

# 광대역 액세스 망의 VB5.2 인터페이스를 위한 연동 모델의 성능분석

(Performance Analysis of Interworking Model for a  
Broadband Access Network with VB5.2 Interface)

김 춘 희 <sup>†</sup> 차 영 옥 <sup>\*\*</sup> 한 기 준 <sup>\*\*\*</sup>

(Choonhee Kim) (Youngwook Cha) (Kijun Han)

**요약** B-ISDN의 가입자망 내에 도입된 광대역 액세스 망은 다양한 유형의 가입자들을 서비스 노드로 집선 또는 다중화하는 기능을 수행한다. 가입자망의 연결 및 호 처리를 위한 프로토콜로는 DSS2, 국간 망에서는 B-ISUP이 표준화되어 있으며, 액세스 망의 ATM 연결을 동적으로 제어하기 위한 VB5.2 인터페이스의 프로토콜로는 B-BCC와 B-ANCC가 있다. 전송 시스템 각 구간마다 서로 다른 프로토콜들이 사용되므로 이들 프로토콜의 연동 기능이 필요하며, 이를 위하여 순차형 연동 모델과 병렬형 연동 모델이 제안되어 있다. ITU-T에서 권고되어 있는 순차형 연동 모델은 VB5.2 인터페이스 프로토콜의 응답이 올 때까지 기다린 후, 국간 중계망 프로토콜의 연동을 진행하는 순차형 방식으로 동작하므로, 액세스 망의 도입으로 인한 연결 설정 지연이 길어지는 단점이 있다. 병렬형 연동 모델은 VB5.2 인터페이스 프로토콜과 국간 중계망 프로토콜의 연동을 동시에 진행하는 병렬형 방식을 사용하여 연결 설정 시의 지연을 최소화하였다. 본 논문에서는 CBR 및 VBR 연결들에 대한 순차형 및 병렬형 연동 모델의 성능 분석과 시뮬레이션을 수행하여, 연동 방식과 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜이 연결 설정 지연과 완료비에 미치는 영향을 분석하였다.

**Abstract** A broadband access network in B-ISDN subscriber network, plays a role of concentration or multiplexing of various subscribers into a service node. For call and connection control functions, DSS2 and B-ISUP signalling protocols are standardized for each of a subscriber side and a network node. B-BCC and B-ANCC protocol were proposed for VB5.2 interface. This interface allows dynamic control of ATM connections at the broadband access network. To establish an end-to-end ATM connection, interworking functions between VB5.2 interface's connection control protocol and the signalling protocol, are performed at the service node. A sequential interworking model and a parallel interworking model were proposed for these interworking functions. The sequential interworking model recommended by ITU-T causes an overall connection setup delay by introducing the access network, because this model proceeds the signalling protocol of network node after the response of VB5.2 interface protocol. On the other hand, the parallel interworking model proceeds the signalling protocol and the VB5.2 interface protocol simultaneously. The simultaneity of the parallel interworking model minimizes the overall connection setup delay. In this paper, we analyze and simulate above two interworking models with B-BCC or B-ANCC protocol in terms of a connection setup delay and completion ratio.

## 1. 서론

B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)에서 전송 시스템은 가입자망과 국간 중계망으로 구성된다. 가입자망은 가입자와 단국 교환기를 연결하는 통신구간을 말하며, 국간 중계망은 단국 교환기와 중계 노드, 또는 중계 노드들 사이의 연결 구간을 말

<sup>†</sup> 학생회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과  
chkim@netlab.ce.knu.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 정 회원 : 안동대학교 컴퓨터공학과 교수  
ywcha@andong.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 중신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수  
kjhan@kyungpook.ac.kr

논문접수 : 1999년 12월 17일

심사완료 : 2000년 3월 6일

한다. 서비스 유형이 다양화되고 가입자 선로의 수요가 증가함에 따라 가입자망 내에 액세스 망(AN: Access Network)을 도입하게 되었다[1]. AN은 가입자로부터 발생하는 다양한 유형의 트래픽들을 집선 또는 다중화하여 단국 교환기와 같은 서비스 노드(SN: Service Node)로 전송하며, 이질적인 여러 SN들로부터 유입되는 트래픽들을 역다중화하여 해당 가입자로 분배한다.

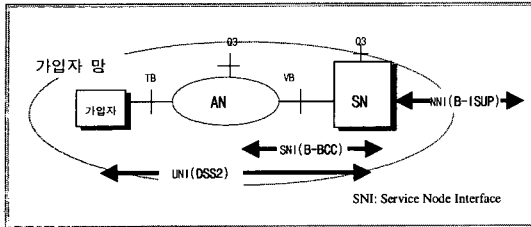


그림 1 가입자망, 액세스 망, 국간 망의 연결 제어 프로토콜

가입자망, 액세스 망, 국간 망에서의 인터페이스 및 연결 제어 프로토콜의 모델은 그림 1과 같다. 가입자망에서 연결 및 호 처리를 위한 신호 프로토콜로는 DSS2(Digital Subscriber Signalling system No. 2), 국간 망에서는 B-ISUP(Broadband ISDN Signalling User Part)가 표준화되어 있다. 이들 프로토콜에서는 호와 연결의 설정 및 해제, 재시동(restart), 호 상태 조사, 제어 메시지의 오류 처리 등을 위한 절차들이 정의되어 있다[2]. AN과 SN 사이의 인터페이스를 VB5라고 한다. VB5 인터페이스는 다시 TMN(Telecommunication Management Network)의 Q3 인터페이스를 통하여 ATM 연결 제어 기능을 정적으로 수행하는 VB5.1 인터페이스와, 별도의 연결 제어 프로토콜을 이용하여 동적으로 수행하는 VB5.2 인터페이스로 구분되어 표준화가 진행되고 있다[3]. 액세스 망의 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로는 현재 ITU-T에서 표준화가 진행중인 B-BCC(Broadband Bearer Connection Control)[3]과 [4]에서 제안된 B-ANCC(Broadband Access Network Connection Control)이 있다. 이들 프로토콜에서는 ATM 베어러 연결의 설정과 트래픽 파라미터 협상, 연결의 해제, 트래픽 파라미터의 수정, 프로토콜의 재시동, 자동 폭주 제어, 프로토콜 오류 통보 기능 등을 수행한다. B-BCC 프로토콜은 연결 제어를 위한 트래픽 파라미터 협상 시 모든 트래픽 전달 능력에 대하여 동일한 절차를 수행하는 반면,

B-ANCC 프로토콜은 트래픽 전달 능력에 따라 서로 다른 절차를 수행함으로써 연결 지연을 최소화시킨 프로토콜이다.

전송 시스템의 각 구간마다 DSS2, VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜, B-ISUP과 같이 다른 연결 제어 프로토콜이 사용되므로 종단간 연결 제어를 위하여 각 프로토콜들의 연동 기능이 필요하다. 이러한 기능은 가입자망에서 국간 중계망으로 연결되는 창구인 SN에서 수행되며, 순차형 연동 모델[3]과 병렬형 연동 모델[5]이 제안되어 있다. ITU-T에서 권고되어 있는 순차형 연동 모델은 VB5.2 인터페이스 프로토콜의 응답이 올 때까지 기다린 후, 국간 중계망 프로토콜의 연동을 진행하는 순차형 방식으로 동작하므로, 액세스 망의 도입으로 인한 연결 설정 지연이 길어지는 단점이 있다. 병렬형 연동 모델은 VB5.2 인터페이스 프로토콜과 국간 중계망 프로토콜의 연동을 동시에 진행하는 병렬형 방식을 사용하여 연결 설정 시의 지연을 최소화하였다. 병렬형 연동 모델을 제안한 [5]에서는 순차형 연동 방식과 병렬형 연동 방식의 연결 설정 지연 및 연결 완료비에 대한 성능을 비교하였다. 그러나 이 결과는 ATM 전달 능력 중 트래픽 파라미터 협상 과정이 간단한 CBR(Constant Bit Rate) 전달 능력 위주의 연결들에 대한 분석 결과로서, 트래픽 특성이 가변적이어서 다양한 트래픽 파라미터 협상 과정이 요구되는 VBR(Variable Bit Rate) 연결에 대해서도 성능 분석이 요구된다. 본 논문에서는 연동 방식과 VB5.2 인터페이스 프로토콜이 전체 연동 모델의 성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 CBR 및 VBR 연결들에 대한 순차형 및 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연과 완료비에 관련된 성능 분석을 수행하였다.

본 논문의 2장에서는 순차형 및 병렬형 연동 모델의 절차와 트래픽 파라미터의 협상 과정에 대하여 기술한다. 3장에서는 두 가지 연동 모델의 성능 분석을 위한 수학적 해석을 기술하고, 4장에서는 연동 모델들의 성능 분석에 대한 검증을 위하여 수행한 시뮬레이션 결과를 기술한다. 끝으로 5장에서는 본 논문의 결론을 기술한다.

## 2. 연결 제어 프로토콜의 연동 모델과 트래픽 협상

가입자망에서 연결 및 호 처리를 위한 신호 프로토콜로는 DSS2, 국간 망에서는 B-ISUP이 표준화되어 있으며, 액세스 망의 VB5.2 인터페이스에서 AN과 SN 사이의 ATM 연결을 동적으로 제어하기 위한 프로토콜로는

현재 ITU-T에서 표준화중인 B-BCC[3]와 [4]에서 제안된 B-ANCC가 있다. B-BCC 프로토콜은 트래픽 파라미터 협상 시 모든 트래픽 전달 능력에 대하여 동일한 절차를 수행하는 반면, B-ANCC 프로토콜은 트래픽 전달 능력에 따라 서로 다른 절차를 수행함으로써 연결 지연을 최소화시킨 프로토콜이다. 가입자망, 액세스 망, 그리고 국간 중계망에서 서로 다른 연결 제어 프로토콜이 사용되므로 종단간 연결 제어를 위하여 각 프로토콜의 연동 기능이 필요하다. 이러한 기능은 가입자망에서 국간 중계망으로 연결되는 창구인 SN에서 수행이 되며, 현재 순차형[3] 및 병렬형[5] 연동 모델에 대한 연구가 진행되고 있다.

2.1 순차형 연동 모델

ITU-T SG 13에서는 VB5.2 인터페이스 연결 제어 프로토콜로 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델을 권고하고 있으며 그 절차는 그림 2와 같다. 또한 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 순차형 연동 모델의 절차는 그림 3과 같다. 순차형 연동 모델은 연동 기능 수행 시 VB5.2 인터페이스 프로토콜의 응답이 올 때까지 기다린 후에 국간 중계망 프로토콜의 연동을 진행하는 방식으로 연동된다.

사용자가 연결 설정을 위하여 DSS2의 SETUP 메시지를 보내면, 발신측 SN은 ALLOC 메시지를 보내어 AN과 연결 설정을 시도한다. SN은 AN으로부터 그림 2에서는 ALLOC\_ACC, 그림 3에서는 ALLOC\_COMP

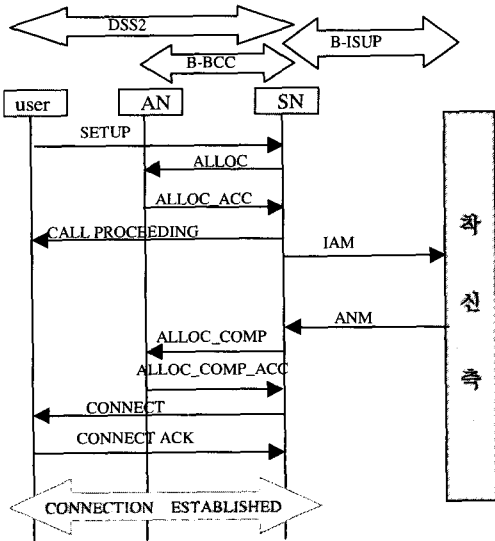
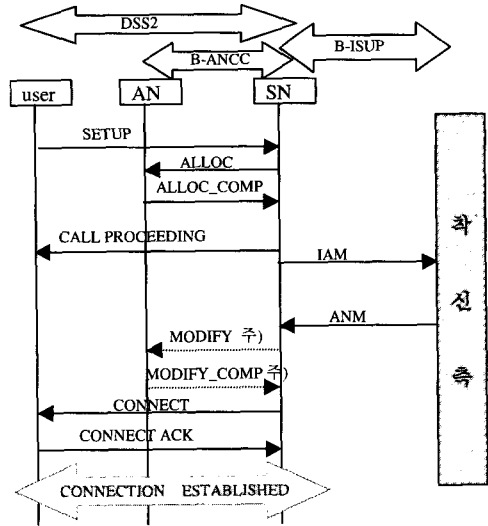


그림 2 B-BCC를 이용한 연결 설정의 순차형 연동 절차



주): 트래픽 파라미터 수정 절차

그림 3 B-ANCC를 이용한 연결 설정의 순차형 연동 절차

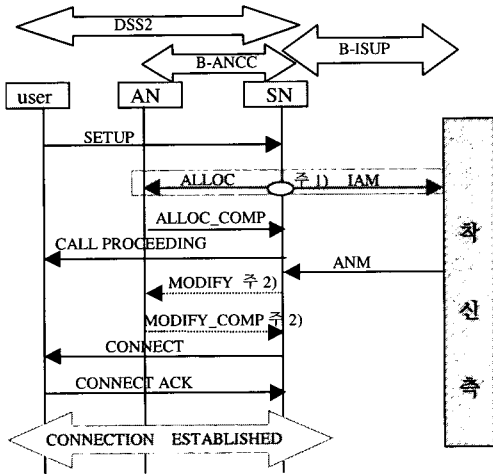
응답을 받은 후에, 착신측으로 B-ISUP의 IAM(Initial Address Message) 메시지를 보내어 착신측과 연결 설정 및 트래픽 파라미터의 협상을 한다. SN은 AN과 착신측으로부터 수신한 협상 결과를 비교하여 통신할 트래픽 파라미터를 결정한다. 다음 단계로 그림 2의 모델에서는 결정된 파라미터에 의하여 트래픽 수정 여부에 상관없이 항상 SN은 ALLOC\_COMP 메시지를 AN으로 보내어 결정된 트래픽 파라미터 값을 통보한다. 즉 그림 2의 모델에서는 CBR과 VBR 전달 능력에 대하여 항상 이 단계가 수행된다. 그림 3에서는 AN측의 트래픽 파라미터 수정이 필요한 경우에만 AN으로 B-ANCC의 MODIFY 메시지를 보내어 트래픽 파라미터의 수정 절차를 진행한다.

2.2 병렬형 연동 모델

가입자망에 AN의 도입으로 인한 연결 제어 지연을 최소화하기 위하여 기존의 순차형 연동 모델을 개선한 병렬형 연동 모델이 [5]에서 제안되었다. VB5.2 인터페이스의 자동 폭주 제어 절차에 따라 AN은 자원의 가용 관리 상태를 SN에 보고한다. SN은 AN의 자원 상태를 파악하고 있으므로 SN은 AN의 자원 상태에 따라 연결 설정 요청의 수를 조절하며, 연결 설정 수락이 가능한 상황에서만 AN에게 연결 설정을 요청한다. 이 점에 근거하여 병렬형 연동 모델은 VB5.2 인터페이스 프로토콜

과 국간 중계망 프로토콜의 연동을 병렬시키는 병렬형 방식으로 연동 기능을 수행한다.

그림 4는 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 경우의 병렬형 절차를 나타낸다. 그림 4에서 프로토콜간에 병렬로 수행되는 부분은 주1)로 표시하였다. 사용자로부터 SETUP 메시지를 수신한 SN은 AN으로 B-ANCC의 ALLOC 메시지를 보내고, 동시에 착신측으로 B-ISUP의 IAM 메시지를 보낸다. 즉 SN은 자동 폭주 제어 절차에 따라 AN의 상태를 알고 있으므로 AN으로부터 ALLOC\_COMP를 기다리지 않고 바로 착신측으로 IAM을 보내는 것이다. 따라서 자국 AN과 착신측에서의 트래픽 협상이 동시에 진행되며, SN은 착신측으로부터 ANM을 받고, 자국 AN으로부터 ALLOC\_COMP 메시지를 받아서 협상된 트래픽에 수정이 필요하지 않으면 종단간 연결 설정을 완료하게 된다. AN측의 트래픽 수정이 필요한 VBR 연결의 경우 SN은 AN으로 B-ANCC의 MODIFY 메시지를 보내어 트래픽 수정 절차를 진행한다.



- 주 1): 병렬형으로 동작
- 주 2): 트래픽 파라미터 수정 절차

그림 4 B-ANCC를 이용한 연결 설정의 병렬형 연동 절차

### 2.3 종단간 트래픽 협상

본 절에서는 2.1절과 2.2절에서 설명한 순차형 및 병렬형 모델에서 종단간 ATM 연결 제어 시 CBR 전달 능력과 VBR 전달 능력별로 서로 다르게 진행되는 트래픽 파라미터의 협상 과정에 대하여 기술한다. 대화형 또

는 방송형 비디오나 오디오 서비스를 제공하는 CBR 전달 능력은 항상 고정된 대역폭을 사용하므로 발신측과 착신측의 트래픽 협상이 허용되지 않는다. 프레임 릴레이와 같은 고속 데이터 전송 서비스를 지원하는 VBR 전달 능력의 경우는 최대 셀 전송율이 매우 높고 버스티하므로, 발신측과 착신측 노드의 자원 할당 상태에 따라 연결 설정 및 트래픽 수정 시에 트래픽 협상 과정이 복잡하다.

트래픽 협상을 위하여 연결 설정 요청 메시지에 ATM 트래픽 파라미터를 필수적으로 사용하며, 선택적으로 대체 ATM 트래픽 파라미터 또는 최소 수용 가능 트래픽 파라미터를 사용한다. 본 논문에서는 대체 트래픽 파라미터가 사용된 경우의 트래픽 협상 과정을 설명하며, 최소 수용 가능 트래픽 파라미터가 사용된 경우도 동일한 방식으로 적용될 수 있다. 발신측 SN으로부터 연결 설정 요청 메시지를 수신한 AN과 착신측 노드는 ATM 트래픽 파라미터에 표시된 값만큼 자원을 제공할 수 있는지 검사한다. 또한 메시지 내에 대체 트래픽 파라미터가 추가되어 있으면, 이들 파라미터의 값에 대해서도 자원을 제공할 수 있는가를 검사하여 응답한다. AN과 착신측 노드로부터 응답을 수신한 발신측 SN은 양측의 결과를 비교하여 통신할 수 있는 트래픽 파라미터를 표 1과 같이 결정한다[6]. 표 1에서 ATM은 ATM 트래픽 파라미터를 의미하고, 대체는 대체 ATM 트래픽 파라미터를 의미한다. 양측 모두 ATM 트래픽 파라미터를 제공할 수 있으면 ATM 트래픽 파라미터로 결정하고, 양측 모두 대체 트래픽 파라미터만 제공할 수 있으면 대체 트래픽 파라미터로 결정한다. 그러나 한 측은 두 가지 파라미터를 모두 수용할 수 있고 다른 한 측은 대체 트래픽 파라미터만 수용할 수 있다면, 대체 트래픽 파라미터로 최종 결정하기 위하여 트래픽 수정 절차를 수행하게 된다.

표 1 트래픽 파라미터 결정

항목	AN 응답		착신측 응답		결정된 트래픽 파라미터
	ATM	대체	ATM	대체	
1)	o	-	o	-	ATM
2)	x	o	x	o	대체
3)	x	o	o	o	대체 <sup>주1)</sup>
4)	o	o	x	o	대체 <sup>주2)</sup>

- o: 제공 가능 X: 제공 불가 -: 무의미
- 주1): 착신측으로 트래픽 파라미터 수정 요청
- 주2): AN으로 트래픽 파라미터 수정 요청

CBR 전달 능력의 경우 위의 트래픽 협상 과정에서 대체 트래픽 파라미터는 사용되지 않으며, 양측 모두 ATM 트래픽 파라미터 값을 제공할 수 있으면 연결이 설정되고, 제공할 수 없으면 트래픽 협상은 부결되어 연결은 해제된다. 즉 표 1의 항목 중 1)의 항만 연결이 설정될 수 있다. VBR 전달 능력의 경우는 ATM 트래픽 파라미터뿐만 아니라 대체 트래픽 파라미터도 고려되어 트래픽 협상을 진행하므로 표 1의 모든 항목에 대해서 연결이 유지될 수 있으며, 3)항과 4)항의 경우는 트래픽 파라미터를 수정하기 위한 절차가 진행되어야 한다. VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-BCC를 사용한 그림 2의 순차형 연동 모델에서는 CBR 전달 능력과 VBR 전달 능력의 구분 없이 동일한 연결 설정 메시지 및 절차가 진행된다. 그러나 B-ANCC를 사용한 그림 3의 순차형 연동 모델과 그림 4의 병렬형 연동 모델에서 CBR 전달 능력의 연결은 트래픽 파라미터 수정 절차가 진행되지 않으며, VBR 전달 능력의 연결은 트래픽 파라미터 수정 절차가 진행될 수 있다[4]. 그러므로 그림 3과 4의 모델에서 VBR 전달 능력을 요구하는 연결의 제어 시에는 전달되는 메시지 수도 증가하고, 절차도 복잡해지므로 연결 지연이 길어지게 된다.

### 3. 수학적 해석

#### 3.1 큐잉 모델

본 절에서는 병렬형 및 순차형 연동 모델의 연결 설정 지연 및 완료비를 위하여 수행한 성능 분석에 대하여 기술한다. 성능 분석을 위한 큐잉 모델은 그림 5와 같다. 그림의 큐잉 모델은 망이 개방되어 있고 외부에서 트래픽이 도착하므로 Jackson network[7]으로 볼 수도 있으나, 큐의 길이가 유한하기 때문에 Jackson network으로 분석할 수가 없다. 해를 구할 수는 있었으나 계산하기가 어렵다면 분석을 용이하게 하기 위해서 근사적인 방법을 사용하게 되는데, 분할법은 근사적인 방법 중 가장 널리 사용되는 방법 중의 하나이다. 이 방법은 격리된 모양이 전체적인 상태에 의존하고 블록킹을 가지는 망과 같이 product 형태의 망으로 표현할 수 없을 때 유용하다[8].

분할법에 의하여 그림의 큐잉 모델을 AN과 SN 모델로 분리하고, 연결 설정 요구 및 협상에 의한 수정 요구 메시지의 도착율은 포아송 분포, 각 메시지에 대한 처리 시간은 지수 분포로 가정하였다. SN은 연결 설정 요구 및 협상에 의한 수정 요구 메시지의 도착율이  $\lambda$ , 서비스율이  $\mu$ 이며, K개의 유한 큐를 갖는 M/M/1/K 모델로 가정하였다. AN은 SN의 요구에 대하여 수동적으

로 수락 여부만을 응답하므로 모델링의 단순화를 위하여 메시지 손실이 없는 M/M/1 모델로 가정하고, 착신측은 중계망을 통해 발신측의 요구에 대한 응답 메시지를 전달하는 것으로 가정하였다. 또한 메시지의 전달 지연은 무시하며, 국간 중계망 및 착신 가입자망에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였다.

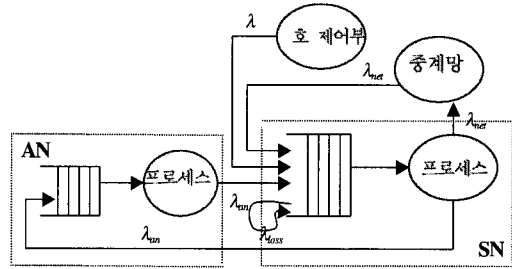


그림 5 큐잉 모델

#### 3.2 수학적 분석

병렬형 및 순차형 연동 모델에서 SN 큐의 손실 확률  $P_{sn}$ 은 M/M/1/K 모델의 정의에 의해 구해지며, 호 제어부로부터 오는 연결 설정 요구 및 협상에 의한 수정 요구 메시지 중에서 SN 큐에서 손실되지 않은 메시지가 SN 프로세스를 거쳐서 AN 및 중계망에 전달된다.  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 은 연결 설정 및 협상에 의한 수정을 위해 보낸 ALLOC, MODIFY, IAM 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않고 각각 AN과 중계망에 도달하는 도착율이며,  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 의 초기 값은  $\lambda(1 - P_{sn})$ 이며,  $\lambda_{sn}$ 의 초기 값은 식(1)과 같다.

$$\lambda_{sn} = \lambda + \lambda_{an} + \lambda_{net} \quad (1)$$

AN과 중계망에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였으므로, 이 메시지들은 각각 AN과 중계망에서 처리되어 해당 응답이  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 의 도착율로 SN 큐에 도착된다. AN과 중계망으로부터 오는 ALLOC\_COMP, ANM 메시지가 SN 큐에서 손실될 경우 재설정 요구 메시지의 도착율은 각각  $\lambda_{loss_{an}}$ ,  $\lambda_{loss_{net}}$ 이다.  $\lambda_{loss_{an}}$ ,  $\lambda_{loss_{net}}$ 은 각각 연결 설정 및 협상에 의한 수정 요구에 대한 AN과 중계망의 응답 메시지 중에서 연결 설정 요구에 대한 응답 메시지 즉 ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지 손실에 의한 재설정 요구율을 의미하므로, AN과 중계망으로부터 오는 ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지가 SN 큐에서 손실된 경우만을 고려한다. AN에

대한 재설정 요구율  $\lambda_{loss\_an}$ 은 식 (2), 중계망에 대한  $\lambda_{loss\_net}$ 은 식 (3)과 같으며, 종단간 트래픽 파라미터의 협상에 의하여 SN에서 AN 및 중계망으로 수정을 요구할 확률을 각각  $P_{mod\_an}$ ,  $P_{mod\_net}$ 로 표시한다.

$$\lambda_{loss\_an} = \frac{\lambda_{an} P_{sn}}{(1 + P_{mod\_an})} \quad (2)$$

$$\lambda_{loss\_net} = \frac{\lambda_{net} P_{sn}}{(1 + P_{mod\_net})} \quad (3)$$

SN 큐에는 호 제어부로부터 연결 설정 및 협상에 의한 수정 요구 메시지, AN과 중계망으로부터의 응답 메시지가 도착하므로, SN의 메시지 도착율  $\lambda_{sn}$ 은 식 (4)와 같이 계산된다. 또한 AN과 중계망에는 연결 설정 및 협상에 의한 수정 요구 메시지 및 재설정 요구 메시지가 도착하므로  $\lambda_{an}$ 과  $\lambda_{net}$ 은 식 (5), 식 (6)과 같이 된다.

$$\lambda_{sn} = \lambda + \lambda_{an} + \lambda_{net} + \lambda_{loss\_an} + \lambda_{loss\_net} \quad (4)$$

$$\lambda_{an} = (\lambda + \lambda_{loss\_an})(1 - P_{sn}) \quad (5)$$

$$\lambda_{net} = (\lambda + \lambda_{loss\_net})(1 - P_{sn}) \quad (6)$$

$\lambda_{sn}$  값을 수렴시키기 위하여, 식 (1)의  $\lambda_{sn}$ 과 식 (4)의  $\lambda_{sn}$ 의 차가 매우 작은 값을 갖는  $\epsilon$  이하이면, 초기의  $\lambda_{sn}$ 과 그때의  $P_{sn}$ 을 각각 SN의 메시지 도착율과 메시지 손실 확률로 정한다.  $\epsilon$  이상이면 식 (4)의  $\lambda_{sn}$ 을 저장하고 식 (5)와 식 (6)의 결과를 식 (2), (3), (4)에 대입하여 새로운  $\lambda_{sn}$ 을 구한다. 저장한  $\lambda_{sn}$ 과 새로 구한  $\lambda_{sn}$ 의 차이가  $\epsilon$  이하가 될 때까지 반복하여 저장된  $\lambda_{sn}$ 과 그때의  $P_{sn}$ 을 SN 큐의 메시지 도착율  $\lambda_{sn}$ 과 메시지 손실 확률  $P_{sn}$ 으로 결정하게 된다.

위에서 결정된  $\lambda_{sn}$  중에서 손실되지 않고 SN 프로세스에 유입되는 유효 도착율  $\lambda_{sn\_eff}$ 은  $\lambda_{sn}(1 - P_{sn})$ 이다. SN 큐의 평균 메시지 개수를  $N_{sn}$ 이라고 할 때, SN 큐에서의 평균 대기 시간은 Little's Law[9]에 의하여 식 (7)과 같다. 연동 모델에서 AN은 SN의 요구에 대하여 수동적으로 수락 여부만을 응답하므로 AN의 메시지 도착율  $\lambda_{an}$ 은  $\lambda_{sn\_eff}$ 의 약 1/3에 해당하며, Little's Law에 의한 AN 큐에서의 평균 대기 시간  $W_{an}$ 은 식 (8)과 같다.

$$W_{sn} = \frac{\lambda_{sn\_eff}}{N_{sn}} \quad (7)$$

$$W_{an} = \frac{1}{\mu(1 - \rho_{an})} \quad \rho_{an} = \lambda_{sn\_eff}/3 \mu_{an} \text{ 일 때} \quad (8)$$

호 제어부로부터 온 연결 설정 요구 메시지가 발신측

SN 큐에 도달한 후, 자국 액세스 망, 중계망, 그리고 착신측에서 연결 설정이 완료되어 발신측 SN에서 사용자에게 CONNECT 메시지를 보낼 때까지의 시간을 연결 설정 지연( $D_{setup}$ )으로 정의한다. SN에서 중계망으로 IAM을 보낸 뒤 발신측 SN에 ANM 메시지가 도착할 때까지의 시간  $D_{net}$ 이  $W_{an}$ 보다 크다고 가정할 때, CBR 전달 능력의 경우 병렬형 연동 모델에서의 연결 설정 지연은 식 (9)와 같으며, B-ANCC를 사용한 순차형 연동 방식의 지연은 식 (10)과 같다. 그리고 VBR 전달 능력의 경우 병렬형 연동 모델에서의 연결 설정 지연은 식 (11)과 같으며,  $P_{mod}$ 는  $P_{mod\_an}$ 과  $P_{mod\_net}$ 의 합을 의미한다.

$$D_{setup} = 2W_{sn} + D_{net} \quad (9)$$

$$D_{setup} = 3W_{sn} + W_{an} + D_{net} \quad (10)$$

$$D_{setup} = (2 + P_{mod})W_{sn} + (1 + P_{mod\_net}/2)D_{net} + (P_{mod\_an}/2)W_{an} \quad (11)$$

병렬형 및 순차형 연동 모델에서 AN, 중계망, 착신측에서의 메시지 손실은 없다고 가정하였으므로 연결 설정 완료비는 SN 큐의 메시지 손실 상태에만 의존한다. VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 병렬형 및 순차형 연동 모델은 SN 큐에 입력되는 메시지의 수가 같으므로 두 모델의 완료비는 동일하다. CBR 전달 능력의 경우 연결 설정이 완료되기 위해서는 연결 설정 요구 메시지, ALLOC-COMP 및 ANM 메시지, 그리고 재설정 요구에 의한 ALLOC\_COMP 및 ANM 메시지가 SN 큐에서 손실되지 않아야 한다. 따라서 CBR 전달 능력으로만 구성되고, VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 병렬형 및 순차형 연동 모델의 연결 설정 완료비( $P_{com}$ )는 식 (12)와 같다. VBR 전달 능력의 경우에 연결이 완료되기 위해서는 연결 설정 요구 및 응답 메시지, 재설정 요구 및 응답 메시지, 연결 수정에 관련된 요구 및 응답 메시지가 손실되지 않아야 한다. 따라서 VBR 전달 능력으로만 구성되고, VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 병렬형 및 순차형 연동 모델의 연결 설정 완료비는 식 (13)과 같다.

$$P_{com} = (1 - P_{sn})^3 (1 + P_{sn} - P_{sn}^2)^2 \quad (12)$$

$$P_{com} = (1 - P_{sn})^3 (1 + P_{sn} - P_{sn}^2)^2 (1 + P_{sn} (P_{sn} - 2) P_{mod}) \quad (13)$$

#### 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 장에서는 3장의 성능 분석에 대한 검증을 위하여

수행한 순차형 및 병렬형 연동 모델의 시뮬레이션 결과에 대하여 기술한다. 시뮬레이션의 모델과 가정은 3장의 큐잉 모델에서와 같이 적용하였으며, 그래프의 복잡함을 피하기 위하여 순차형 연동 모델에 대한 수식의 결과는 생략하였다. 병렬형 연동 모델에 대한 수식의 계산 시 연결 설정을 요구하는 연결들이 CBR 전달 능력으로만 구성된 경우에 대해서는 연결 수정이 발생하지 않으므로 식(2)와 식(3)의  $P_{mod\_an}$ 와  $P_{mod\_net}$ 의 값을 0으로 적용하였다. VBR 전달 능력으로만 구성된 경우는 RACE 프로젝트의 워크로드 모델링[10]에 따라  $P_{mod\_an}$ 과  $P_{mod\_net}$ 의 합을 0.3으로 하여 연결의 30%가 트래픽 수정 요청을 하는 것으로 수식에 적용하였다. 병렬형 및 순차형 연동 모델에 대한 시뮬레이션 수행 시에도 수식에서 적용한 것과 같은 비율을 적용하였다.

4.1 CBR 전달 능력

사용자로부터 입력되는 연결 설정 요구(BHCA: Busy Hour Call/Connection Attempts)가 CBR 전달 능력으로 구성된 경우의 연결 설정 지연에 대한 수식 및 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같다.

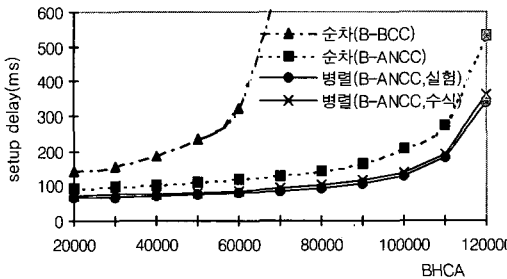


그림 6 연결 설정 지연(CBR 연결)

병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연이 순차형 모델보다 적으며, 연결 설정 요구가 증가할 수록 두 모델간의 지연 차이가 커짐을 알 수 있다. 병렬형 모델에서 발신측 SN은 자국 AN과 동시에 착신측 SN으로 연결 설정 요청을 하며, CBR 전달 능력을 가진 연결에 대해서는 트래픽 수정 절차를 수행하지 않는 B-ANCC를 사용하므로 연결 설정 지연이 적다. 반면에 순차형 연동 모델은 SN에서 자국 AN으로 연결 설정 요청 후 AN에서 응답이 올 때까지 기다린 다음에 착신측 SN으로 연결 설정 요청을 수행하므로 연결 지연이 크다. 분석 결과 연결 지연 면에서 병렬형 연동 모델이 40,000 BHCA까지는 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델에 비해 약

55% 향상되었으며, 그 이상에서는 약 90% 향상되어 두 모델간의 차가 크게 나타나고 있다. 또 병렬형 연동 모델에 대한 시뮬레이션 결과와 수식에 의한 결과는 거의 일치하고 있으며, 병렬형 연동 모델이 B-ANCC를 사용한 순차형 연동 모델보다는 연결 설정 지연 면에서 평균 35% 향상되었다. 이 결과는 CBR 전달 능력의 경우 병렬형 연동 방식이 순차형 연동 방식에 비해 연결 지연을 35% 줄임을 뜻한다. 순차형 연동 모델 내에서도 VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-ANCC를 적용하는 것이 B-BCC를 적용하는 것보다 연결 지연을 40,000 BHCA까지는 약 40% 줄이고, 그 이상에서는 85% 줄였음을 알 수 있었다.

CBR 전달 능력으로 구성된 경우 SN으로 유입되는 연결 설정 요구를 증가시켰을 때 순차형 연동 모델 및 병렬형 연동 모델의 연결 설정 완료비에 대한 수식 및 시뮬레이션 결과는 그림 7과 같다. VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜로 질차상 메시지 수가 적은 B-ANCC를 사용한 모델이 B-BCC를 사용한 모델보다 연결 설정 완료비가 높게 나타나고 있다. 또한 VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-ANCC를 사용한 병렬형 모델과 순차형 모델의 완료비는 동일한 메시지의 수가 적용되므로 동일하게 나타나고 있다. 그림 7에서 보는 바와 같이 연결 설정 완료비는 SN 큐로 유입되는 메시지 수에 비례하고, 연동 방식과는 관계가 없는 것으로 분석되었다. B-ANCC를 사용한 두 가지 연동 모델은 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델에 비해 60,000 BHCA까지는 완료비가 동일하지만 그 이상에서는 약 30% 향상되었다.

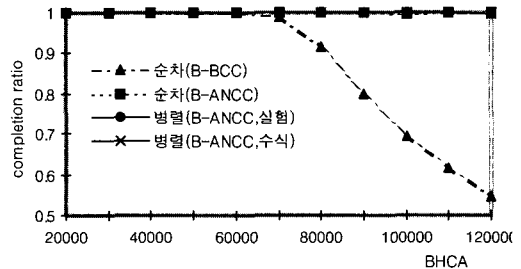


그림 7 연결 설정 완료비(CBR 연결)

순차형 및 병렬형 연동 모델에서 연결 설정 완료비가 SN 큐로 유입되는 메시지 수와 관계가 있음을 보이기 위하여 BHCA를 증가시키는 경우 SN의 평균 큐 길이에 대한 변화를 그림 8에 나타내었다. VB5.2 프로토콜

로 메시지 수가 많은 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델이 B-ANCC를 사용한 순차형 모델 및 병렬형 모델에 비해 큐의 길이가 길다. B-BCC를 사용한 순차형 모델에서는 평균 큐의 길이가 증가하기 시작하는 60,000 BHCA 시점에서부터 그림 6의 연결 지연이 증가하고 그림 7의 완료비가 감소함을 알 수 있다. 즉 큐에 누적된 메시지가 증가함에 따라 완료비도 감소함을 알 수 있다. VB5.2 프로토콜로 B-ANCC를 사용하는 다른 두 가지 형태의 모델에서는 110,000 BHCA 지점에서부터 연결 지연과 큐의 길이가 증가하고 완료비도 감소하였다.

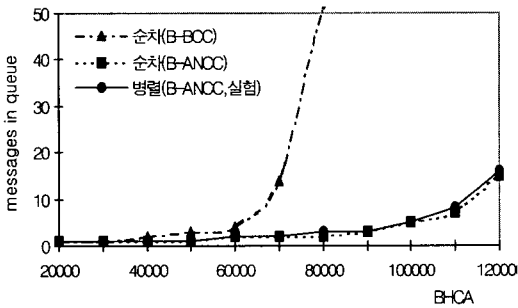


그림 8 서비스 노드의 평균 큐 길이

#### 4.2 VBR 전달 능력

본 절에서는 사용자로부터 유입되는 연결 설정 요구가 VBR 전달 능력으로 구성된 경우 시뮬레이션 및 수식에 의한 연결 설정 지연과 완료비 결과를 기술한다. VB5 인터페이스 프로토콜로 B-BCC 방식을 사용하는 경우는 항상 트래픽 협상 결과를 AN에 통보하는 과정을 수행한다. B-ANCC를 사용하는 경우는 필요시에만 AN과 증계망으로 트래픽 파라미터의 수정을 요구한다. 전체 연결 설정 요구 중 30%가 트래픽 협상에 의한 연결 수정 과정을 진행하는 것으로 하여 수식의 적용 및 시뮬레이션의 수행을 하였으며, 병렬형 연동 및 순차형 연동 모델의 연결 설정 지연 결과는 그림 9와 같다. VBR 전달 능력에서도 병렬형 연동 모델의 연결 설정 지연이 VB5.2 인터페이스 프로토콜로 B-BCC 또는 B-ANCC를 사용하는 순차형 연동 모델의 결과보다 향상되었음을 알 수 있다. 분석 결과 연결 지연 면에서 병렬형 연동 모델이 40,000 BHCA까지는 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델보다 약 50% 향상되었으며, 그 이상에서는 약 85% 향상되었다. VBR 전달 능력의 경우는 전체 연결 설정 요구 중 30%가 트래픽 수정 과정을 진행하므로 CBR 전달 능력에서 보다 평균 지연이 길어

졌다. 또한 병렬형 연동 모델에서의 지연은 B-ANCC를 사용한 순차형 연동 모델보다 30% 향상되었으며, 이 결과는 VBR 전달 능력의 경우 연결 설정 지연 면에서 병렬형 연동 방식과 순차형 방식의 성능상의 차이를 의미한다. 순차형 연동 모델 내에서 VB5.2 인터페이스 프로토콜로 사용된 B-ANCC가 B-BCC보다 50,000 BHCA 까지는 연결 지연을 약 30% 줄이고 그 이상에서는 연결 지연을 80% 향상시켰다. 그리고 병렬형 연동 모델에 대한 시뮬레이션 결과와 수식에 의한 결과는 80,000 BHCA까지는 일치하나 BHCA가 더 커지는 지점에서부터는 수식에 의한 결과가 약간 높게 나타나고 있다. 시뮬레이션에서는 손실에 의한 재전송은 한번만 허용하였으나 수식에서는 무한번까지 허용하므로 손실 가능성이 높은 상황에서는 지연이 길어질 수 있다.

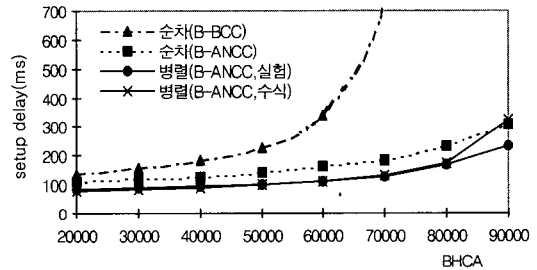


그림 9 연결 설정 지연(VBR 연결)

VBR 전달 능력으로 이루어진 트래픽의 경우 B-BCC를 사용한 순차형 연동 모델의 완료비는 그림 10에서 보는 바와 같이 70,000 BHCA 지점에서 완료비가 감소하기 시작하고, B-ANCC를 사용한 병렬형 연동 모델과 순차형 연동 모델은 시뮬레이션의 결과에서는 90,000 BHCA까지 완료비의 감소가 발생하지 않았으나 수식의 결과에서는 80,000 BHCA 지점에서 완료비가 감소하기 시작하였다. 수식에서는 BHCA가 증가할수록 SN 큐의 손실 확률이 높아지며, 무한번 재전송 요구에 따라 유입되는 메시지가 증가하므로 큐의 손실 확률도 높아지므로 시뮬레이션보다 완료비가 낮게 나타난다. VBR 전달 능력의 경우에 B-BCC를 사용한 연동 모델에서는 CBR에서와 같이 메시지 수에 변화가 없지만 B-ANCC를 사용한 연동 모델에서는 연결의 30% 정도가 연결 수정 절차를 진행하므로 처리되는 메시지 수가 증가하고 큐의 손실 확률도 높아지게 된다. 그러므로 완료비가 감소하는 시점이 연결 수정 절차가 없는 CBR에서 보다 VBR에서 빨리 발생하게 된다.



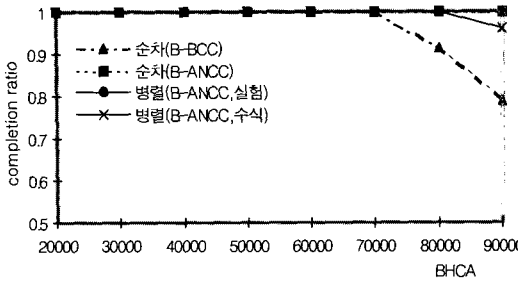


그림 10 연결 설정 완료비(VBR 연결)

5. 결론

가입자망에서 연결 및 호 처리를 위한 신호 프로토콜로는 DSS2, 국간 망에서는 B-ISUP이 표준화되어 있으며, 액세스 망과 서비스 노드 사이의 VB5.2 인터페이스에서 ATM 자원의 동적인 할당 및 해제를 위한 연결 제어 프로토콜로는 B-BCC[3]와 B-ANCC[4] 프로토콜이 있다. 종단간 연결 제어를 위하여 액세스 망의 연결 제어 프로토콜, DSS2 및 B-ISUP 신호 프로토콜들의 연동 기능이 필요하며, 이러한 기능은 서비스 노드에서 순차형 또는 병렬형 연동 모델로 수행된다. 본 논문에서는 서비스 노드에서의 연동 방식과 VB5.2 인터페이스의 연결 제어 프로토콜이 연결 설정 지연과 완료비에 미치는 영향을 분석하기 위하여 CBR 및 VBR 연결들에 대한 순차형 및 병렬형 연동 모델의 성능 분석과 시뮬레이션을 수행하였다.

B-ANCC 프로토콜을 적용한 성능 분석 및 시뮬레이션에서 병렬형 연동 방식이 순차형 연동 방식에 비해 연결 설정 완료비는 동일하면서 연결 설정 지연을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 순차형 연동 모델에서도 VB5.2 인터페이스 프로토콜에 B-BCC 대신 B-ANCC를 사용함으로써 연결 설정 지연과 완료비 모두를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 향후 연구 방향으로는 CBR과 VBR 전달 능력이 혼합된 연결들에 대한 병렬형 연동 모델의 성능 분석을 수행하고자 한다.

참고 문헌

[1] H. Jarvinen, "Evolution of the Access Network," *Telecommunications*, pp.21-24, September 1994.  
 [2] ITU-T Recommendation Q.2931, "B-ISDN DSS2 UNI Layer3 Specification," October 1994.  
 [3] Draft ITU-T NEW Recommendation G.967.2, "V-INTERFACE AT THE SERVICE NODE(SN)

VB5.2 REFERENCE POINT SPECIFICATION," March 1998.

[4] 차영욱, 최준근, 한기준, "광대역 액세스 망을 위한 연결 제어 프로토콜의 설계 및 검증", *정보과학회논문지(A)*, 제25권, 제10호, pp. 1132-1142, October 1998.  
 [5] 김춘희, 차영욱, 김재근, 한기준, "광대역 액세스 망을 위한 연결 제어 프로토콜의 병렬형 연동 모델과 성능 분석", *정보과학회논문지(A)*, 제26권, 제12호, pp. 1529-1538, December 1999.  
 [6] ITU-T Recommendation Q.2962, "Digital Subscriber Signalling system No. 2 Connection characteristics negotiation during call/connection establishment phase," July 1996.  
 [7] Arnold O. Allen, *Probability, Statistics, and Queuing Theory*, ACADEMIC PRESS INC., 1990.  
 [8] P. G. Harrison, N. M. Patel, *Performance Modeling of Communication Networks and Computer Architectures*, Addison-Wesley.  
 [9] Joseph L. Hammond, Peter J. P. O'Reilly, *Performance Analysis of Local Computer Networks*, Addison-Wesley.  
 [10] RACEII project R2044 MAGIC Report, "B-ISDN Signalling Performance Issues and Analysis," January 1995.  
 [11] ITU-T Recommendation Q.542, "DIGITAL EXCHANGE DESIGN OBJECTIVES OPERATIONS AND MAINTENANCE," March 1993.  
 [12] M A hale, A T Gillespie, K A James, "The VB5 interface," *BT Technol J*, Vol.16, No.2, April 1998.  
 [13] ITU-T Recommendation Q.2961, "BROADBAND INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORK (B-ISDN) DIGITAL SUBSCRIBER SIGNALLING SYSTEM No. 2(DSS2) ADDITIONAL TRAFFIC PARAMETERS," October 1995.  
 [14] ITU-T Recommendation Q.2650, "BROADBAND-ISDN INTERWORKING BETWEEN SIGNALLING SYSTEM No. 7 BROADBAND ISDN USER SIGNALLING PART(B-ISUP) AND DIGITAL SUBSCRIBER SIGNALLING SYSTEM No.2 (DSS2)," February 1995.  
 [15] ITU-T Recommendation G.902, "Framework recommendation on functional access network(AN)," November 1995.



김 춘 희

1988년 전남대학교 전산통계학과 졸업(학사). 1992년 충남대학교 전자계산학과 졸업(석사). 1988년 ~ 1995년 한국전자통신연구원 연구원. 1995년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료. 관심분야는 네트워크 프로토콜, 광대역 액세스 망, ATM 트래픽 제어 인.



차 영 옥

1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사). 1992년 충남대학교 계산통계학과 졸업(석사). 1998년 경북대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사). 1987년 ~ 1999년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1999년 ~ 현재 안동대학교 컴퓨터공학과 전임 강사.

관심분야는 ATM, 개방형 통신망 임.



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 ~ 1984

년 국방과학연구소 연구원. 1988년 ~ 현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야는 전산망 프로토콜, 멀티미디어 통신망 B-ISDN MAN/LAN, 분산처리 임.