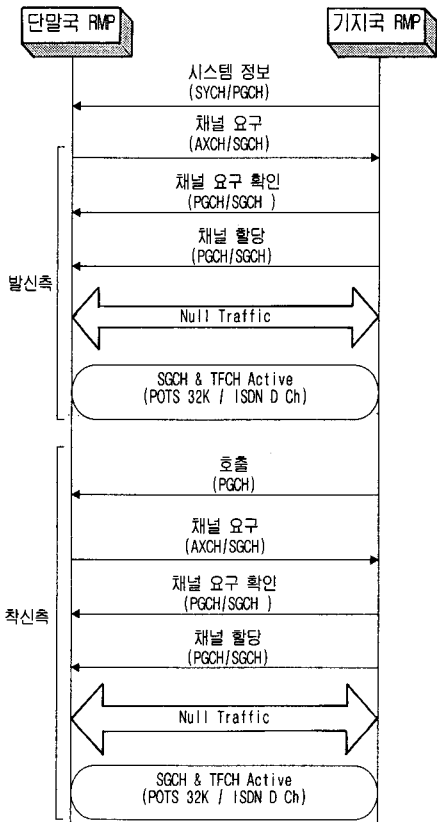


그림 6. 무선자원관리부의 무선자원 할당절차

2) 사용자접속 제어부(UCP)

UCP 는 가입자에게 원활한 서비스를 제공하기 위해 가입등록 및 해제, 인증 및 암호화, 위치등록 기능을 처리한다. 인증은 가입자의 적법성을 판단하기 위해 사용한다. 단말국 인증절차는 단말국이 제시한 인

증기가 올바른지를 판단하며 결과에 따라 사용자의 사용여부를 결정하며 이 과정중에 암호화를 위한 암호키를 부여받는다. 단말국 인증은 가입자의 등록 및 해제, 위치등록 및 발착신호 요구시 기지국에 의해 개시된다.

인증절차가 성공적으로 완료되면 기지국은 단말국과 기지국간 송수신되는 사용자 정보에 대한 암호화를 위해 가입자 등록시 부여받은 암호키를 이용하여 암호화를 개시하도록 단말국으로 알린다[10][12]. 위치등록은 단말국의 상태변경(단말국 동작 가능/불가능), 단말국 이동에 따른 기지국 변경, 단말국 식별자를 알수 없는 경우 새로운 단말국 식별자를 받고자 할 경우 혹은 주기적으로 자신의 상태를 기지국에 보고할 경우 수행되는 절차이다.

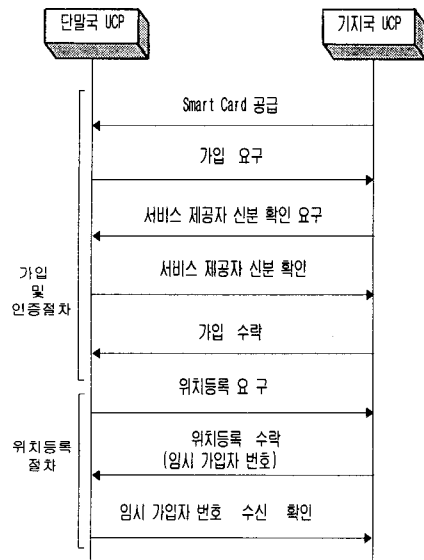


그림 7. 가입자접속 제어부 신호절차

3) 호접속 제어부(CCP)

CCP는 단말국과 기지국간 무선 접속을 설정, 유지 및 해제하는 기능을 수행한다. 설정된 접속을 이용하여 다양한 서비스가 가능하도록하며 각 서비스에서 수행되는 기능을 지원하는데 이때 필요한 정보는 호접속제어부 메시지의 정보요소에 반영한다 [10][12].

예를들어 ISDN 단말을 이용하는 경우 단지 단말국과 기지국간 접속을 설정, 유지 및 해제기능만을

수행하고 실제 ISDN 가입자-망 신호 정보는 호 접속 제어부 메시지내 정보요소에 실어 송수신한다. 즉, ISDN 호 제어는 호 접속제어부가 설정한 배어러접속을 이용하여 ISDN 단말간에 수행된다.

2.3.3 WLL 패킷제어 처리부(WPC-Plane)

패킷서비스는 기존 이동통신망과는 달리 패킷 서비스를 위한 별도의 패킷전용 채널을 여러 가입자가 공유하는 방식으로 한다. 이 방식은 패킷서비스에 따라 발생할 수 있는 음성서비스 품질의 저하를 최소화하면서 패킷서비스 이용자에게 적은 비용의 서비스를 제공함을 목적으로한다. 이를 위해 각 가입자는 패킷을 전송하는 동안에만 채널 사용권한을 가지고 전송할 정보량의 크기예따라 할당되는 타임슬롯을 다르게한다.

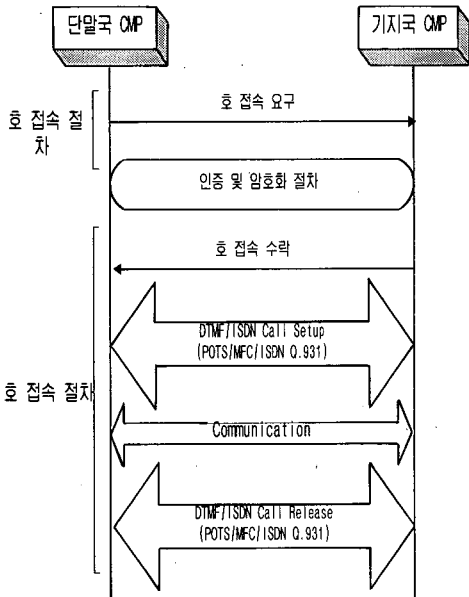


그림 8. 호 접속 제어부의 신호절차

3. 액세스채널의 성능분석

3.1 랜덤액세스 절차

단말국은 전용 신호 채널을 할당받기 위해 액세스 채널을 통한 랜덤 액세스 절차를 시도한다. 랜덤 액세스 절차에 사용되는 파라미터는 기지국이 방송하는

시스템 정보(SYSTEM INFO) 메시지 내의 액세스 파라미터(Access Parameter) 정보 요소를 이용한다.

액세스 채널을 통해 하나의 메시지를 보내고 그 메시지에 대한 확인을 받을 때까지(혹은 확인 수신을 실패할 때까지)의 과정을 액세스 시도(Access Attempt)라 한다. 단말국은 처한 상황에 따라 다음과 같이 각기 다른 랜덤 액세스 절차를 수행한다.

1) 발신호 요청에 의한 랜덤 액세스

Step 1. 랜덤 액세스 요청에 의해 초기 송출 전력값(PIP)을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 액세스를 시도한다. 초기 송출 전력값은 단말국이 처음으로 랜덤 액세스를 시도하는 경우에는 최소 송출 전력값(PMin)을 이용하며, 단말국이 이전에 액세스를 시도하여 성공한 사례가 있는 경우에는 액세스 시도가 성공하였을 때의 송출 전력값에 PWR_DEC만큼 뺀 최근 송출 전력값(PLatest)을 이용한다. 최소 송출 전력값은 기지국 관할 영역 내에 다른 단말국에 의한 간섭이 거의 없는 경우 기지국이 원활하게 단말국이 랜덤 액세스 채널로 송출한 데이터를 식별할 수 있는 전력값을 일컫는다. 최근 송출 전력값이 특정 송출 전력값보다 크거나 같은 경우, 최근 송출 전력값을 특정 송출 전력값으로 변경한다.

Step 2. 액세스 채널을 통해 발신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스 시도 타이머(T₁₀₀)를 구동한다.

Step 3. 액세스 시도 타이머(T₁₀₀)가 해제되었음에도 Step 1에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없는 경우, 1부터 FIRST_RD 사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 특정 송출 전력값(P_{Spe})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 두 번째 액세스를 시도한다. 특정 송출 전력값은 기지국 관할 영역 내에 다른 단말국에 의한 특정값(Ispe)%의 간섭이 존재하는 경우 단말국이 랜덤 액세스 채널로 송출한 메시지를 기지국이 원활하게 식별할 수 있는 전력값을 일컫는다. 발신호 요청에 의한 랜덤 액세스에 적용되는 특정 송출 전력값은 착신호 요청에 의한 랜덤 액세스 절차에 사용되는 특정 송출 전력값+PWR_INC이다.

Step 4. 액세스 채널을 통해 발신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스

시도 타이머(T_{1100})를 구동한다.

Step 5. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 Step 3에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없는 경우, 1부터 Second_RD 사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 최대 송출 전력값(P_{Max})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 세 번째 액세스를 시도한다. 최대 송출 전력값은 기지국 관할 영역 내에 다른 단말국에 의한 간섭이 $I_x\%$ 부터 $I_z\%$ 사이에 존재하는 경우 단말국이 랜덤 액세스 채널로 송출한 메시지를 기지국이 원활하게 식별할 수 있는 전력값을 일컫는다.

Step 6. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 단말국이 행한 세 번째 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없는 경우, 랜덤 액세스 절차가 실패하였음을 알리고 랜덤 액세스 절차를 종료한다. 단말국의 세 번에 걸친 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없어 랜덤 액세스 절차가 실패한 경우, 단말국은 사용자에게 비지 톤으로 이 사실을 통보한다. 사용자는 Hook On 후, 다시 Hook Off 함으로써 발신호 요청에 의한 랜덤 액세스 절차를 재 수행할 수 있다.

발신호 요청에 의한 랜덤 액세스에서 한 번의 랜덤 액세스 절차의 수행 시간의 예를 들면, 최대 2.16 초(=(8+16)×Access_Slot_Size(80 ms)+80ms(액세스 시도 타이머)×3)라 할 수 있다. 호 설정에 의한 랜덤 액세스 절차는 그림 9와 같다.

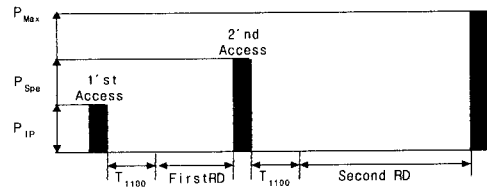
● 실제 단말국의 송출 전력

최소 송출 전력, 특정 송출 전력 그리고 최대 송출 전력은 기지국이 호출 채널을 통해 각 단말국에게 통보한다. 세가지 송출 전력은 기지국과 특정 거리(Dspe)만큼 떨어져 있는 단말국을 기준으로 설정한다.

무선 가입자망에서 단말국은 고정되어 있다는 점을 이용하여, 실제 단말국이 랜덤 액세스 절차를 시도할 때는 단말국과 기지국간의 거리를 고려한 전력 조정값(PWR_CLB : Power Calibration Value by Path Loss)을 이용하여 자신의 송출 전력을 결정한다. 이로써 랜덤 액세스 절차의 각 단계에서 단말국의 송출 전력에 대한 기지국의 수신 전력값은 거의 동일하게 된다. 결국, 모든 단말국의 실제 송출 전력은 단말국이 기지국과 어느 정도 떨어져 있는지, 그 여부와 상관없이 대략적으로 기지국과 특정 거리

(Dspe) 떨어져 있는 단말국의 송출 전력이라 할 수 있다. 다음은 실제 송출 전력을 얻을 수 있는 계산식이다.

$$P_{xxx} = P_{xxx} + (D_{pre} - D_{spe}) \times PWR_CLB$$



- T_{1100} : 기지국 확인 응답 타이머
- First_RD : 첫 번째 시도 실패 후, 다음 액세스 시도까지의 대기 시간(임의로 선택한 슬롯의 개수×Slot_Size)
- Second_RD: 두 번째 시도 실패 후, 다음 액세스 시도까지의 대기 시간(임의로 선택한 슬롯의 개수 * Slot_Size)
- P_{IP} : 초기 송출 전력
- P_{Spe} : 특정 송출 전력
- P_{Max} : 최대 송출 전력

그림 9. 발신호 요청에 의한 랜덤 액세스

2) 착신호 요청에 의한 랜덤 액세스

Step 1. 랜덤 액세스 요청에 의해 초기 송출 전력값(P_{IP})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 액세스를 시도한다.

Step 2. 액세스 채널을 통해 착신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스 시도 타이머(T_{1100})를 구동한다.

Step 3. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 Step 1에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없는 경우, 1부터 FIRST_RD 사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 특정 송출 전력값(P_{Spe})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 두 번째 액세스를 시도한다.

Step 4. 액세스 채널을 통해 착신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스 시도 타이머(T_{1100})를 구동한다.

Step 5. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 Step 3에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없는 경우, 1부터 Second_RD 사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 최대 송출 전력값(P_{Max})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 세 번째 액세스를 시도한다.

Step 6. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 단말국이 행한 세 번째 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없고 랜덤 액세스 종료 타이머(T_{1200})가 해제되지 않은 경우, 1부터 RPT_RD사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 Step 1의 과정부터 재수행한다. 랜덤 액세스 과정을 재수행할 때, 두 번째 랜덤 액세스 시도에 사용되는 특정 송출 전력값(P_{Spe})을 매번 PWR_INC만큼 증가시킨다. 최대 특정 송출 전력값은 최대 송출 전력값보다 작아야 하며, 만약 랜덤 액세스 종료 타이머가 해제되기 이전에 최대 특정 송출 전력값이 최대 송출 전력값보다 크거나 같게 되면 특정 송출 전력값은 초기 특정 송출 전력값으로 재 설정된다.

Step 7. 랜덤 액세스 종료 타이머가 해제되었음에도 기지국으로부터 응답이 없는 경우, 랜덤 액세스 절차가 실패하였음을 알리고 랜덤 액세스 절차를 종료한다.

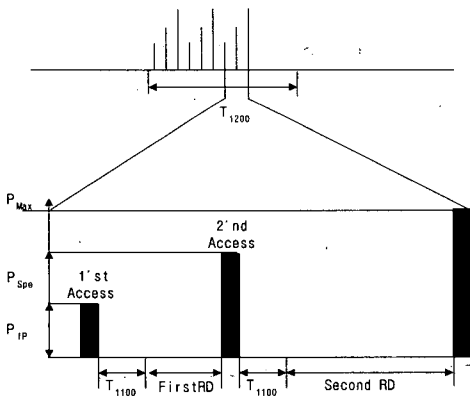


그림 10. 착신호 요청에 의한 랜덤 액세스

3) 호 설정 요청 이외의 원인(예, 위치 등록)에 의한 랜덤 액세스

Step 1. 랜덤 액세스 요청에 의해 초기 송출 전력값(P_{IP})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 액세스를 시도한다.

Step 2. 액세스 채널을 통해 착신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스 시도 타이머(T_{1100})를 구동한다.

Step 3. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 Step 1에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의

응답이 없는 경우, 1부터 RD사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 특정 송출 전력값(P_{Spe})을 바탕으로 결정한 송출 전력으로 두 번째 액세스를 시도한다.

Step 4. 액세스 채널을 통해 착신호 요청의 내용을 포함하는 메시지를 송출한 후, 단말국은 액세스 시도 타이머(T_{1100})를 구동한다.

Step 5. 액세스 시도 타이머(T_{1100})가 해제되었음에도 Step 3에 의한 액세스 시도에 대한 기지국의 응답이 없고 랜덤 액세스 종료 타이머(T_{1200})가 해제되지 않은 경우, 1부터 RPT_RD 사이에서 임의의 숫자를 선택하여 해당 슬롯에서 Step 1의 과정부터 반복 수행한다.

Step 6. 랜덤 액세스 종료 타이머가 해제되었음에도 기지국으로부터 응답이 없는 경우, 랜덤 액세스 절차가 실패하였음을 알리고 랜덤 액세스 절차를 종료한다.

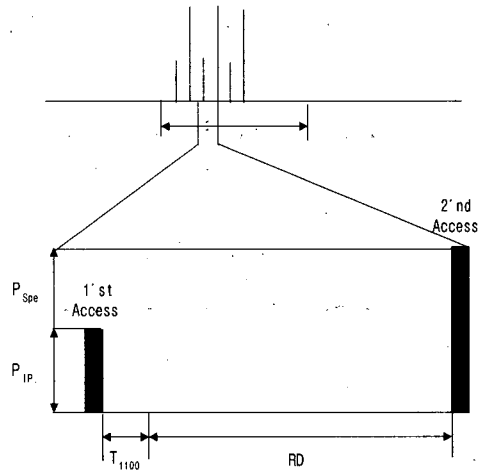


그림 11. 호 설정 요청 이외의 원인에 의한 랜덤 액세스 절차

3.2 액세스 채널의 성능분석

3.2.1 시뮬레이션을 위한 고찰

하나의 메시지를 송신한 후 확인하기까지의 전 과정을 액세스시도라 하며, 각 액세스시도에서 각 전송을 액세스 프로브라 정의한다. 단말국은 하나의 액세스 시도내에서 동일 메시지를 각 액세스 프로브에서 전송하며, 최초의 액세스 프로브 P_1 은 규정된 전력레벨 P_N 에 상대적인 전력치로 기지국으로 전송

함으로써 지정된 Eb/No의 성능을 얻는다.

$$P_1 = P_N + P_C \tag{1}$$

P_C 는 시스템내에서 순간 간섭 전력에 따른 수정인자 초기에 일련의 액세스 프로브는 식 (2)와 같이 바로 전의 액세스 프로브보다 높은 전력레벨로 전송된다.

$$P_i = P_{i-1} + \Delta P_i, \quad i=2,3,\dots, \tag{2}$$

ΔP (dB)는 연속한 두 액세스 프로브간의 전력 증분치이다. 액세스 프로브간의 시간적 기간인 T_{probe} 는 액세스 프로브시 받는 페이딩이 서로 상관없을 정도로 충분해야한다. 그러나 짧은 기간의 레일레이 페이딩과 긴 기간의 음영 페이딩의 영향으로 i 번째 수신한 전력 P_i 은 항상 LP_i (L 은 전파 손실요인)와 같이 일정하지 않고 어느정도 불확정한 값을 갖는다. 본 논문에서는 수신한 전력(dB)은 식 (3)과 같이 단순히 Gaussian 랜덤 변수로 모델링하였다.

$$Prob(P_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(P_i - LP_i)^2}{2\sigma^2}\right\} \tag{3}$$

σ 는 볼리링크의 하드웨어 환경에 의존하는 파라미터이다. 총 간섭 I_i 는 세스 시도동안 일정하다고 가정한다. 따라서 i 번째 프로브의 신호대 잡음비는 식 (4)와 같으며, 각 액세스 프로브에 대한 순간 패킷 에러율을 유도하는데 이용한다.

$$(E_b/N_o)_i = P_i / I_i \tag{4}$$

표 1. 시뮬레이션을 위한 환경변수

Starting Eb/No	Average Access Probes	
	Increment Power=1dB	Increment Power=3dB
5	1.527823	0.439226
6	1.082424	0.293662
7	0.643822	0.163843
8	0.266183	0.126676
9	0.060809	0.146708
10	0.006107	0.070441
11	0.000263	0.015226
12	0.000001	0.001651
13	0.000000	0.000107

$PPER(i)$ 를 i 번째 프로브에 대해 수신한 패킷의 에러율이라 하고, N_{probe} 를 한 액세스 시도동안의 총 액세스 프로브의 수라고 가정할 경우 랜덤 변수 N_{probe} 의 확률밀도함수(pdf)는 식 (5)와 같다.

$$Prob(N_{probe} = j) = \prod_{k=1}^{j-1} P_{PER}(k) (1 - P_{PER}(j)) \tag{5}$$

식 (5)를 이용하여 각 단말국의 평균 액세스 프로브 수는 식(6)과 같이 유도할 수 있다

$$E(N_{probe}) = \sum_{j=1}^{\infty} j Prob(N_{probe} = j) = \sum_{j=1}^{\infty} j \prod_{k=1}^{j-1} P_{PER}(k) (1 - P_{PER}(j)) \tag{6}$$

따라서 시스템에 제공되는 평균 간섭은 식 (7)과 같다.

$$P_{av} = \frac{1}{E(N_{probe})} \sum_{k=1}^{E(N_{probe})} P_k \frac{T_{active}}{T_{probe}} \tag{7}$$

T_{active} 는 단말국의 송신부가 활성중인 동안의 기간을 의미한다.

표 1은 위에서 유도한 식을 이용하여 시뮬레이션을 수행하는데 필요한 환경변수이다.

3.2.2 시뮬레이션 결과

단말국의 이동속도를 무시하고 Eb/No를 변화시켰을 경우의 액세스채널의 패킷에러율을 분석한 결과는 그림 12와 같다. 이는 보행자 혹은 저속차량 위주의 PCS환경에 비해 패킷 에러율이 낮은 편이나 거의 동일하여 속도에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 그림 12의 결과를 근거로 서로 다른 시작시점의 Eb/No에 따른 액세스 프로브의 수, 즉 평균 지연에 따른 평균밀도함수를 구한 결과는 그림 13와 같다. 그림 13으로부터 초기의 전송전력의 설정이 적절하지 못할 경우 평균 액세스 프로브의 수가 증가함을 알 수 있다. 표 2와 그림 14는 프레임의 패킷 길이가 2이며, 서로 다른 Eb/No 및 서로 다른 전력 증분에 대해 평균 액세스 프로브의 수를 시뮬레이션한 결과 값을 보여주고 있다. 평균 액세스 프로브 수를 감소시키는데 매 액세스 프로브에 대한 전송 전력의 증분치는 3dB로 하였을 때 최적임을 알 수 있으며, 초기 전송전력을 어느정도로 설정하느냐에 따라 평균

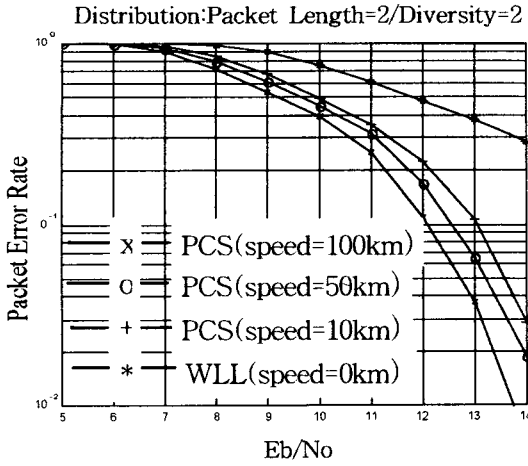


그림 12. 액세스채널의 패킷에러율(PER)

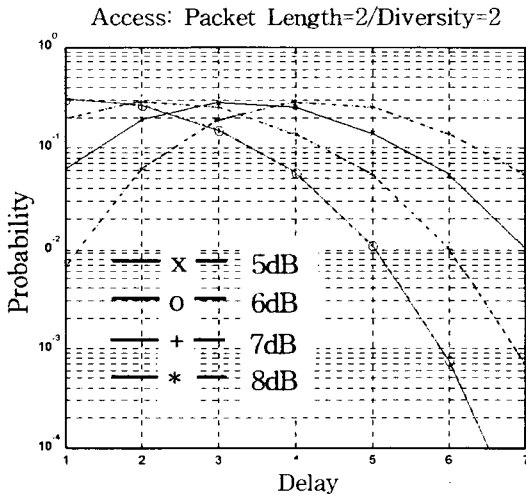


그림 13. 초기전력 변화에 따른 액세스의 확률밀도함수

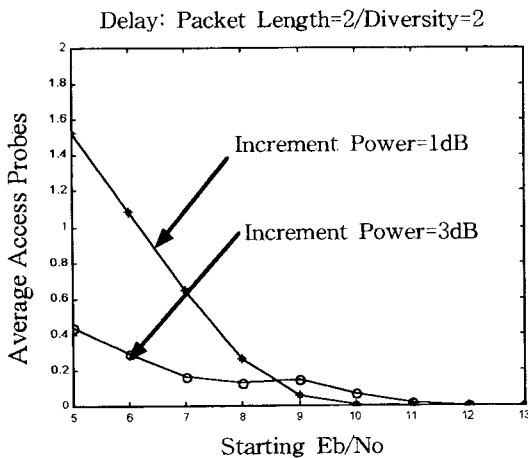


그림 14. 전송전력 증분변화에 따른 액세스 시도 횟수

액세스 프로브의 수가 민감함을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존 전화망의 가입자와 망구간을 고속무선화하는 광대역 무선가입자망에서 무선접속 프로토콜을 설계하고, 액세스채널의 성능을 CDMA PCS 액세스채널과 비교 분석하였다. 본 설계는 IMT-2000 무선접속프로토콜 구조로의 진화가 용이하며, 한 단말국이 여러 가입자 단말을 지원하기 위해 하나 이상의 트래픽채널을 처리할 수 있도록하고 음성 및 패킷데이터 서비스 뿐만아니라 ISDN 서비스를 지원하는 특징을 갖는다.

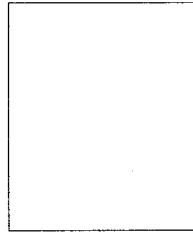
성능분석에서 근방-원방영향과 음영지역 페이딩은 개방루프 전력제어로 보상된다고 가정하고 레일 레이 페이딩의 영향만을 고려하여 시뮬레이션 하였다. 또한 순방향링크와 역방향링크상의 페이딩은 서로 독립적이라 가정하고 역방향 액세스채널은 AWGN으로 모델링하였다. 성능분석결과 WLL이 PCS에 비해 패킷에러율이 감소하고, 액세스 횟수, 즉 지연은 단말국의 초기 전송전력과 전력 증가치에 따라 예민하게 변화하며, 평균 액세스 횟수는 초기의 송신 전력치가 부적절한 경우 증가함을 알 수 있다. 최소의 평균 액세스 시도수를 위해 액세스 시도마다 3dB 송신전력 증분치가 적절함을 알 수 있었다.

향후 이동 멀티미디어 통신을 위한 무선접속프로토콜 설계와 다양한 서비스를 만족시키기위한 QoS에 기반한 MAC계층의 설계 및 성능 분석이 요구된다.

참 고 문 헌

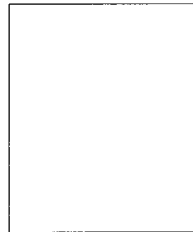
- [1] W. C. Y. Lee, "Applying CDMA to the wireless local loop," Cellular Business, Oct. 1995, pp. 78-86.
- [2] V. K. Garg and E.L.Sneed, "Digital Wireless Local Loop System," IEEE Comm. Mag., Oct. 1996, pp. 112-115.
- [3] 김용현, " WLL의 최근 기술동향과 발전 전망," 월간셀룰러, 1997년 3월, pp. 74-79.
- [4] 이문호 외 2인, CDMA 를 이용한무선가입자망 (WLL)," 한국통신학회지 제 13권 7호, 1996년 7월, pp. 136-147.

- [5] C. C. Yu et al., "Low-Tier Wireless Local Loop Radio Systems," IEEE Comm. Mag., Mar. 1997, pp. 84-98.
- [6] TIA/EIA/IS-95, Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System, July 1993.
- [7] ITU-T SGXI Q.FNA/Q.FIF
- [8] ITU-T G.964(V5.1)/G.965(V5.2)
- [9] ITU-T Q.920~Q.921 : Digital Subscriber Signaling System No. 1(DSS1) ? ISDN User-Network Interface Layer 2 Specification
- [10] ITU-T Q.930~Q.932 : Digital Subscriber Signaling System No. 1(DSS1) ? ISDN User-Network Interface Layer 3 Specification.
- [11] GSM 04.06 : "European Digital Cellular Telecommunication System; Mobile Station-Base Station System(MS-BSS) Interface Data Link Layer Specification.
- [12] GSM 04.08 : "European Digital Cellular Telecommunication System; Mobile Station-Base Station System(MS-BSS) Interface Layer 3 Specification.



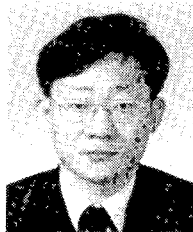
김 영 태

1988년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1999년 2월 충남대학교 경영대학원 졸업(석사)
 1997년 2월~현재 한국정보통신기술협회 적합성 시험인증제도 연구위원회 의장
 1988년 2월~현재 한국전자통신연구원 표준시스템연구팀 선임연구원
 관심분야 : 상호인정, 시험인증제도 및 체계 분야, WLL 시험



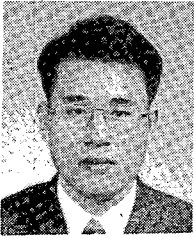
박 기 식

1982년 2월 서울대학교 졸업(학사)
 1984년 2월 서울대학교 행정대학원 행정학과 정책학전공(석사)
 1995년 8월 충남대학교 대학원 행정학과 정책학전공(박사)
 1985년 1월~현재 한국전자통신연구원 표준시스템연구팀 책임연구원/팀장, 한국정보통신기술협회 기획전략연구위원회 의장, 표준화 운영위원회 위원
 1996년~현재 ITU-T TSAG Vice Chairman, ITU-T TSAG WP3 Chairman
 1988년 2월~현재 APT/ASTAP Advisory Board Member
 관심분야 : 정보통신표준화 관련 법제도 분야, 기술 전략 기획, 정보통신정책, MIS 분야



조 정 호

1984년 2월 전남대학교 졸업(이학사)
 1987년 2월 전남대학교대학원 전산과(이학석사)
 1996년 8월 전남대학교 대학원 전산과(이학박사)
 1987년 1월~1988년 1월 삼보컴퓨터 본사 소프트웨어연구부
 1988년 2월~1997년 2월 한국전자통신연구원 이동통신기술연구부 선임연구원
 1997년 3월~현재 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부 조교수
 관심분야 : 이동멀티미디어통신, 광대역 WLL, 프로토콜 설계 및 검증, 페트리네트



김 광 현

1989년 2월 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사)
1991년 2월 광운대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)
1997년 2월 광운대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학박사)
1997년 3월~현재 광주대학교 컴퓨터전자통신공학부 조교수

관심분야 : 프로토콜시험, 멀티미디어 프로토콜, 인터넷 프로토콜



이 태 훈

1982년 2월 한국항공대학교 항공전자공학과(공학사)
1984년 2월 아주대학교 전자공학과(공학석사)
1999년 2월 아주대학교 전자공학과(공학박사)
1984년 3월~1993년 8월 한국전자통신연구원 선임연구원

1993년 9월~현재 광주대학교 공과대학 컴퓨터학과 조교수

관심분야 : 광대역 통신망, 통신프로토콜, 멀티미디어 통신