B-WLL 시스템 MAC 프로토콜의 설계 및 검증
(Design and Validation of MAC Protocol for B-WLL System)

백 승 권 † 김 응 배 †† 한 기 준 †††
(Seung-Kwon Back) (Eung-Bae Kim) (Ki-Jun Han)

요 약 본 논문에서는 가입자망의 고속화를 실현하는 방안으로 개발되고 있는 B-WLL 시스템의 MAC 프로토콜을 설계하고 검증하였다. MAC 프로토콜의 설계는 DAVIC에서 제시하는 MAC 메시지를 사용하여 SDL로 설계했으며, 동적인 경쟁/예약 타임 슬롯할당 알고리즘을 적용했다. 또한 설계한 MAC 프로토콜의 유효성을 검증하기 위하여 ObjectGeode의 Simulation Builder를 이용하여 문법적인 오류를 검사하고, MSC(Message Sequence Chart)를 생성하여 프로토콜의 동작절차에 대해 검증하였다. 검증의 결과, 설계한 MAC 프로토콜이 절차에 따라 정확하게 동작했으며, B-WLL 시스템이 지원하는 모든 서비스에 대해 유효함을 확인했다.

키워드 : 무선자원할당제어, MAC 프로토콜, 광대역무선접속시스템, SDL

Abstract In this paper, we designed a B-WLL MAC(Media Access Control) protocol and validated its operation for implementation of high-speed subscriber networks. Our MAC protocol was designed by SDL using the DAVIC specifications based upon the variable contention/reserved time slot allocation algorithm. For validation of our MAC protocol, Syntax and semantic error check were performed by the Simulation Builder of ObjectGeode and the MSC(Message Sequence Chart) respectively. The validation results showed that our B-WLL MAC protocol is working correctly and may successfully support B-WLL services.

Key words : wireless resource allocation control, MAC protocol, BWA system, SDL

1. 서 론

고도의 정보화 사회로 발전함에 따라 이용자들은 인터넷, VOD(Video On Demand), 화상회의 등의 고속 멀티미디어 서비스를 요구하게 되었다. 또, 유·무선 통신을 이용한 통신 및 방송사업의 상호진입이 허용됨으로써 통신 서비스에 대한 수요가 한층 더 증가하고 있다. 이러한 서비스 수요를 충족시키기 위해서 초고속 정보 통신망 구축이 필수적이지만, 전국적인 FTTH(Fiber To The Home) 구축을 위해서는 엄청난 초기 투자비용이 필요하게 되므로, 그 대안으로 설치 및 유지보수에서 경제적이며 유연성이 뛰어난 광대역 무선가입자망(B-WLL : Broadband-Wireless Local Loop) 시스템이 대두되었다[1,2,3].

B-WLL 시스템의 이전 단계로 나타난 무선가입자망(WLL: Wireless Local Loop) 시스템은 PSTN(Public Switched Telephone Network)/ISDN(Integrated Services Digital Network)의 무선 확장 시스템으로써, 음성 및 중/저속 데이터(144kbps 이하) 서비스를 겨냥해서 개발된 시스템이다. 이에 반해 B-WLL 시스템은 초고속 정보통신망을 가입자까지 무선망으로 확장하여, 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하고, 다양한 매체의 정보를 단일 통신망으로 수용하여 통신 및 방송의 융합화 추세에 부응하는 대화형 분배 서비스를 제공할 수 있도록 개발되고 있다[4].

이렇게 발전된 B-WLL 시스템의 서비스로는 디지털 전화서비스, 주문형 비디오, 데이타 통신 서비스, 고속 인터넷 서비스, 원격 교육 서비스, 오디오 및 비디오 서비스 등이며, 디지털 데이타를 양방향으로 전송할 수 있으므로 향후 정보 고속도로와 연계하여 이용될 수 있다

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 무선방송연구소 연구원
skback@etri.re.kr
†† 비 회 원 : 한국전자통신연구원 무선방송연구소 연구원
ebkim@etri.re.kr
††† 종신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
kjhan@bh.knu.ac.kr
논문접수 : 1999년 2월 12일
심사완료 : 2002년 5월 2일

[5]. B-WLL 시스템은 전화, 인터넷, 전용회선, ATM (Asynchronous Transfer Mode) 등의 다양한 서비스를 하나의 무선 가입자망으로 제공해 주기 위해서, 각각의 서비스와 제어신호에 대한 프로토콜 구현을 위한 기술개발이 요구된다. 특히, 효율적인 무선자원 사용을 위해서 기지국과 가입자장치간의 무선자원 할당 및 해제 프로토콜인 MAC(Medium Access Control) 프로토콜이 필수적이다.

본 논문에서는 B-WLL 시스템의 MAC을 위해 제안된 DAVIC(Digital Audio-Visual Council)[6,7]의 권고안을 바탕으로 AIU(Air Interface Unit)과 NIU(Network Interfrace Unit)간의 MAC 프로토콜을 설계하였으며, 프로토콜의 설계를 위해 SDL(Specification and Description Language)을 사용하였다. 또한, 설계된 프로토콜의 SDL을 바탕으로 ObjectGeode에서 지원되는 시뮬레이터를 이용하여 프로토콜을 검증하였다.

논문의 구성을 살펴보면 2장에서는 B-WLL 시스템의 구성과 표준화 진행과정과 B-WLL 시스템의 AIU와 NIU간의 MAC 동작절차를 설명한다. 3장에서는 B-WLL 시스템의 MAC의 동작절차를 설계하고, 이들을 SDL로 기술한다. 4장에서는 3장에서 설계한 MAC프로토콜의 동작에 대해서 검증하고, 마지막으로 5장에서는 결론에 대해 기술한다.

2. B-WLL시스템 개요

2.1 B-WLL시스템의 표준화 동향

국내에서는 초고속 정보통신망 구축을 위해 기존의 광케이블의 일부를 무선매체로 사용할 필요성이 제기되어, 상향 대역으로 24.25~24.75GHz(500MHz), 하향 대역으로 25.50~27.50GHz(2000MHz), 연구개발용으로 40.50~42.50GHz(2000MHz)의 20GHz대와 40GHz대의 멀티미디어 서비스용 주파수를 공고하였다. 또한, B-WLL 시스템개발을 위해 데이콤, 한국통신, 그리고 SK 텔레콤 등의 국내 업체들에서 LMDS(Local Multipoint Distribution Services) 실험국을 구축 운영중이다. 국외에서도 B-WLL 시스템의 개발이 진행중인데, 미국의 셀룰러 비젼(Cellular Vision)사는 뉴욕지역에서 무선 케이블 TV 및 고속 인터넷 서비스를 1997년 6월부터 제공하고 있으며, 캐나다의 맥스링크 커뮤니케이션(Max Link Communication) 사는 보쉬(Bosch)사의 멀티포인터 시스템 사용하여 음성, 데이타 및 비디오 서비스를 토론토 지역에서 시범운영 중이다[8].

B-WLL 시스템에 대한 국제 표준화 관련 작업으로서 DAVIC에서 제시한 LMDS 규격이 있으며, 최근 미국 상무성의 지원으로 추진되고 있는 N-WEST(National Wireless Electronics System Testbed) 과제를 중심으로 발족된 IEEE 802.16(Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.16) 위원회와 고정 무선 접속(Fixed Wireless Access)를 연구하는 ITU(International Telecommunication Union)의 활동을 들 수 있다. 또, 다수의 케이블 사업자들이 케이블 TV 시스템을 이용하여 고속의 데이타를 전송할 수 있게 하는 MCNS(Multimedia Cable Network System) 규격이 있으며, 현재 MCNS 규격을 무선구간에서도 적용시키기 위한 연구가 진행되고 있다.

유럽의 경우에는 ETSI(European Telecommunication Standards Institute)에서 BRAN(Broadband Radio Access Network) 과제를 통해 광대역 이동 액세스망(Radio LAN: RLAN)인 HIPERLAN type-2의 표준화와 병행하여 광대역 무선 가입자망에 해당하는 HIPERACCESS 시스템의 표준화를 최근 본격적으로 추진하기 시작했다. 특히 BRAN의 HIPERLAN 표준화는 ATM 포럼의 Wireless ATM Working Group과 일본의 MMACPC(Multimedia Mobile Access Communication Promotion Council)의 표준화 작업과 상호 보완적인 관계를 통해 추진되고 있다.

2.2 B-WLL시스템의 구성

B-WLL 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 유선망, 기지국(Air Interface Unit:AIU), 가입자 장치(Network Interface Unit: NIU) 및 기지국 운용장치로 구성된다. 무선 구간에서 인터넷 데이타는 ATM 셀로 또는 무선패킷의 페이로드로 변환되고, 그외 트래픽은 ATM 셀로 전송된다. 기지국은 교환기능을 수행하지 않고 단순 중계 기능만을 수행하는 것으로 B-WLL 무선접속 규격이 작성되고 있으며, 이에 따라 기지국의 NIM은 트래픽에 따라 가입자장치의 데이타를 그 트래픽 유형에 따라 적절한 망으로 연동 기능을 제공한다. 기지국에 설치되는 RF(Radio Frequency) 장비는 송신기 및 수신기, IF(Intermediate Frequency)/RF변환기 그리고 안테나로 구성된다. 가입자 장치는 송수신기 및 안테나의 RF 장비와 NIU(Network Interface Unit)로 구성된다. 가입자 측의 송수신기는 수신된 신호를 중간주파수로 변환하고, NIU는 다양한 가입자 단말에 필요한 무선자원을 기지국으로부터 할당받고, 정해진 포맷으로 데이타를 전송하는 기능을 수행한다. 이러한 방식에 의해 가입자는 무선 광대역 모뎀과 셋탑박스(Set-Top Box:STB) 등을 통해 음성, 비디오, 데이타 등의 다양한 멀티미디어 서비스를 제공받는다[9].

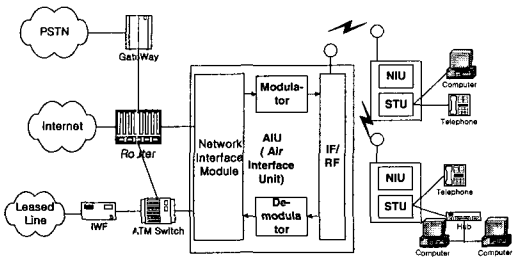
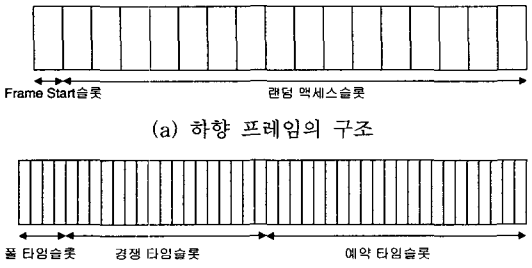


그림 1 B-WLL시스템 구성도

2.3 B-WLL시스템 MAC프로토콜

B-WLL 시스템의 MAC 기능을 위한 정보 흐름은 AIU와 NIU간의 양방향의 정보흐름이며, 상향/하향 주파수 채널을 통해 프레임단위로 메시지를 전달한다. 상향채널의 접근방식은 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식[10]을 사용하고, 하향 주파수 채널의 경우 TDM(Time Division Multiplexing) 방식[11]을 사용한다. 또, 상향/하향 프레임을 통해 전달할 수 있는 내용은 데이타뿐만 아니라 MAC 프로토콜에서 사용하는 MAC 제어메시지도 포함한다.

DAVIC에서 제공하는 하향 프레임의 기본구조는 188 바이트의 MPEG2-TS프레임을 기본으로 하지만, ATM 셀의 전송에 있어서는 2개의 연속된 MPEG2-TS 프레임을 통해 다수의 ATM 셀을 맵핑하여 전송한다. 또한 ATM 셀의 전송시에는 그림 2-(a)와 같이 프레임의 시작을 알려주는 프레임 스타트 슬롯과 AIU에서 NIU로 데이타와 MAC 제어메시지를 전달할 수 있는 랜덤 액세스 슬롯으로 구성되어 있다. 이에 비해 상향 프레임의 구조는 그림 2-(b)와 같이 ATM 셀 또는 MPEG2-TS 패킷의 전송 시 모두 하나의 ATM 셀을 포함하는 버스트구조를 가지며, AIU로부터 폴링 핸드셰이크 요청시 응답 메시지를 보낼 때 사용하는 폴타임슬롯(Poll Time Slot), 다수의 NIU들이 경쟁을 통해 데이타와 MAC 제어 메시지를 보낼 수 있는 경쟁타임슬롯(Contention Time Slot), 그리고 NIU에서 AIU로 사용자의 트래픽을 보낼 수 있는 예약타임슬롯(Reserved Time Slot)으로 구성되어 있다.



(a) 하향 프레임의 구조

(b) 상향 프레임의 구조

그림 2 상하향 프레임의 구조

AIU와 NIU는 앞서 기술한 상/하향 프레임을 사용하여 MAC 제어 메시지를 주고받으면서 MAC 동작을 수행하는데, 이를 몇 가지 절차로 나누어 보면 AIU와 통신을 시작하지 않은 NIU가 처음으로 망에 접근하기 위한 시그널링 절차인 망 접근 제어 절차, 주기적인 폴링 핸드셰이크(Polling Handshake) 절차, NIU에게 폴 ,경쟁, 예약 등의 타임슬롯을 할당하는 절차인 타임슬롯 할당 절차, 그리고 데이타를 전송하기 위해 무선 가상 연결을 설정하고 해제하는 세션의 연결관리 절차로 나누어 볼 수 있다. DAVIC에서는 앞서 열거한 동작절차를 수행하기 위한 여러 형태의 MAC 제어 메시지의 제공하는데, 그 내용은 표 1과 같다.

표 1 MAC 제어 메시지 종류와 의미

메시지 종류	용도
reservation_request	예약 타임슬롯 요청 메시지
reserved_slot_allocation	예약 타임슬롯의 할당 및 해제 메시지
contention_slot_allocation	경쟁 타임슬롯의 할당 및 해제 메시지
poll_slot_allocation	폴 타임슬롯의 할당 및 해제 메시지
sign_on_request	망 접근제어 절차에 사용되며, 망 접근제어 절차에 사용되는 파라메터 전달 메시지
tx_calibration	상향 전송채널 상의 주파수, 파워, 타임 조정 메시지
status_request	폴링 핸드셰이크 절차에 사용되며, NIU의 상태를 요구하는 메시지
status_response	AIU의 폴링에 대한 응답으로 NIU가 전송하는 메시지
mac_session_request	NIU의 세션 연결 요청 메시지
mac_session_connection	AIU가 세션 연결에 대한 VPI/VCI 할당 메시지
mac_session_release	AIU 및 NIU의 세션 연결 해제 메시지
mac_session_msg_ack	세션과 관련된 메시지에 대한 응답 메시지
new_down_stream_channel	새로운 채널 탐색 메시지
contention_slot_feedback	경쟁 타임슬롯에 대한 응답 메시지

NIU의 망 접근 제어절차는 초기에 망에 접속하려는 NIU들이 AIU의 주기적인 sign_on_request 메시지를 수신 받고, 이에 대한 응답으로 status_response 메시지를 AIU로 전달하는 절차이다. 이 절차에 있어서

sign_on_request 메시지는 망 접근제어 절차에서 필요한 NIU의 식별자와 일련번호를 파라메터로 NIU로 전달된다. 일단 망에 접근한 NIU는 해당 정보를 송신하기 위해서 상향스트림상의 타임슬롯을 할당받는데, 이 절차를 타임슬롯할당 절차라고 한다. B-WLL 시스템의 상향스트림에서 사용하는 타임슬롯은 폴링 핸드세이크 절차에 사용하는 폴타임슬롯, 다수의 NIU들이 경쟁을 통해 AIU로 예약타임슬롯의 할당요구 및 세션할당 요구 메시지를 전송하는데 사용하는 경쟁타임슬롯, 그리고 사용자의 정보를 전송하기 위해 사용하는 예약타임슬롯으로 나눌 수 있다.

폴링 핸드세이크 절차는 AIU가 주기적으로 NIU의 상태를 파악하고 채널 및 파워와 같은 세부 파라메터를 조정하기 위해서 수행된다. 이 절차를 수행하기 위해서는 AIU가 status_request 메시지를 NIU로 전달하고, 그에 대한 응답으로 NIU는 status_response 메시지를 AIU로 전달한다. 이렇게 전달된 status_response 메시지를 통해 AIU는 무선채널 상태를 조정하기 위한 파라메터를 포함한 tx_calibration 메시지를 NIU로 전달하고, NIU는 이 메시지의 파라메터를 시스템 동작절차에 적용한다. 세션 연결관리 절차는 상향스트림상에서 예약타임슬롯을 할당받은 NIU가 사용자의 정보를 전송하기 위해 ATM 세션을 연결하는 절차로서, mac_session_request, mac_session_connection, mac_session_msg_ack 메시지를 사용하여 처리한다.

2.4 동적 타임슬롯할당 알고리즘

본 논문에서 설계한 B-WLL 시스템의 MAC 프로토콜은 DAVIC 규격1.3의 part 8에서 제시하는 MAC 제어메시지와 동작절차를 기초로 하여 설계하였으며, 망의 상황에 따라 경쟁타임슬롯과 예약타임슬롯을 동적으로 할당하는 방식을 사용하였다. 이런 형태의 동적 타임슬롯할당 알고리즘을 사용함으로서 망의 상황에 따라 상향스트림의 타임슬롯을 유연하게 사용할 수 있다. 그림 3은 하나의 상향스트림 프레임의 구성을 나타낸 것으로 경쟁타임슬롯 구간과 예약타임슬롯의 크기를 동적으로 할당한 예를 보여준다.

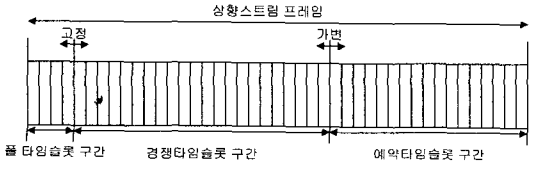


그림 3 동적 타임슬롯 할당 예

AIU가 다음 상향스트림상에서 사용할 수 있는 다음 슬롯의 수를 N이라고 가정했을 경우, 고정적으로 폴링 핸드세이크를 위한 타임슬롯인 N_p와 가드 타임슬롯인 N_g를 제외한 타임슬롯으로 경쟁타임슬롯과 예약타임슬롯을 할당할 수 있으며 다음과 같이 N_t로 표현할 수 있다.

$$N_t = N - N_p - N_g$$

N_t에서 각 트래픽이 사용하는 사용자 i가 요청한 예약타임슬롯의 수를 $N_{r,i}$라고 가정할 때 망에 접근한 모든 사용자들이 요청한 예약타임슬롯의 수 R은

$$R = \Sigma N_{r,i} \ (\ i \in \text{set of NIUs})$$가 되고,

R의 값이 다음 상향프레임에 할당할 수 있는 모든 타임슬롯의 수보다 작을 경우, 요청한 예약타임슬롯으로 할당할 수 있다. 즉 다음 상향스트림에서 예약타임슬롯으로 사용할 수 있는 있는 수 R_n은 R이 된다. 이런 경우에 현재 요구하는 QoS를 만족시킬 수 있는 예약타임슬롯을 할당하고 남은 경쟁타임슬롯의 수는

$$C_n = N_t - R \text{ 가 된다.}$$

본 논문에서 제시하는 동적인 타임슬롯할당 알고리즘은 상향스트림을 통해 요청된 예약타임슬롯을 먼저 처리한 후 남은 타임슬롯을 사용하여 경쟁타임슬롯으로 사용함으로서 기존 예약타임슬롯을 사용하는 서비스의 QoS(Quality of Service)를 최대화할 수 있는 장점이 있다. 하지만 경쟁타임 슬롯을 사용하여 망에 새로이 접근하거나, 새로운 서비스를 요청하는 NIU들은 고정적으로 최소의 경쟁타임슬롯을 할당하는 방식에 보다 지연시간이 길어지는 단점이 있다. 그림 4는 본 논문에서 제시한 동적인 타임슬롯할당 알고리즘을 나타낸 것이다.

```
if( R == 0)
        Rn = 0 , Cn = Nt
else if( R ≥ Nt)
        Rn = Nt , Cn = 0
else
        Rn = ΣNr,i ( i ∈ set of NIU) , Cn = Nt - Rn
```

그림 4 동적 타임슬롯 할당 알고리즘

3. SDL을 이용한 B-WLL MAC 프로토콜의 설계

본 논문에서 설계한 B-WLL MAC 프로토콜은 Solaris 2.6을 탑재한 워크스테이션 상에서 설계되었으며, VERILOG 사에서 개발한 프로그램 통합 개발도구인 ObjectGeode를 사용하였다. ObjectGeode는 시스템

의 명세와 기술을 위한 CASE 툴로써 SDL을 제공한다. SDL은 설계하고자 하는 시스템의 동작을 유한 상태 기계(Finite State Machine)개념으로 정의하며, 표현 방식으로는 흐름도(Flow Chart)와 유사한 방법으로 시스템을 설계할 수 있는 환경을 제공한다. 또, SDL은 설계하고자 하는 시스템의 동작을 계층적으로 표현하고 설계할 수 있는 언어로 ITU에서 시스템 명세 및 기술용 표준 언어로 권고하고 있다. 그림 5는 본 논문에서 설계한 SDL의 계층구조를 나타내는데, B-WLL MAC 시스템을 NIU 블록과 AIU 블록으로 나누어 설계하였다. 각 블록에서 NMAC 프로세스와 AMAC 프로세스는 실제적인 B-WLL MAC 동작절차를 수행하고, 나머지 프로세스들은 검증에 사용된다. 이런 구조적인 설계를 통해 시스템이 모듈화 될 수 있고, 실제 시스템에 이식하기 쉽다는 장점이 있다.

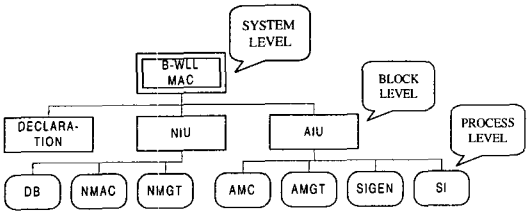


그림 5 B-WLL MAC프로토콜 SDL 설계 구조

3.1 시스템 수준의 설계

시스템 수준의 설계는 시스템을 설계하는 첫 단계로 실제 설계하고자 하는 시스템의 요구 사항과 외부 환경을 고려하여 기능별로 블록화 하는 단계이다. 본 논문에서는 B-WLL MAC 시스템의 기능 개체들은 AIU와 NIU의 두 개의 블록으로 나누어 설계했으며, 시스템 수준에 필요한 메시지들을 정의하고, 메시지 채널로 연결하였다.

3.2 블록 수준의 설계

블록수준의 설계 단계는 시스템 수준에서 정의한 블록들을 좀 더 상세하게 설계하는 단계로 기능별로 나누어진 블록들을 다시 동작별로 나누어 프로세스로 정의하는 단계이다. 정의된 프로세스는 이후 설계 단계에서 구체적인 동작 절차들이 SDL로 표기되며, MSC (Message Sequence Chart)를 이용한 검증단계에서 하나의 프로세서로 존재하여 능동적으로 활동하게 된다.

그림 6은 블록 수준에서 AIU 블록을 설계한 것으로, 각각의 타임슬롯 등을 할당하여 NIU들의 상향 채널에 대한 접근을 제어하는 AMAC(AIU MAC) 프로세스와 각 타임슬롯들의 할당 시점을 AMGT 프로세스에게 알려주는 SIGEN(Signal Generator) 프로세스, 그리고 SIGEN 프로세스로부터의 타임슬롯 할당시점을 AMAC 프로세스에게 전달하고 검증에 필요한 여러 외부 메시지들과 파라미터들을 전달하는 AMGT(AIU Management) 프로세스로 구성되어 있다. 실제의 AIU MAC에서 필요로 하는 기능들은 AMAC 프로세스에 모두 포함되며 AMGT 프로세스와 SI 프로세스는 AIU MAC 프로토콜의 적합성을 검증하기 위한 추가적인 프로세스들이다.

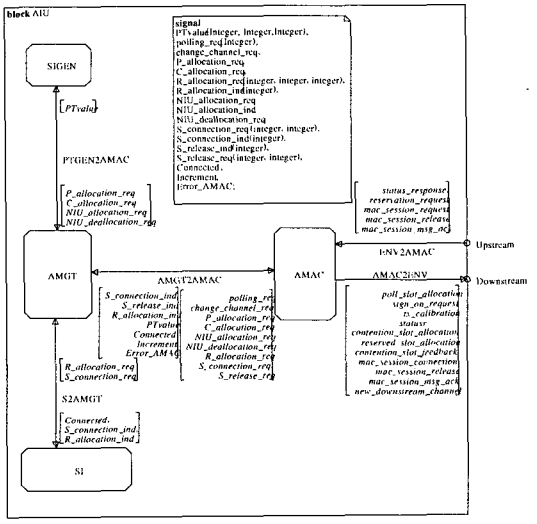


그림 6 블록 수준의 설계(AIU 블록)

NIU 블록은 MAC 메시지를 통해 필요한 상향 채널 상의 타임슬롯의 요구 및 할당을 받고 세션의 연결의 기능을 하는 NMAC(NIU MAC) 프로세스, MAC 외부에서 입력되는 메시지와 검증에 필요한 메시지를 NMAC 프로세스로 전달하는 NMGT(NIU Management) 프로세스, AIU로부터 할당 받은 상향 주파수 채널의 타임슬롯 상태를 저장하는 DB(Data Base) 프로세스로 구성되어 있다.

3.3 프로세스 수준의 설계

프로세스 수준의 설계는 블록 수준에서 정의한 프로세스들을 SDL로 설계하는 단계이며, 시스템의 구체적인 동작이 기술되는 단계이다. 즉, AIU 블록과 NIU 블록을 구성하고 있는 프로세스의 구체적인 동작에 대한 기술로서, 실제적인 MAC 동작을 수행하는 AMAC 프로세스와 NMAC 프로세스를 중심으로 기술한다.

3.3.1 AMAC 프로세스

AMAC 프로세스는 NIU블록의 NMAC 프로세스와 함

께 채널 접근 제어 메시지들을 주고받으면서 NIU의 망 접근 제어기능을 수행한다. AMAC 프로세스는 MAC 동작 절차들을 수행하면서 여러 상태에서 메시지를 대기하게 되는데, 이러한 일련의 과정을 상태로 나타낼 수 있다.

즉, AMAC 프로세스는 NIU가 망에 접속하지 않은 상태인 IDLE, 폴타임슬롯을 할당한 상태인 P, 경쟁타임슬롯을 할당한 상태인 C, 예약타임슬롯을 할당한 상태인 R, 세션연결요청 메시지를 수신한 상태인 SR, 그리고 하나 이상의 세션이 연결된 상태인 SC의 상태로 나누어 볼 수 있다. 그림 7은 앞서 제시된 상태들을 바탕으로 메시지의 송.수신을 위한 상태천이도를 나타낸 것이고, 표 2는 그림 7의 상태천이도에서 사용되는 기호에 대한 설명으로 각각의 상태에서 수신하는 입력메시지와 상태 천이시 다른 프로세스에게 전달하는 출력메시지를 나타낸다.

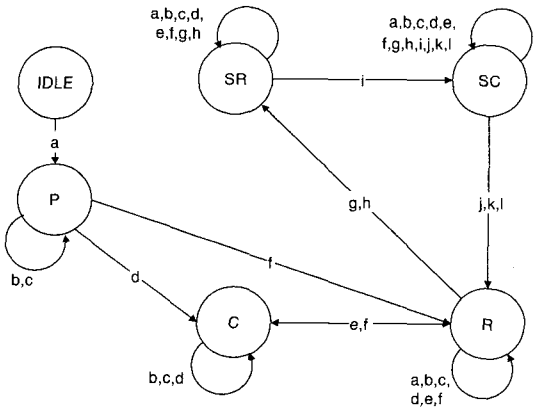


그림 7 AMAC 프로세스의 상태 천이도

표 2 AMAC 프로세스의 상태 천이도에 사용된 기호 및 설명

Label	입력	출력
a	polling_req	sign on request
b	polling_req	status request
c	status response	tx calibration
d	C allocation req	contention slot allocation
e	Reservation request	reserved slot allocation
f	NIU allocation req	Reserved slot allocation
g	mac_session_request	mac_session_msg_ack mac session connection
h	S connect req	mac session connection
i	mac_session_msg_ack (mac session connection)	S_connection_ind
j	mac session release	mac session msg ack
k	S release req	mac connection release
l	mac_session_msg_ack (mac_session_release)	S_release_ind

AIU의 망 접근제어 절차는 AMGT 프로세스로부터 polling_req 메시지에 의해 구동되며, poll_slot_allocation 메시지와 sign_on_request 메시지를 NIU에게 전달하고 그에 대한 응답으로 status_response 메시지를 받음으로서 종결된다. 여기서 sign_on_request 메시지는 망 접근제어 절차에서 필요한 NIU의 식별자와 해당 NIU의 일련번호를 파라메터로 가지고 NIU로 전달된다. 본 논문의 SDL 설계에 있어서 polling_req 메시지는 망 접근제어 절차와 폴링 핸드셰이크(Polling Handshake) 절차에 공통으로 사용되는데, 이들의 구별은 NIU_ID의 할당 여부에 따라 결정된다.

폴링 핸드셰이크 절차는 주기적으로 NIU의 상태를 파악하고 채널을 조정하기 위해서 수행되며, status_request 메시지를 NMAC에게 전달하고 그에 대한 응답으로 status_response 메시지를 수신한다. 또한 수신한 메시지를 바탕으로 무선채널 상태를 조정하기 위해 tx_calibration 메시지를 전송한다. 이런 일련의 절차에 있어서 무한 대기를 방지하기 위해서 NIUT 타이머를 사용한다. 그림 8은 망 접근제어 절차와 폴링 핸드셰이크 절차를 SDL로 설계한 것이다.

NIU가 망에 접속하면 AIU는 앞서 기술한 세 가지 종류의 타임슬롯을 NIU에게 할당한다. 폴타임슬롯은 주기적인 NIU의 상태를 파악하기 위한 폴링 핸드셰이크 절차를 수행하는데 사용되는 타임슬롯이며, poll_slot_allocation메시지를 사용하여 할당한다. 경쟁타임슬롯과 예약타임슬롯은 contention_slot_allocation, reserved_slot_allocation 메시지를 통해서 해당 타임슬롯을 NIU

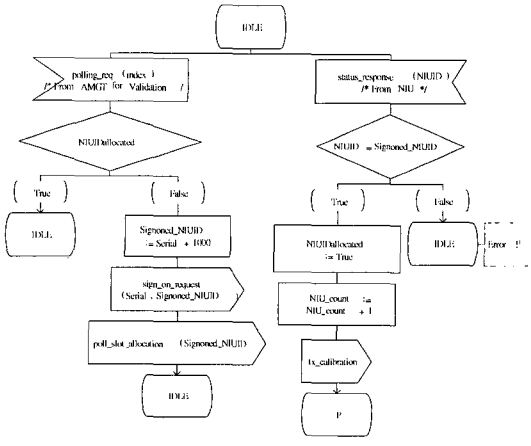


그림 8 AMAC의 망 접근제어 절차 SDL 표기

에게 할당하는데, 앞서 기술한 동적인 경쟁/예약 타임슬롯 할당 알고리즘을 사용한다.

B-WLL 시스템에서 사용자의 데이타들은 종단간에 세션이라는 가상연결을 설정한 후 달된다. 세션은 NIU 측의 요청 혹은 망 측의 요구에 의해서 설정되며, 요청된 세션의 연결을 위해서 mac_session_connection 메시지를 사용한다. 본 논문의 SDL 설계에 있어서 mac_session_connection 메시지는 NIUID와 session_id를 파라미터로 포함하여 전달되는데, 이는 하나의 NIU가 복수개의 응용을 가질 수 있기 때문이다. 또한, 연결된 세션이 더 이상 필요 없을 경우에는 세션을 해제하는데, 이를 위해 mac_session_release 메시지를 사용한다. 그림 9는 세션의 연결을 위한 절차를 SDL로 기술한 것이다.

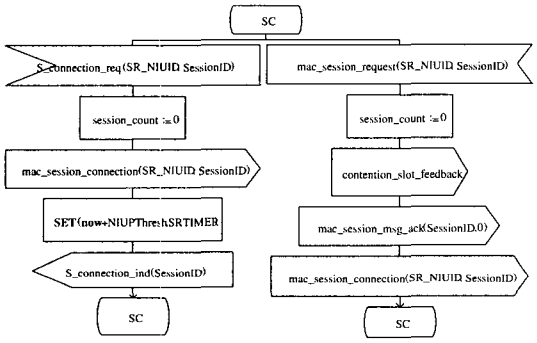


그림 9 세션의 연결 요청 및 세션 연결 SDL 표기

3.3.2 NMAC 프로세스의 설계

NMAC 프로세스는 AIU 블록의 AMAC 프로세스와 함께 채널 접근 제어 메시지들을 주고받으면서 NIU가 망에 접근하여 채널을 할당받은 후, 서비스를 받을 수 있게 한다. NMAC 프로세스는 셋탑박스의 전원이 켜지고 망에 접속하지 않은 상태인 IDLE, 하나의 하향 주파수 채널을 포착한 상태인 LISTENING, 폴타임슬롯을 할당받은 상태인 P, 경쟁타임슬롯을 할당받은 상태인 C, 예약타임슬롯을 할당받은 상태인 R, 세션연결 요청 메시지를 보낸 상태인 SR, 하나 이상의 세션이 연결된 상태인 SC로 나눌 수 있다. 앞서 기술한 상태를 바탕으로 MAC 메시지를 주고받으면서 여러 상태로 천이됨을 알 수 있는데, 그림 10은 이를 상태천이도를 나타낸 것이고, 표 3은 그림 10에서 사용된 기호에 대한 설명을 나타낸 것이다.

NIU의 초기화 절차는 사용자가 셋탑박스의 전원을 켜고 아직 망에 접속하지 못한 상태에 대한 처리를 한다. 본 논문의 SDL 설계에서는 STB의 전원이 켜지면,

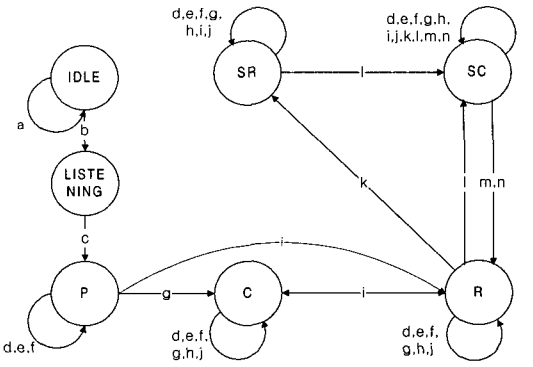


그림 10 NMAC 프로세스의 상태천이도

표 3 NMAC 프로세스의 상태천이도에 사용된 기호 및 설명

Label	입력	출력
a	power_on	next_downstram_req
b	next_downstream_res	
c	sign_on_request, poll_slot_allocation	status_response
d	poll_slot_allocation	p_alloc_ind/change_P_slot
e	status_request	status_response
f	tx_calibaration	change_up_signal
g	contention_slot_allocation	c_alloc_ind/change_C_slot
h	r_allocation_req	reserved_request
i	reserved_slot_allocation	r_alloc_ind/change_R_slot
j	contention_slot_feedback	c_status_ind
k	s_connection_req	mac_session_request
l	mac_session_connection	mac_session_msg_ack
m	s_release_req	mac_session_release
n	mac_session_release	mac_session_message_ack

NMGT 프로세스가 NIU의 고유한 일련 번호를 파라메터로 포함한 power_on 메시지를 NMAC 프로세스로 전달하고, 이를 수신한 NMAC 프로세스는 하향 주파수 채널을 포착하는 절차로 이루어진다.

하나의 주파수 채널을 포착한 후, NMAC은 망 접근 제어 절차를 수행한다. 망 접근제어 절차는 AIU로부터 sign_on_request 메시지를 수신한 NMAC이 할당받은 폴타임슬롯을 사용하여 status_response 메시지를 전송하고 망 접근 제어 절차를 종료한다. 그림 11은 NMAC 프로세스의 망 접근제어 절차를 SDL로 설계한 예이다.

NMAC 프로세스는 망 접근제어 절차를 수행한 후, 상향 프레임을 구성하는 타임슬롯을 할당받는다. 폴타임슬롯은 AIU의 주기적인 폴에 응답하기 위해서 사용되

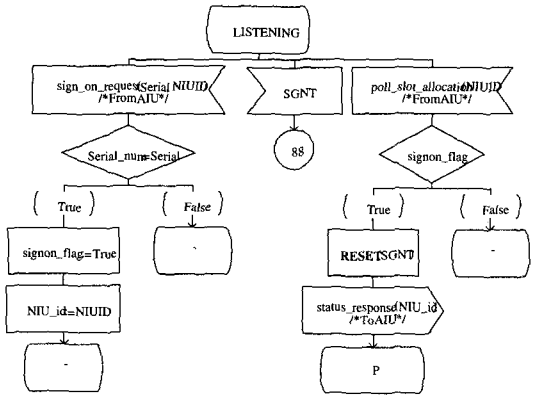


그림 11 NMAC의 망 접근제어절차 SDL 표기

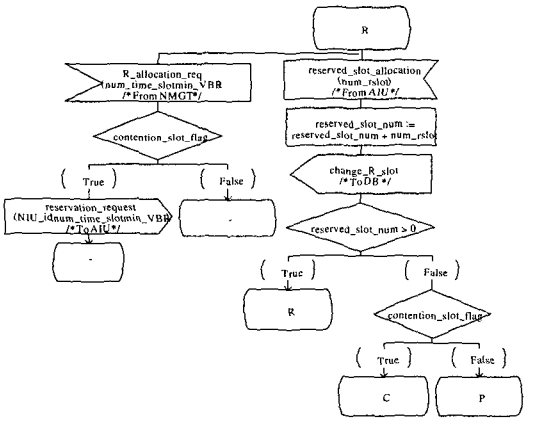


그림 12 예약타임슬롯의 할당 요청 및 할당 SDL 표기

며, 경쟁타임슬롯은 예약타임슬롯 할당 요청메시지와 세션 연결요청 메시지를 AIU로 전달하기 위해서 사용되며, 예약타임슬롯은 사용자의 트래픽을 전달하기 위해서 사용된다. 이렇게 NMAC 프로세스는 할당된 타임슬롯의 정보를 인지하고 있어야 하는데, 본 논문의 설계에 있어서는 각각의 타임슬롯을 위한 플래그를 사용해서 해당 타임슬롯의 할당여부를 확인한 후 해당 요청 메시지를 처리한다. 그림 12는 reservation_request 메시지를 통해 예약타임슬롯을 요청하는 절차와, 예약타임슬롯을 할당하는 절차를 SDL로 설계한 예이다.

NMAC은 경쟁타임슬롯이 할당된 상태에서 mac_session_request 메시지를 사용하여 MAC 세션을 요구할 수 있으며, 일정시간 범위 내에 세션 요구에 대한 응답이 없을 경우, SESST 타이머를 사용하여 최대 5회의 재요구를 할 수 있다. 또, NMAC의 세션 요청에 대한 타이머의 종료조건을 부여하기 위해서 별도의 변수에 해당 세션의 일련번호를 저장한다. AIU로부터 mac_session_connection메시지를 통해 세션이 연결된 NIU는 세션의 해제시의 상태천이를 결정하기 위해 세션의 수를 관리하고, 세션연결에 대한 응답 메시지로 mac_session_msg_ack를 전달한다.

또, NIU측에서 mac_session_release메시지를 사용하여 세션의 해제를 요청한 경우에도 세션해제를 위한 SELET 타이머와 세션 해제를 위한 저장 변수를 사용하여 처리한다. 그림 13은 세션의 요청절차 및 세션의 연결절차를 SDL로 설계한 예를 보여준다.

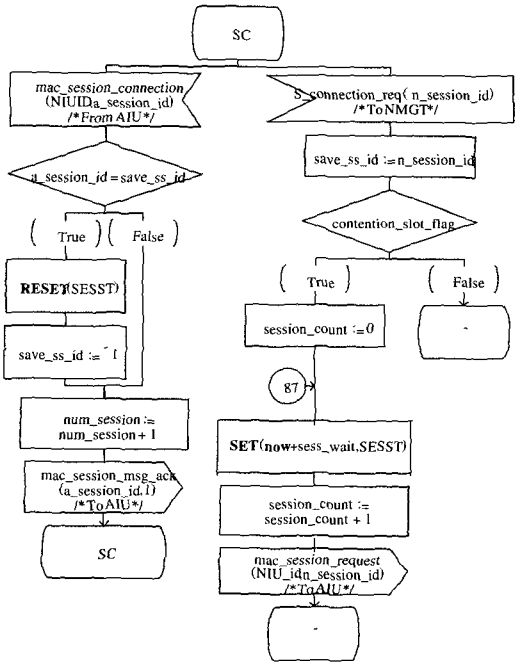


그림 13 세션 요청 및 세션연결 SDL 표기

4. B-WLL MAC 프로토콜의 검증

본 장에서는 3장에서 SDL로 설계한 B-WLL MAC 프로토콜의 유효성을 검증하기 위해 ObjectGEODE에서 제공하는 시뮬레이터를 이용하여 검증하였으며, 프로토콜의 검증작업을 위해 MSC를 자동 생성하여 검증하였다. MSC는 시스템의 전체 또는 일부에 대한 동작 절차를 작성하는 것으로 시뮬레이션을 통해 설계된 SDL과의 일치성을 검증할 수 있는 자료가 된다. 그림 14는 설계한 프로토콜을 검증하기 위한 순서를 나타낸 것으로서, 먼저 문법적인 오류를 검사하고, 설계한 프로토콜이 특정 시나

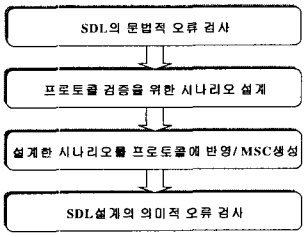


그림 14 프로토콜 검증절차

리오에 따라 동작할 수 있는 시나리오를 설계한다. 그리고 각각의 시나리오를 바탕으로 MSC를 자동 생성한 후, 생성된 MSC를 통해 모든 메시지와 타이머의 동작여부 등을 분석하여 의미적인 오류검사를 수행한다. 의미적인 오류검사를 통해 오류가 없을 경우 실제 시스템에 이식하여 사용할 수 있는 소스코드를 생성할 수 있다.

4.1 SDL 설계의 문법적 오류 검사 및 검증 시나리오 설계

SDL로 설계한 MAC 프로토콜이 SDL 문법의 규칙에 맞게 설계되었는지를 검사하기 위해서 문법적 오류 검사를 하는데, ObjectGeode의 시뮬레이션 빌더(Simulation Builder)를 이용하여 문법적인 오류를 검사한다. 문법적인 오류를 검사한 후, 의미적인 오류를 검사하기 위해서는 여러 형태의 시나리오가 필요하다. 본 논문에서 검증을 위한 시나리오를 표 4와 같이 설계하였는데, 망 접근 제어 절차, 타임슬롯 할당 절차, 그리고 MAC 세션 관리 절차 시나리오는 하나의 서비스를 제공함에 있어서 부분적인 검증 시나리오이며, 서비스별 시나리오는 B-WLL 시스템이 제공할 수 있는 서비스에 대한 검증 시나리오이다.

표 4 MSC시나리오

동작	시나리오
망 접근 제어	NIU의 망접근에 대한 동작 절차
타임슬롯 할당절차	Poll 타임슬롯의 할당
	Contention 타임슬롯의 할당
	Reserved 타임슬롯의 할당
MAC세션 관리절차	MAC 세션의 연결 요구 및 연결
	MAC 세션의 해제
서비스별 시나리오	POTS(아날로그 전화)서비스에 대한 신호 설정 및 해제
	집단회선(PABX)서비스에 대한 신호 설정 및 해제
	ISDN 서비스에 대한 신호 설정 및 해제
	B-ISDN 서비스에 대한 신호 설정 및 해제
	인터넷 접속 서비스에 대한 신호 설정 및 해제

본 논문의 검증을 위한 설계는 AIU 블록의 AMGT, SI, SIGEN 프로세스와 NIU 블록의 NMGT 프로세스를 사용하여 검증을 위한 메시지를 AMAC, NMAC 프로세스로 전달한다. AIU 블록의 SIGEN 프로세스와 SI 프로세스는 망 측에서 시나리오에 따라 검증에 필요한 메시지를 AMGT 프로세스로 전달하고, NMGT 프로세스는 사용자측에서 시나리오에 따라 검증에 필요한 메시지를 NMAC프로세스로 전달하여 전체적인 B-WLL MAC프로토콜의 동작에 대해 검증한다.

4.2 MSC의 자동생성 및 시험결과 분석

본 절에서는 앞서 기술한 검증시나리오에 따라 설계한 B-WLL MAC 프로토콜을 검증하는 단계로써, 그림 15와 같이 시뮬레이션 빌더에 의해 MSC를 생성하고 이를 각각의 시나리오에 따라 동작시킨 후, 프로세스간의 메시지의 전달여부, 타이머의 동작 등을 중점적으로 분석하였다. 특히 서비스별 시나리오를 통해 B-WLL 시스템이 지원할 수 있는 서비스에 대한 검증작업을 통하여 설계한 B-WLL MAC 프로토콜의 유효성을 검증하였다.

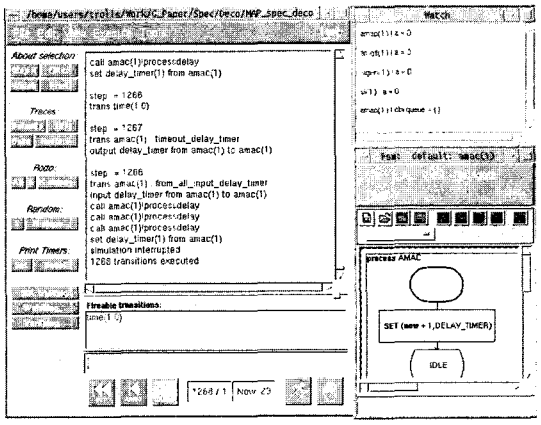


그림 15 시뮬레이션 빌더를 이용한 시뮬레이션 동작 화면

SDL을 이용하여 설계한 프로토콜의 검증은 각 제어 메시지의 정확한 전송, 타이머의 동작 등을 주요 검증항목으로 선택하는데, 각 서비스별 제어 메시지 전송절차도와 시뮬레이션을 통해 자동 생성된 MSC의 비교를 중점적으로 수행한다. 그림 16은 B-ISDN 서비스에 대한 MSC의 일부로서 예약타임슬롯의 할당과 트래픽을 위한 세션의 연결절차를 나타낸 것이며, 그림 17은 시뮬레이션 빌더를 통해서 자동 생성된 MSC이다.

그림 16과 그림 17을 비교 분석했을 때 각각의 프로세스에서 전달하는 메시지가 설계시의 고려한 동작절차

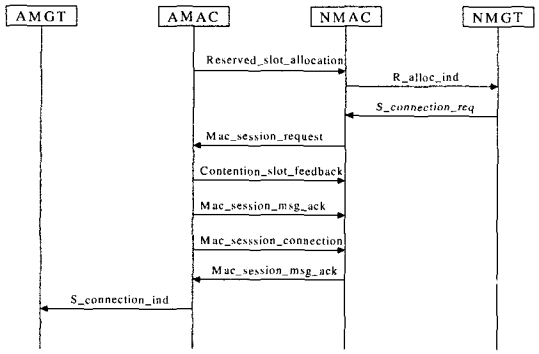


그림 16 DAVIC에서 제시한 예약타임슬롯 할당 및 세션 연결절차

에 따라 전달되고, 각 기능 개체들간에 주고받는 시그널들의 발생시점이 일치하고 타이머도 제대로 동작함을 알 수 있다. 자동 생성된 MSC를 통한 MAC 제어메시지의 전송절차를 살펴보면, AIU에서 NIU로 예약 타임슬롯 할당메시지의 전송을 수행하면 가입자국은 해당 타임슬롯을 이용하여 새로운 세션연결을 요청하고 기지국은 이에 대한 슬롯정보 및 세션 연결 요청메시지에 대한 응답메시지를 회신한다. 이렇게 각 모듈 및 서비스에 대해 시뮬레이션을 통해 자동 생성된 MSC와 프로토콜 동작절차상의 메시지흐름도를 비교하여 설계한 프로토콜을 검증할 수 있다. 또 표준 TTCN(Tree and Tabular Combined Notation)을 이용하여 설계한 프로토콜의 동작절차를 보다 체계적으로 검증할 수 있다. 하지만 본 논문에서는 TTCN을 이용한 검증은 수행하지 않았으며, 향후 TTCN을 통한 시험항목을 정의하여 검증할 예정이다.

앞서 SDL을 이용하여 설계하고 시뮬레이터를 통해 검증된 B-WLL 프로토콜은 실제 목적시스템에서 사용

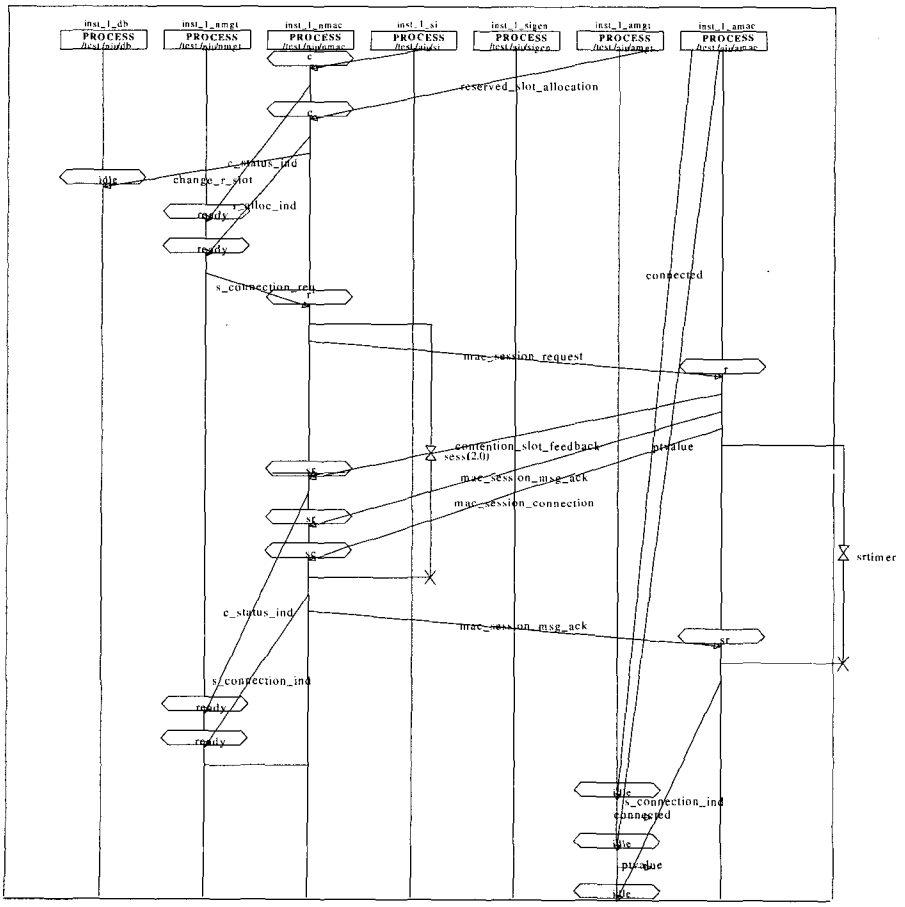


그림 17 시뮬레이션을 통해 자동 생성된 예약타임슬롯 할당 및 세션 연결절차

할 수 있는 원시코드로 변환할 수 있다. 이 원시코드는 C 언어로 구성되어 있으며, 실시간 운영체제와 결합하여 실제 목적시스템에 이식하여 실행할 수 있다. 물론 목적시스템의 이식은 부가적인 환경변수함수의 구현을 통해 가능하며, 이들 환경변수함수들은 실시간 운영체제의 커널과 연동할 수 있는 기능 및 목적시스템의 H/W와 연동하는 기능을 제공한다.

5. 결 론

본 논문은 기존의 WLL 시스템이 확장되어 멀티미디어 서비스 및 방송과 통합하면서 이용하게 될 B-WLL 시스템의 AIU와 NIU간의 무선 매체 접근제어 프로토콜을 DAVIC에서 규정하고 있는 MAC 관리메시지를 사용하여 SDL로 설계하였다. 특히, 동적 타임슬롯할당 알고리즘을 사용하여 설계하였으며, ObjectGeode에서 제공하는 SDL 시뮬레이션 빌더를 사용하여 설계한 B-WLL MAC 프로토콜의 동작에 대해 검증했다.

검증의 결과, 설계한 프로토콜이 각각의 동작 절차에 따라 제대로 동작함을 알 수 있었고, 이를 바탕으로 실제 B-WLL 시스템의 AIU와 NIU에 이식하여 사용할 수 있는 실행 코드를 자동 생성하였다. 또, 설계된 B-WLL MAC 프로토콜은 현재 서비스중인 여러형태의 서비스를 대상으로 시뮬레이션을 하였으며, 정상적인 동작을 하였음을 알 수 있었다.

향후 과제로는 본 논문에서 제시한 동적인 경쟁타임슬롯 및 예약타임슬롯 할당알고리즘의 성능을 분석하기 위해 트래픽 모델을 설계하고, 이를 통해 설계된 프로토콜의 성능을 분석할 예정이며, 설계한 프로토콜을 실시간 운영체제와 연동하여 B-WLL 시스템용 MAC H/W에 이식하여 실제동작절차를 검증할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] B. Cornaglia, R. Santanielli, E. Leonardi, R.Lo Cigno, M. Meo, F. Neri, and D. Saracino, "LMDS Systems: a possible solution for Wireless ATM Access Networks," Proceedings of 1998 1st IEEE International Conference on ATM, pp41-50, 1998.

[2] 구현철, 이석호, 정한욱, "광대역 무선 가입자망(B-WLL)", 정보통신기술, 제12권, 제1호, 1998년5월.

[3] 김태근, 구현철, "광대역 무선 가입자망 개발과 국내외 동향", 텔레콤, 제14권, 제2호, 98년12월.

[4] 한운영, "WLL(Wireless local loop)기술", 텔레콤, 제13권, 제1호, 1997년6월.

[5] 권장안, 정영식, 박순, "한국에서의 무선 가입자망 발전방향", 텔레콤, 제13권, 제2호, 1997년12월.

[6] DAVIC 1.3 Specification Part 8 Lower Layer Protocols and Physical Interfaces, Digital Audio Visual Council, Nov., 1997.

[7] 정영덕, "DAVIC(Digital Audio-Visual Council) 표준화", 텔레콤, 제12권, 제1호, 1996년6월.

[8] 최광주, 곽옥문, 김동현, 박두일, 염지운, 오성환, 이정률, "광대역 멀티미디어 서비스 제공을 위한 LMDS 시스템 및 기술동향", 텔레콤, 제14권, 제2호, 1998년 12월.

[9] 강충구, "B-WLL 시스템의 트래픽 모델링 및 무선 프로토콜 성능분석에 관한 연구", 한국전자통신연구원 최종보고서, 1998년12월.

[10] Jaime sanchez, Ralph Martinez, Michael W. Marcellin, "A survey of MAC Protocols Proposed for Wireless ATM," IEEE Network, Nov./Dec., 1997.

[11] 한운영, "Broadband WLL", 한국통신학회지, 제15권, 제2호, 1998년2월.

백 승 권

1998년 2월 동국대학교 전자계산학과 이학사. 2000년 2월 경북대학교 컴퓨터공학과 공학석사. 2000년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구원 무선방송연구소 광대역무선멀티미디어팀 연구원. 관심분야는 무선 MAC프로토콜, 무선자원제어, 트래픽 엔지니어링, BWA시스템, 이동컴퓨팅

김 응 배

1981년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사. 1983년 2월 고려대학교 전자공학과 공학석사. 1999년 2월 고려대학교 전자공학과 공학박사. 1983년 2월 ~ 1988년 3월 금성전기연구소 연구원. 1988년 3월 ~ 1989년 11월 한국통신진흥(주) 과장. 1989년 3월 ~ 현재 한국전자통신연구원 무선방송연구소 광대역무선멀티미디어팀장. 관심분야는 이동통신, B-WLL, BMWS, IMT-2000

한 기 준

1979년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1981년 한국과학기술원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(석사). 1987년 University of Arizona 전기 및 전산공학과 졸업(박사). 1981년 ~ 1984년 국방과학연구소 연구원. 1988년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 전산망 프로토콜, 멀티미디어 통신망 B-ISDN MAN/LAN, 분산처리